pH が草原性野草類の発芽に及ぼす影響

七海絵里香¹⁾・松井春佳²⁾・大澤啓志^{*2)}

1) 日本大学大学院生物資源科学研究科

2) 日本大学生物資源科学部

摘要: 近年、農村ではコンクリート製品の影響に加え、圃場整備等の土地造成により土壌 pH がアルカリ性に傾き、在来植物が発芽不良や生育不良を起こしている可能性がある。本研究では、pH が在来植物、特に草原性の野草類の発芽に及ぼす影響を明らかにした。結果、対象 16 種のうち、7 種は有意差が認められ、草原性野草類の中には、pH が発芽に影響を及ぼし、アルカリ性が強いと発芽を抑制・もしくは遅らせる種があることがわかった。特に、オトコエシ・オミナエシ・ワレモコウ・カワラナデシコの 4 種は、強アルカリ性の条件下での発芽率が低く、在来野草類からなる良質な半自然草地の保全・復元には、土壌 pH が重要な要素であると考えられた。

キーワード: 草原性野草類, pH, 種子発芽, 半自然草地

1. はじめに

我々日本人は、農的な営みにより農村域に多くの半自然草地を形成してきただけでなく、そこに生育する多様な野草類から季節感や農村の生物多様性の豊かさを認知してきた。例えば、中国から伝わり、薬用あるいは食用の植物を選んだ「春の七草」に対して、日本最古の歌集である万葉集 (5~8 世紀) で山上憶良が詠んだ「秋の七草」は、秋の景を代表する身近な草花を選んだものであり、野草類の景観に対する日本人の美的感覚や嗜好を象徴していると言える。しかし、このような農的管理により維持される草原環境は、明治初期には国土の 30 % 以上もの面積があったものの次第に減少し、現在では 2~3 % にも満たないとされている⁶⁾。在来の野草類の生育するような半自然草地は、日本のふるさとの原風景として次世代に引き継ぐべき、あるいは今後、積極的に創造していくべき緑地空間と言える。

一方、在来植物の多くは日本の酸性に寄った土壌環境で生育してきたため、一般に酸性土壌に対する高い耐性を有している¹⁴⁾。しかし近年、都市化が進むにつれてコンクリート製品が広まり、それらからのアルカリ成分の溶脱やコンクリートの破砕、日常生活から出る砂塵等の影響で、都市部の土壌のアルカリ化が進んでいる⁹⁾。また、農村部でもコンクリ

ート製品の影響に加え、大規模な圃場整備等の土地造成により、土壌 pH はアルカリ性に傾くことが想定される。そのような中、楠本ら (2013)⁶⁾ は、各地の半自然草地での植生タイプと土壌 pH の関係を検討し、pH が高くなると在来植物が優占している場所は殆ど見られないことを明らかにしている。すなわち、アルカリ化の進んだ土壌では、在来植物が発芽不良や生育不良を起こしている可能性があり、在来の野草類の生育に対する pH の影響に関する知見の蓄積が課題となる。

pH が植物の発芽や生長に及ぼす影響に関する研究としては、農作物に関する研究^{10,11,13)}が多く、他にアブラナ科の根こぶ病への影響に関する研究⁸⁾等が挙げられる。一方で、種子の発芽特性に関する研究や文献もいくつか見られ^{4,5,12)}、水分や温度、光等の様々な発芽条件に関する記述は多いものの、pH が野草類の発芽・生育に与える影響に関しては必ずしも多くはない。例えば、田中ら (2006)¹⁵⁾による土壌の塩基飽和度の違いと在来植物数種の発芽・生長との関係や、田中ら (2011)¹⁴⁾による低 pH 土壌での外来種のナルトサワギクおよびセイタカアワダチソウの発芽・生育の抑制効果、平館ら (2012)¹⁾の土壌 pH 低下処理によるセイタカアワダチソウの抑草実験等がある。そこで本研究は、pH が在来植物、特に草原性の野草類の発芽に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。それは、国内で減少しつつある半自然草地の再生や保全に寄与するものと考ええる。

2. 研究対象種および試験方法

本研究では、日本の二次草原で最も広い面積を占めるススキ草原⁷⁾の植生であるススキクラスの種の標徴種の中で採種可能であった 13 種およびその他の草原性植物 3 種について発芽試験を行った。表・1 に今回対象とする草原性植物 16 種と、その種子の採取地・採取日を示した。

発芽実験は、9 cm シャーレに No.2 のろ紙を 2 枚敷き、バッファー液をろ紙に 5 mL 染み込ませ、その上に低温処理済・乾燥状態で保管していた各植物の種子を 25 粒ずつ播種した。これを 3 反復用意し、明・暗条件 12 時間交替、25 °C に

* 連絡先著者: E-mail : osawa.satoshi@nihon-u.ac.jp 〒252-0880 神奈川県藤沢市亀井野 1866

設定したインキュベーターに入れ、発芽の有無について 10 日間毎日調査した。この試験は、2013 年の夏期～秋期に実施した。

バッファー液は市販されている pH 調整済の標準溶液をそのまま使用し、pH 5.0 ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4\cdot\text{NaOH}$)、pH 7.4 ($\text{KH}_2\text{PO}_4\cdot\text{Na}_2\text{HPO}_4$)、pH 9.18 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、pH 10.02 ($\text{NaHCO}_3\cdot\text{Na}_2\text{CO}_3$) の 4 条件で試験を行った。これは、日本の土壌が弱酸性である¹⁴⁾ ことと、アルカリ化した土壌の pH が最高で 12.0 であった¹⁶⁾ ことを基に、酸性を 1 条件、弱アルカリ性を 1 条件、強アルカリ性を 2 条件設定した。

バッファー液は酸や塩基を加えても pH の変化が小さい水溶液であるが、水分の蒸発や、種子から出る物質等によって pH が大きく変化してしまうのを防ぐため、1 日おきに新しいろ紙及びバッファー液のシャーレに種子を移し換えた。

発芽の判定は、種皮から幼根が発生したときとし、発芽したものは順次取り除いた。また、カビが発生したものについては、カビが種子全体を覆った時点で取り除いた。

最後に、発芽が認められた種は、試験終了時の結果 (10 日目の累積発芽率) を基に、一元配置分散分析による有意差検定を行った。

3. 結果・考察

3.1 発芽率の差が認められなかった種

アキノキリンソウ、ヤマハギ、オガルガヤの 3 種は、各 pH 条件下における試験終了時の発芽率に有意差が認められなかった (図-1～3)。アキノキリンソウは、4 日目までは pH 10.02 のみほとんど発芽していなかった。これは、強アルカリ性が

発芽を若干遅らせたことが推測される。その後は徐々に発芽が進み、8 日目には pH 9.18 と同程度となり、最終的には各条件とも平均 7 割程度と高い発芽率となった。平均発芽率が最も高い pH 7.4 と、最も低い pH 9.18 では 10 % 強の違いが見られたものの、有意差 ($p < 0.05$) は認められなかった。一方、ヤマハギは全体的に発芽状況は緩やかで、試験終了時でも 25 % 以下であった。平均発芽率の最も高い pH 7.4・pH 9.18 と、最も低い pH 10.02 の間には 15 % 弱の違いが見られたが、有意差は認められなかった。オガルガヤは良く発芽し (平均 81～86 % 以上)、各条件間でほとんど差が認められなかった。ただし、2～3 日目では pH 10.02 の発芽率が、他と比べ若干低く、アキノキリンソウと同様に強アルカリ性が発芽を遅らせたものと推測される。

3.2 アルカリ性での発芽率が低い種

オトコエシ、オミナエシ、ワレモコウの 3 種は、いずれも pH 7.4 で平均発芽率が最も高く、pH 5.0 がそれに続く形となり、pH 9.18、pH 10.02 では低く止まる傾向を示した (図-4～6)。特にオトコエシは、pH 9.18・pH 10.02 での発芽は皆無であった。一方、カワラナデシコも類似した傾向を示したが、pH 5.0 の平均発芽率が pH 7.4 をわずかに上回っていた。 (図-7)。この 4 種は試験終了時の平均発芽率は最大でも 30 % 代であったが、いずれの種も有意差 ($p < 0.01$) が認められた。なお、カワラナデシコにおいては、pH 9.18 よりもアルカリ性の強い pH 10.02 の方が発芽率が高い結果となっており、バッファー液の成分 (pH 9.18 にはホウ酸が含まれている) の影響が考えられる。

3.3 中性付近以外での発芽率が低い種

トダシバとオトギリソウは pH 7.4 の条件でのみ発芽率が高い値となった (図-8,9)。トダシバは、pH 7.4 の発芽率が平均 32 % と高く、続く pH 9.18 (平均 13.3 %) とは 20 % 弱の差が生じており、有意差 ($p < 0.01$) が認められた。すなわち、トダシバは pH 7.4 の中性付近のみで発芽率がピークとなる種であり、発芽可能な pH のレジンが極めて狭い種であることが示された。また、オトギリソウは全体的に発芽率が低かったが、pH 7.4 の発芽率 (平均 6.7 %) のみ高く、有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

3.4 全体に発芽率の低い種

ミツバツチグリ、コマツナギの 2 種は全体的にあまり発芽せず (試験終了時で平均 6 % 未満) (図-10, 11)、ナワシロイチゴでは pH 5.0 のみ、わずかに発芽が見られ (平均 1.3 %)、オカトラノオ、ツリガネニンジン、チダケサシの 3 種に至っては全く発芽が見られなかった。この原因としては、もともと繁殖力が弱い種子である、採取した種子が未熟であった、播種前に何らかの処理が必要である、種子保管時の低温・乾燥状態が不適切であった、試験期間が短い等が挙げられる。例えば、種子の乾燥保存によって野草類の発芽が抑制される可能性についての報告もあり³⁾、本研究での 2 週間以上の乾燥・低温処理により、発芽能力が消失したものと推測される。

表-1 対象種一覧

和名	学名	採取地	採取日
ミツバツチグリ	<i>Potentilla freyniana</i> Bornm.	栃木県 市貝町	2013.6.5
トダシバ	<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) C.Tanaka	栃木県 市貝町	2012.11.27
アキノキリンソウ	<i>Solidago virgaurea</i> L. subsp. <i>asiatica</i> (Nakai ex H.Hara) Kitam. ex H.Hara	宮城県 岩沼市	2013.2.19
オカトラノオ	<i>Lysimachia clethroides</i> Duby.	栃木県 市貝町	2013.9.18
オミナエシ	<i>Patrinia scabiosifolia</i> Fisch. ex Link.	栃木県 市貝町	2012.11.27
ツリガネニンジン	<i>Adenophora triphylla</i> (Thunb.) A. DC. var. <i>japonica</i> (Regel) H. Hara	栃木県 市貝町	2012.11.27
ヤマハギ	<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	栃木県 茂木町	2012.11.27
ワレモコウ	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	栃木県 市貝町	2012.11.27
ノハラアザミ	<i>Cirsium tanakae</i> (Franch. et Sav.) Matsum.	栃木県 市貝町	2012.11.27
オトギリソウ	<i>Hypericum erectum</i> Thunb.	栃木県 市貝町	2013.9.18
ナワシロイチゴ	<i>Rubus parvifolius</i> L.	栃木県 市貝町	2013.9.18
カワラナデシコ	<i>Dianthus superbus</i> L. var. <i>longicalycinus</i> (Maxim.)	宮城県 岩沼市	2013.10.7
コマツナギ	<i>Indigofera pseudotinctoria</i> Matsum.	栃木県 市貝町	2012.11.27
オガルガヤ	<i>Cymbopogon tortilis</i> (Presl) Hitchc. var. <i>goeringii</i> (Steud.) Hand.-Mazz.	栃木県 市貝町	2012.11.27
オトコエシ	<i>Patrinia villosa</i> (Thunb.) Juss.	栃木県 市貝町	2012.11.27
チダケサシ	<i>Astilbe microphylla</i> Knoll	栃木県 市貝町	2013.9.18

図-1 アキノキリンソウの累積平均発芽率

図-2 ヤマハギの累積平均発芽率

図-3 オグルガヤの累積平均発芽率

図-4 オトコエシの累積平均発芽率

図-5 オミナエシの累積平均発芽率

図-6 ワレモコウの累積平均発芽率

図-7 カワラナデシコの累積平均発芽率

図-8 トダシバの累積平均発芽率

図-9 オトギリソウの累積平均発芽率

図-10 ミツバツグリの累積平均発芽率

図-11 コマツナギの累積平均発芽率

図-12 ノハラアザミの累積平均発芽率

3.5 その他の発芽率の動向を示した種

ノハラアザミは、上記の4つの傾向のどれにも当てはまらなかった(図-12)。すなわち、pH 9.18のみ発芽率が低く止まる値(平均3%未満)を示し、他はいずれも平均20%以上の発芽率を示し、有意差($p<0.05$)が認められたのである。これは、カワラナデシコ同様に、バッファー液の成分が影響したものと考えられる。

4. まとめ

発芽試験の結果、7種は有意差が認められ、3種は有意差が認められなかった。しかし、ノハラアザミは上述の通りpHによる差ではないと推測されるため、実際に有意差が認められたのは6種、認められなかったのは4種と考えられる。一方、6種は発芽率が低すぎるためpHの影響は明らかにできなかった。

有意差が認められた 6 種については、ほとんどが pH 7.4 で発芽率が最も高くなり、pH 5.0 でそれに続く値となっていた。そして、オトコエシ・オミナエシ・ワレモコウ・カラナデシコの 4 種は、強アルカリ性となる pH 9.18・pH 10.02 で平均発芽率が低くなった。

有意差が認められなかった 4 種の内、アキノキリンソウとオガルカヤの 2 種は、累積発芽率の動向より、pH 10.02 という強アルカリ性では発芽が若干遅れることが示された。

以上より、pH は発芽に影響を及ぼしており、草原性野草類の中には、アルカリ性が強いと発芽を抑制・もしくは若干遅らせる種があることが明らかにされた。このことより、在来野草類からなる良質な半自然草地の保全・復元には、土壌 pH も重要な要素であり、アルカリ性が強ければ土壌改良を行い、中性・弱酸性に戻す必要があることが示された。

しかし本研究ではノハラザミのように、バッファー液の成分が発芽試験に影響している可能性が否めず、バッファー液の成分の影響を排除した形での再試験が求められる。また、発芽率が著しく低かった 6 種については、発芽不良の原因を改善した上での再試験が求められる。さらに、本研究で明らかになったのは発芽における pH の影響のみであり、その後の成長への影響については明らかでない。今後さらに半自然草地の保全・復元に寄与するためにも、土壌 pH が在来野草類の生育全体に及ぼす影響を明らかにすることが急務であると考ええる。

かつては農的な管理に伴い身近な場所に普通に生育していた在来の草原性野草類であるが、現在はその主要な生育空間である半自然草地は激減している中、その面積だけではなく生育基盤となる土壌の質の変化も生じている²⁾。土壌 pH の変化は、草刈り等の管理の継続によって外見上は草原環境が維持されながらも、種組成的には在来の草原性野草類が貧弱となる半自然草地の増加を導くものと推察される。このため一つには、「多様な在来の草原性野草類が生育する半自然草地」の重要性を、改めて評価する必要がある。さらに、そのような生物多様性の視点のみならず、秋の七草に代表されるような身近な「野の草花」を愛で、あるいは飾ることで暮らしの彩りを醸すといった日本人的な美的感覚の再生・再形成も重要である。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金（基盤研究（C）#23580051、代表者：大澤啓志）の成果の一部である。

引用文献

- 1) 平館俊太郎・楠本良延・森田沙綾香・小柳知代（2012）土

壤環境制御による植生制御 外来植物であるセイタカアワダチソウの草原から在来植物であるチガヤの草原へ、植調、46（3）：89-95.

- 2) 平館俊太郎・森田沙綾香・楠本良延（2008）外来植物のリスク評価と蔓延防止（Ⅱ）土壌の化学特性が外来植物と在来植物の住み分けに与える影響，農業技術，63（10）：469-471.
- 3) 平松信夫（1973）風乾保存野草種子発芽率の周年変化 I，日本生態学会誌，23（6）：266-273.
- 4) 近藤哲也（1993）野草の発芽特性，造園雑誌，57（2）：121-128.
- 5) 近藤哲也・高橋理喜男（1988）アメニティ植生の構成素材として期待される数種の野生草花の種子発芽について，造園雑誌，51（5）：108-113.
- 6) 楠本良延・森田沙綾香・小柳知代（2013）外来植物のセイタカアワダチソウを衰退させ在来植物を中心とする植生に誘導する，独立行政法人農業環境技術研究所，<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/press/111219/press111219.html>，2014.4.1 参照.
- 7) 宮脇昭（1986）：日本植生誌 関東，至文堂，付表 Tab.86-88
- 8) 村上弘治・畔柳有希子（2008）土壌 pH およびカルシウムがアブラナ科野菜根こぶ病菌の初期感染に及ぼす影響，日本土壌肥料学雑誌，79（1）：77-79.
- 9) 岡本紘典・前中久行（2007）：都市緑化からみたコンクリートによる土壌アルカリ化に関する研究，日本緑化工学会誌，33（1）：146-151.
- 10) 佐波哲次・山下正隆・武弓利雄（1995）土壌 pH 条件の違いがチャ種子根の生長に及ぼす影響，日本作物学会九州支部会報，61：57-59.
- 11) 佐々木信介・相馬暁（1960）土壌の酸度と甜菜種子収量との関係について，日本作物学会東北支部会報，2：37-39.
- 12) 鈴木善弘（2003）：種子生物学，東北大学出版会，411 pp.
- 13) 高島四郎（1953）南瓜属種間に於ける差異に関する研究：第 4 報 土壌反復が種子発芽並生育に及ぼす影響，西京大学学術報告 農学，4：28-41.
- 14) 田中淳・額額裕美・大藪崇司・藤原道郎・田中賢治・朝日信彦・杉浦弘毅（2011）土壌化学性の違いによるナルトサワギク，セイタカアワダチソウの防除技術の開発，日本緑化工学会誌，37（1）：139-142.
- 15) 田中賢治・小川内良人・杉本弘道・長山泰秀（2006）緑化基盤材の塩基飽和度が植物へもたらす影響，日本緑化工学会誌，32（1）：227-230.
- 16) 東邦レオ株式会社：都市のアルカリ化問題 早わかりガイド（2），<http://www.soil-doctor.jp/alkali-guide/step2.html>，2014.4.1 参照.

（2014.5.28 受理）