

短報

絶滅危惧植物ムラサキの種子発芽特性

金子洋平・須田隆一

絶滅危惧植物ムラサキは、福岡県の指定希少野生動植物種に指定されるとともに、保護回復事業計画が作成されている。本研究は保護回復事業計画を促進するための知見を得ることを目的とし、ムラサキの種子発芽特性の解明を試みた。発芽試験は、前処理条件として冷湿処理を施した種子を用い、光条件（赤色光または白色LED）と温度条件（恒温または変温条件）を組み合わせ実施した。その結果、赤色光・変温条件（10/20°C）のみに発芽が確認されたことから、ムラサキの発芽には、光発芽性及び変温要求性があることが示された。

[キーワード：ムラサキ、絶滅危惧植物、種子発芽特性、R/FR比、変温条件]

1 はじめに

ムラサキ *Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc. は、ムラサキ科の多年生草本で、北海道から九州及び朝鮮半島、中国、アムールに広く分布し、丘陵地等の乾いた草地に生育する。本種は、「紫根」と称される赤紫色色素のシコニンが多く含む太い主根を形成し、古くから染料や薬用植物として利用されてきた¹⁻³⁾。シコニンには抗炎症活性や抗菌活性があり⁴⁾、また、近年では抗ウイルス活性やがん細胞に特異的なアポトーシス誘導活性等が新たに見出されており⁵⁾、薬用植物としての重要性がより増している。

一方、本種は、草地の遷移進行や管理放棄に伴う生育環境の悪化、園芸採取等によって個体数が著しく減少しており、環境省レッドリスト2020⁶⁾及び福岡県レッドデータブック2011⁷⁾では、絶滅危惧IB類に選定されている。また、福岡県希少野生動植物種の保護に関する条例⁸⁾において、指定希少野生動植物種に指定されるとともに（2021年5月施行）、保護回復事業計画⁹⁾が策定され、生育状況等の把握、生育環境の維持及び改善、必要に応じて人工繁殖等を実施するとされている。しかし、ムラサキは発芽率が低いこと²⁾や、ウイルス等の病害に弱く生存率が低いこと¹⁰⁾等から、一般的には人工増殖が困難な種とされる。

ムラサキは、薬用植物としての価値が高いことから、栽培方法に関しては多くの知見が得られている¹⁰⁻¹²⁾。また、栽培に関連する様々な研究も行われており、雨による土砂の跳ね返りが病害による死亡率を増加させること¹³⁾、ウイルスに感染しにくい温度条件¹⁴⁾、紫根を効果的に成長させる栽培方法¹⁵⁻¹⁷⁾等が明らかにされてきた。しかし、種子の発芽特性についての研究^{14,18,19)}は少なく、発芽条件の解明に至っていないことが、人工増殖を妨げる要因の一つとなっている。

そこで、本研究では、ムラサキの効果的な人工増殖の確立に資する知見を得ることを目的とし、ムラサキの種子発芽特性の解明を試みた。

2 調査方法

2・1 種子採集及び前処理方法

ムラサキの種子は、2021年9月に福岡県北九州市小倉南区の生育地から採集した。種子の採集方法は、絶滅危惧植物種子の収集・保存等に関するマニュアル²⁰⁾に準じて行い、採集した種子は室温で風乾させた。

ムラサキの種子は、低温条件に一定期間曝すことにより発芽率を上昇させることができる²¹⁾とされている。そこで、2021年11月に水洗処理を実施し、全ての種子が水中に沈んだことを確認した後、水で濡らした紙ワイパー（キムワイプ；日本製紙クレシア）に挟んでファスナー付きプラスチックバッグ（ジップロック；旭化成ホームプロダクツ）に入れ、5°Cで約4か月間冷蔵保存した。

2・2 種子発芽試験

Naitoら²²⁾は、北九州市のムラサキの分布と生育環境を調査し、ムラサキのほとんどの個体が、岩のすぐ近くの植生が疎らな場所に生育していることを報告している。また、筆者らの調査においても、ムラサキの実生（芽生え）は、岩のすぐ近くの裸地にのみ確認されたことから（未発表データ）、種子の発芽には、光が重要であることが推察された。一般に、光を発芽のシグナルとする光発芽種子は、赤色光（600-700 nmの波長）によって発芽が促進され、遠赤色光（700-750 nmの波長）によって抑制されることが知られている²³⁾。また、種子の発芽には、光条件だけではなく、温度条件が重要である。発芽を促進する温度は種に

表1 発芽試験に供した種子数及び発芽率

実験条件	供試数	発芽数	糸状菌に侵された種子数	発芽率 (%)
白色LED・恒温条件 (15°C)	18	0	2	0
白色LED・変温条件 (10/20°C)	18	0	1	0
赤色光・恒温条件 (15°C)	18	0	1	0
赤色光・変温条件 (10/20°C)	18	8	1	47

よって異なることや一定の温度(恒温条件)では発芽せず、日中と夜間の温度差(温度日較差;変温条件)が発芽に必要な種も多く知られている²⁴⁾。そこで本研究では、光及び温度条件に着目し、①白色LED・恒温条件、②白色LED・変温条件、③赤色光・恒温条件、④赤色光・変温条件の4つの条件で発芽試験を行った。各条件とも、発芽試験は、冷湿処理した種子を使用し、プラスチックシャーレ(直径7cm)に蒸留水で湿らせたろ紙を3枚敷き、各18粒置床した。

赤色光の実験では、白色LED照明下において、プラスチックシャーレの上面にほぼ赤色光だけを透過させるバンドパスフィルタ(660nm BPF;セラテックジャパン)を被せ、シャーレの側面及び底、フィルターとシャーレの隙間に黒色のビニールテープを二重に貼って遮光したものを使用した。一方、白色LEDの実験では、プラスチックシャーレに蓋をし、赤色光と同様に、シャーレの側面と底を黒色のビニールテープで遮光したものを使用した。

温度条件は、ムラサキの発芽に好適であるとされる15°C¹¹⁾を基準に設定し、恒温条件を15°C、変温条件を10/20°Cとした。光条件及び変温は12時間交代とし、20°C時に明期、10°C時に暗期とした。

発芽試験は、動物個別飼育制御装置バイオマルチ型(LP-30LED-8CTAR;日本医化器械製作所製)を用いて行った。本機のLED照明における照度は、約3,000 lxであり、光合成有効光量子束密度(光量子センサーLI-190R、LI-COR社製を使用)は、バンドパスフィルタを通した赤色光条件では13.3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、白色LEDの条件では71.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。

発芽は目視により確認し、幼根が確認できた時点で発芽とみなした。発芽試験は50日間実施し、発芽率は糸状菌に侵された種子を除外して求めた。発芽した実生は、試験終了後に取り出し、発芽床に移植して育苗した。

3 結果及び考察

表1に各条件の発芽数及び発芽率を示す。白色LED・恒温条件、白色LED・変温条件、赤色光・恒温条件の3条件では発芽しなかったが、赤色光・変温条件では発芽が見られた。赤色光・変温条件における発芽は、試験開始日から

15日目に起こり、その後27日目にかけて計8粒が発芽した。1粒は糸状菌に侵されていたため、発芽率は47%であった。これは、白色LED条件が、遠赤色光も含むため、赤色光条件よりも遠赤色光に対する赤色光の比率(R/FR比)が低くなり、発芽が抑制されたためと考えられる。つまり、ムラサキ種子には、光発芽性及び変温要求性があることを示している。赤色光は光合成に使われるため、緑葉を透過した光は、R/FR比が低くなる。光発芽種子は、競争相手が上空を覆っているかどうかや種子が地中深くに埋まっている状態かをR/FR比から検知し、実生の生育に不適な環境での発芽を抑制していると考えられている²³⁾。ムラサキ種子においても、埋土深が0.5cmよりも深いと発芽率が減少することが明らかになっている¹⁸⁾。また、変温に対する応答も、実生の生育に適した環境を検知するメカニズムの一つと考えられる。温度日較差は、植物や地面を覆うものがある場合、裸地に比べて小さくなること²⁵⁾や、地表面に比べて地中深くなるほど小さいこと²³⁾から、変温要求性は裸地や種子の埋土状況を知るための機能と考えられる。発芽条件として光と変温要求性を併せ持つミノボロスゲ *Carex nubigena* D.Don subsp. *albata* (Boott ex Franch. et Sav.) T.Koyama は、完全な裸地でかつ土壌表層を検出して発芽していると考えられており、優れた裸地検出機構を持つとされている²⁶⁾。同様に、ムラサキも裸地検出機構が優れていると考えられ、競争相手が少ない岩場付近の裸地環境かつ地中に埋まっていない状況下で発芽させることで、最も死亡率が高い実生期の生存率を高め、確実に子孫を残す生存戦略を取っていると推測される。

一方、本研究は、過去の知見とは異なる結果も示した。Anら¹⁴⁾は、4°Cの冷温条件で種子を保存後、ろ紙を2枚敷いたシャーレに種子を置床し、15、20、25、30°Cの恒温条件で発芽試験を実施したところ、15°C条件で最も発芽率が高く88%であり、温度が高くなるほど低く、それぞれ75、61、41%であったと報告している。この研究では光条件について記載されていないため、一般的な白色蛍光灯あるいは白色LEDであると推察され、本研究の白色LED・恒温条件(15°C)と似た条件であったと考えられる。しかし、本研究では白色LED・恒温条件(15°C)の発芽率は0%であった。結果が異なった要因は不明であるが、光源のスペク

トルの違いによって生じた可能性や日本産と韓国産で種子発芽特性が異なる可能性も考えられる。また、セイヨウムラサキ *L. officinale* L. 等の外国産の近縁種との交雑の可能性が懸念されていることから²⁷⁾、今後種子の出自を含めた種子発芽特性の解明が望まれる。

4 まとめ

ムラサキ種子の発芽特性を明らかにするために、白色LED・恒温条件 (15°C)、白色LED・変温条件 (10/20°C)、赤色光・恒温条件、赤色光・変温条件の4つの条件で発芽試験を行った。その結果、赤色光・変温条件のみで発芽したことから、ムラサキ種子の発芽には、赤色光照射と変温条件が必要であることが明らかとなった。

謝辞

本研究の遂行にあたり、福岡県環境部自然環境課の小柳智幸氏には、ムラサキの種子採集に係る許可申請手続き、現地での種子採集に協力していただいた。厚くお礼申し上げます。

文献

- 堀田満: 世界有用植物事典, p.629, 1989 (平凡社, 東京).
- 大滝末男: ムラサキの観察と栽培, 1982 (ニュー・サイエンス社, 東京).
- K. Yazaki: *Plant Biotechnol.*, 34, 131-142, 2017.
- E. Ito, R. Munakata and K. Yazaki: *Plant Cell Physiol.*, 64, 567-570, 2023.
- C. Guo *et al.*: *Pharmacol. Res.*, 149, 104463, 2019.
- 福岡県環境部自然環境課: 福岡県の希少野生生物 福岡県レッドデータブック2011—植物群落・植物・哺乳類・鳥類—, 2011 (福岡県, 福岡).
- 環境省自然環境局: 環境省レッドリスト2020, <https://www.env.go.jp/press/107905.html> (2024/7/2 アクセス).
- 福岡県環境部自然環境課: 福岡県希少野生動植物種の保護に関する条例 (令和3年5月1日施行), <https://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/kisyousyu-jyourei.html> (2024/7/2 アクセス).
- 福岡県環境部自然環境課: ムラサキ保護回復事業計画, <https://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/attachment/145742.pdf> (2024/7/2 アクセス).
- 厚生省薬務局: 薬用植物 栽培と品質評価 Part4, p.53, 1995 (薬事日報社, 東京).
- 薬用作物産地支援協議会: 薬用作物栽培の手引き (4), p.99, 2020, <https://www.jadea.org/houkokusho/yakuyou/documents/yakuyosakumotusaibainotebiki4.pdf> (2024/7/2 アクセス).
- 国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所: 薬用植物総合情報データベース: ムラサキ, http://mpdb.nibiohn.go.jp/mpdb-bin/view_plant_data.cgi?id=39&lang=ja (2024/7/2 アクセス).
- 渥美聡孝ら: 生薬学雑誌, 71, 71-77, 2017.
- T. J. An *et al.*: *Korean J. Medicinal Crop Sci.*, 21, 27-31, 2013.
- 池永敏彦ら: 生薬学雑誌, 46, 317-320, 1992.
- 酒井英二ら: *Natural Medicines*, 50, 41-44, 1996.
- 林茂樹ら: 生薬学雑誌, 68, 58-64, 2014.
- 小山田智彰, 山内貴義, 鞍懸重和: 薬用植物研究, 34, 31-36, 2012.
- D. H. Kim *et al.*: *Korean J. Medicinal Crop Sci.*, 22, 435-441, 2014.
- 環境省自然環境局: 絶滅危惧植物種子の収集・保存等に関するマニュアル (訂正版), 2009 (環境省, 東京).
- 吉岡達文ら: ムラサキの栽培方法, 特開2016-123410, 2016年7月11日, <https://patents.google.com/patent/JP2016123410A/ja>
- K. Naito, T. Manabe and N. Nakagoshi: *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist.*, 14, 99-111, 1995.
- 増岡知伸, 吉岡俊人, 清和研二: 発芽と光—チャンスをつかむメカニズム: 発芽生物学 種子発芽の生理・生態・分子機構, (種生物学会編), p.71, 2009 (文一総合出版, 東京).
- 鈴木善弘: 休眠と発芽の生理・生態: 種子生物学, p.132, 2003 (東北大学出版会, 仙台).
- 上原勝樹: 土壌の物理性, 8, 7-12, 1963.
- 渡辺也恭, 西脇亜也, 菅原和夫: 日本草地学会誌, 45: 135-139, 1999.
- T. Okada and K. Watanabe: *Plant Gene*, 37, 100447, 2024.

(英文要旨)

Seed germination of the endangered species *Lithospermum erythrorhizon*

Yohei KANEKO and Ryuichi SUDA

Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences,

Mukaizano 39, Dazaifu, Fukuoka 818-0135, Japan

The germination characteristics of seeds of the endangered species *Lithospermum erythrorhizon* were assessed to facilitate the design of conservation strategies. Seed germination tests were conducted under combinations of light (red light or white fluorescent light) and temperature conditions (constant temperature of 15°C; or alternating temperature of 10°C/20°C), after cold-wet stratification. *L. erythrorhizon* seeds germinated only under the combination of red light and alternating temperature conditions, indicating that the seed germination of this species is dependent on light and temperature.

[Key words; *Lithospermum erythrorhizon*, endangered species, seed germination, R/FR ratio, alternating temperature]