

平成 28 年 9 月 28 日現在

機関番号：31308

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25440245

研究課題名(和文) 侵略的マメ科低木メスキートの降雨パルスに対する発芽・乾燥応答特性の検証

研究課題名(英文) Evaluation of the response properties of seed germination and drought tolerance to rain fall events in Mesquite, an invasive leguminous shrub

研究代表者

依田 清胤 (YODA, KIYOTSUGU)

石巻専修大学・理工学部・教授

研究者番号：30254832

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000 円

研究成果の概要(和文)：本研究では、乾燥地の不規則かつ集中的な降雨に対するメスキートの種子発芽応答と、この過程におけるシード・ガムの生態的意義の解明を目的とした。

解剖学的解析から、メスキートの種子は典型的なマメ科の内部構造をもち、種子の膨潤過程で、種皮最内層の柔組織様細胞群が溶解し、ゲル様のシード・ガムとなることが明らかになった。また植物の一般的な永久萎凋点より低い浸透圧条件下でも発芽率が良好で高い乾燥耐性を示すとともに、シード・ガムが種子内部での水平衡の調節と実生成長のための成長基質の貯蔵に役立っていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We investigated the response of seed germination and the ecological role of seed gum of mesquite, an invasive leguminous shrub, to rain fall events in arid region.

Anatomical observation clarified that mesquite seed has internal structures typical to legume plants, in which innermost parenchyma cells of seed coat dissolved to gel-like seed gum in seed imbibition. Mesquite seeds were confirmed to be highly drought tolerant, because their germination rates maintained 67 to 28 % in -1.6 to -1.9 MPa of osmotic potentials, which were lower than the permanent wilting point of plants. Experiments with extracting seed gum suggested that this substance in imbibing seeds has roles to regulate water balance in germinating seeds, and to store growth substrates of seedlings, which might be some factors of mesquite to expand invasively in arid regions.

研究分野：生物学

キーワード：メスキート 降雨 発芽 乾燥地

1. 研究開始当初の背景

本研究で対象とするメスキートは南米乾燥地域原産のマメ科低木で、乾燥に強く、栄養価の高い豆果を大量に生産する。これらの特性を生かした砂漠の拡大防止と農牧畜業の改善を目的として、1980年代にアフリカの乾燥地域への移植導入が推進され、サハラ砂漠の東方への拡大防止に一定の成果をあげた。

しかし近年、メスキートは世界各地の乾燥地において分布域を急激に拡大し、農業生産の低下や家畜衰弱死の誘引、地下水位の低下など、地域住民の生活に様々な障害を引き起こしている。そのため現在では国際自然保護連合(IUCN)「世界の侵略的移入種ワースト100」の一種に指定されている。このメスキートの侵略的分布拡大に対処するため、これまでも伐採、重機による機械的除去、薬品処理など様々な対策が取られてきた。しかし分布拡大を抑える有効な解決策は未だ見出されていない。

一方、乾燥地の降雨は年ごとに降雨量が大きく変動するとともに、ある時期に集中する傾向が強い。乾燥地において降雨が植物の生態に強く影響することは以前から認識されており、近年、安定同位体分析やリモートセンシングなどの解析手法の発展によって、植物と環境のあいだで具体的な水移動特性の検証が可能となり、その結果、不規則かつ集中的に発生する「降雨パルス」の重要性が再認識され、詳細な解析が進展しつつある。

申請者は、この降雨パルスの影響に注目し、砂漠化の進行が問題となっているスーダンにおいて、メスキート実生集団の新たな土地への侵入・定着の成否を左右すると予想される、降雨にともなう水分条件の違いに対する種子の発芽特性と実生の初期成長特性の解析を続けてきた。これまでのポット栽培実験から、メスキートの実生は成長の初期段階で細く長い根系をすみやかに発達させ、発芽から2か月未満で地下部は1mを超える伸長量を示し、地上部より10倍速く伸長することを明らかにした。さらに様々な灌水条件下での栽培実験から、乾燥地におけるパルス状の「大雨」に敏感に反応することが強く示唆された。

ところで、メスキートを含めたマメ科植物の種子は、子葉と種皮のあいだにシード・ガムと呼ばれる硬い物質をもつ。この物質はガラクトマンナンを主成分とする多糖類で、種子の吸水とともに水を含んでゲル状になって膨らむ。この状態が種子の膨潤であり、降雨や洪水などの水供給によって引き起こされる。前述のように、スーダンをはじめとする乾燥地の降雨は不規則に発生することが特徴であり、しかも降雨のあとの土壌は急激に乾燥する。そのため、種子の膨潤の開始、膨潤状態の維持、膨潤から発芽への移行における乾燥耐性の強弱は、メスキートの実生定着の成否を左右する重要な要因である。

シード・ガム(ガラクトマンナン)そのものについては、食物繊維、増粘剤、薬剤被膜、乳化剤、包装材などとしての利用価値が高いため、様々な産業分野での研究が進められている。その反面、保水によって乾燥から胚を保護することを示唆する報告をのぞいて、乾燥地におけるシード・ガムの生態的意義についてはこれまでほとんど注目されておらず、不明な点が多く残されていた。

2. 研究の目的

本研究では、不規則かつ集中的に発生する乾燥地の降雨に対する、メスキートの種子の乾燥耐性・発芽待機特性と実生の初期成長特性を検証することを目的とする。

様々な浸透圧の培養条件下で発芽実験を実施し、種子の発芽条件と土壌の乾燥状態との関連性を検討する。また人工気象器を用いて、膨潤した種子に対して様々な周期で乾燥・湿潤処理を施すことによって、不規則・集中的な乾燥地の降雨に対するメスキート種子の発芽待機特性を検証し、シード・ガムの生態的意義の解明を試みる。また、これまで実施してきた様々な土壌水分条件下での実生栽培を継続し、実生の急激な初期成長過程にみられる乾燥応答特性を検証する。

以上の解析を通じ、新たな乾燥生育地へのメスキート実生の速やかな侵入・定着過程における、種子の発芽特性、実生の初期成長特性を明らかにするとともに、侵略的外来移入種メスキートの総合的管理手法の確立を目指す。

3. 研究の方法

土壌の乾燥状態の違いに対するメスキート種子の発芽特性を調べるため、様々な浸透圧条件下で発芽実験を行った。PEG6000により0 MPaから-2.0 MPaまで8段階の浸透圧条件からなる培養液を用意し、30℃の恒温庫内で8日間、種子を培養し、定期的に発芽した種子数を記録した。種子は事前に硫酸処理によって種皮の不透水性を打破した。また膨潤させた種子からシード・ガムを除去した種子を用意し、シード・ガムの有無が発芽率に及ぼす影響を比較検討した。

発芽にともなう種子の内部構造の特徴を把握するため、環境制御型電子顕微鏡(ESEM)を用いて、加水にともなう種子(特に種皮)の内部構造の変化を解剖学的に解析した。

4. 研究成果

これまで継続してきた発芽・栽培実験の資料を整理、検証した結果、様々な灌水条件(乾燥地の2~32mmの降雨パルスに相当)に対する種子の発芽応答と実生の初期成長の特徴として、(1)12mm以上の降雨パルスによって種子の発芽が誘引されること、(2)発芽・出芽率は降雨量が増加するほど高まること、(3)発芽から一週間で幼根の伸長量は6cmに達すること、(4)20~28mmの降雨パル

スで実生の成長が最大になるとともに、地下部への物質天竜率が増加すること、が明らかとなった。これらの発芽・栽培実験から、メスキートはスーダンで年に数回しかみられないパルス状の‘大雨’（降雨量 30mm 程度、持続時間 30 分未満）に敏感に反応して発芽し、すみやかに成長することが強く示唆された。

異なった浸透圧条件下での発芽実験の結果、植物の一般的な永久萎凋点とされる -1.5MPa 条件下で発芽率は 87% となり、さらに -1.6 ~ -1.9MPa の浸透圧条件下でも発芽率は 67~28% に達した。これらの結果からメスキートの種子が高い乾燥耐性をもつことが再確認された。

一方、-1.5MPa 条件下ではシード・ガムの有無は種子の発芽率に影響しなかったが、これより低い浸透圧条件下ではシード・ガムの除去によって発芽率は顕著に低下した。また種子への加水・乾燥処理により、シード・ガム存在下で種子の保水持続時間が二倍近く長くなることが確認された。これらの結果から、メスキートの発芽・実生成長の過程で、シード・ガムが種子内部での水平衡の調節と実生成長のための基質の貯蔵に役立っていることが示唆された。

ESEM を用いて膨潤種子の内部構造を観察した結果、種皮は最外部からクチクラ層、明線を含む柵状構造、葉肉状組織とこれをはさむ上下一層の砂漏 (hour-glass) 細胞からなり、典型的なマメ科植物の種皮構造をもつことが確認された。さらにこれらの構造の内側には細胞形状の異なる二層構造が存在し、とくに子葉に接する内側の層が種子の膨潤過程で水を含んでゲル状に変質する層であることが確認された。

以上の結果から、メスキート（の種子）は乾燥環境とそこでの降雨による変動環境に順応した多くの生態的および形態的特質を有していることが明らかとなった。

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 4 件）

1. Tadaomi Saito, Hiroshi Yasuda, Kiyotsugu Yoda, et al. (11,). 2016. Monitoring of Stem Water Content of Native/Invasive Trees in Arid Environments using GS3 Soil Moisture Sensor. *Vadose Zone Journal*, DOI: 10.2136/vzj2015.04.0061 (査読あり)
2. Kiyotsugu Yoda, Tadaomi Saito, Wataru Tsuji, et al. (9,). 2015. Evaluation of

the ecological role of seed gum in germination of *Prosopis juliflora* (Mesquite) under drought stress conditions. *Journal of Arid Land Studies*, 25: 113-116. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jals/25/3/_contents (査読あり)

3. Kiyotsugu Yoda, Wataru Tsuji, Hiroshi Yasuda, et al. (10,). 2015. Evaluation of the effect of a rain pulse on the initial growth of *Prosopis* seedlings. *Arid Land Research and Management*. 29: 210-221. DOI: 10.1080/15324982.2014.943376. (査読あり)
4. Hiroshi Yasuda, Mohamed A. M. Abd Elbasit, Kiyotsugu Yoda, et al. (11,). 2014. Diurnal Fluctuation of Groundwater Levels Caused by the Invasive Alien Mesquite Plant. *Arid Land Research and Management*, 28 (2): 242-246. DOI: 10.1080/15324982.2013.819824. (査読あり).

〔学会発表〕（計 7 件）

1. 依田清胤、辻渉、齋藤忠臣、安田裕 外来侵略性樹種メスキートの乾燥耐性におけるシードガムの役割の評価 鳥取大学乾燥地研究センター平成 27 年度共同研究発表会（鳥取、鳥取大学乾燥地研究センター、5-6 Dec 2015）
2. 依田清胤、高橋智、安田隆 マサ土の発熱現象の検証 日本沙漠学会第 26 回学術大会（秋田、カレッジプラザ、23-24 May 2015）
3. 依田清胤、宮脇亮、縄田浩志、安田裕、辻渉 外来侵略性樹種メスキートの種子膨潤過程における乾燥耐性の評価 第 62 回日本生態学会大会（鹿児島、鹿児島大学、18-22、March 2015）
4. 依田清胤、宮脇亮、辻渉、齋藤忠臣、井上知恵、安田裕 外来侵略性樹種メスキートの種子膨潤過程における乾燥耐性の評価 鳥取大学乾燥地研究センター平成 26 年度共同研究発表会、（鳥取、鳥取大学乾燥地研究センター、6-7, Dec 2014.）
5. Kiyotsugu Yoda, Wataru Tsuji, Tomoe Inoue, Tadaomi Saito, Mohamed A.M. Abd Elbasit, Ahmed M. Eldoma, Magzoub K.

Magzoub, Buho Hoshino, Hiroshi Nawata, Hiroshi Yasuda. 2014. Evaluation of the ecological role of seed gum in the germination of *Prosopis* under drought stress conditions. 2nd International Conference on Arid Land Studies. (Samarkand, Uzbekistan 10-14 September 2014).

6. 依田清胤、宮脇亮、辻渉、齋藤忠臣、M.A.Elbasit、A.M.Eldoma、星野仏方、縄田浩志、井上知恵、安田裕 2014 侵略性マメ科低木メスキートの降雨パルスに対する発芽・実生成長応答特性の評価 日本沙漠学会第25回学術大会(横浜、東京都市大学、May31-June1, 2014))
7. 依田清胤 2014 メスキートの成長特性と生理生態 アラブ社会のなりわい生態系 - 植物篇 - 国立科学博物館企画展「砂漠を生き抜く 人間・動物・植物の知恵 講演会“アラブ社会のなりわい生態系 植物篇”(上野、国立科学博物館、12-13 Jan 2014)

〔図書〕(計 4 件)

1. 依田清胤、星野仏方 2014 3.5 砂漠に広がる外来樹種メスキート 縄田浩志・篠田謙一編著「砂漠誌 人間・動物・植物が水を分かち合う知恵」国立科学博物館叢書 15、454p. (pp.173-179)、東海大学出版部
2. 依田清胤 2014 コラム 3.2 メスキートの根 縄田浩志・篠田謙一編著「砂漠誌 人間・動物・植物が水を分かち合う知恵」国立科学博物館叢書 15、454p. (pp.210-211)、東海大学出版部
3. 安田裕、依田清胤 2014 2.4 地下水文系と植生の水利用との関係 縄田浩志・篠田謙一編著「砂漠誌 人間・動物・植物が水を分かち合う知恵」国立科学博物館叢書 15、454p. (pp.104-114)、東海大学出版部
4. 依田清胤 2013 3. メスキートの成長特性と生理生態 星野仏方・縄田浩志編「アラブのなりわい生態系 4. 外来植物メスキート」270p. (pp.67-102)、臨川書店

6. 研究組織

(1) 研究代表者

依田清胤 (YODA, Kiyotsugu)
石巻専修大学・理工学部・教授
研究者番号: 30254832