関西自然保護機構会誌 *29*（*2*）：*101－110*，　*2007*

原　著

近畿の雑種タンポポの発芽に及ぼす温度の影響

大阪市立大学理学研究科　赤阪俊介
大阪市立大学理学研究科　伊東　明
大阪市立大学理学研究科　名波　哲
大阪市立大学理学研究科　平山大輔
大阪市立大学理学研究科　山倉拓夫

Effects of temperature on germination of hybrid dandelions in the Kinki region, Japan. Shunsuke Akasaka, Akira Itoh, Satoshi Nanami, Daisuke Hirayama and Takuo Yamakura（*Graduate School of Science, Osaka City University*）.

はじめに

日本の在来2倍体タンポポと外来のセイヨウタンポポの間にできた雑種は，すでに日本中に分布を広げている（山野ほか，2002；芝池，2003）。近畿での2004～2005年の調査では，花の形態がセイヨウタンポポに見える個体の約70%が雑種だった（伊東・名波，2006）。その他の地域でも，雑種の割合が80%以上の場所が多いことが報告されている（渡邊ほか，1997a，1997b；浜口ほか，2000；Shibaike et al.，2002；森田，2004a；芹沢，2004；山野ほか，2002）。

雑種が多く，純粋なセイヨウタンポポの割合が予想外に小さかったことから，セイヨウタンポポ（雑種を含む）の急速な分布の拡大には，雑種化が重要な役割を果たしている可能性が指摘されている（森田，1997；渡邊，1997；Hoya et al.，2004）。タンポポ以外にも，外来種が近縁の在来種と雑種をつくることで分布を急速に拡大した例は知られており（例えば，Gaskin & Schaal，2002），その過程を詳細に把握することは，タンポポはもとより，様々な在来種の保全に関する重要な情報とヒントを与えてくれるだろう。

在来タンポポの生育地にセイヨウタンポポが侵入しにくい理由に，在来タンポポの持つ2つの「夏季休眠性」をセイヨウタンポポが持っていないことが指摘されている（芹沢，1995；小川，2001）。2つの夏季休眠性とは，「植物体の夏季休眠性」と「種子の夏季休眠性」である。

多くの在来タンポポは，周囲の植物の背が高くなる夏季になると地上部をほとんど消失させて休眠状態になり，呼吸量を減らしてエネルギーの損失を避けている（小川，1978，2001）。これが「植物体の夏季休眠性」である。

また，在来タンポポの種子は高温で発芽が抑制される「種子の夏季休眠性」を持つ（Washitani & Ogawa，1989；Hoya et al.，2004，2007；渡邊ほか，2003）。そのため，春につくられた在来タンポポの種子は夏にはほとんど発芽せず，秋になってから発芽しはじめる（小川，1978，2001）。これは，夏季の発芽によって発生した実生が，背の高い周囲の植物に被陰されて死亡率が高くなるのを防ぐ働きがあると考えられている。

これら2つの夏季休眠性を持たないセイヨウタ

ンポポは，夏に背の高い植物が存在する場所へは侵入できないと考えられている（小川，1978，2001）。もし，雑種タンポポがこれらの夏季休眠性を一部でも獲得していれば，背の高い植物の多い場所へ侵入しやすくなるだろう（芹沢，1995；渡邊，1997）。

雑種タンポポの「植物体の夏季休眠性」については，今のところ公表された報告は見当たらないが，雑種タンポポの発芽と温度の関係に関しては，すでに東海，関東地方の雑種について報告がある（Hoya et al., 2004；渡邊ほか，2003）。その結果，一部の雑種は部分的にではあるが「種子の夏季休眠性」を獲得していることがわかっている。

Morita（1995）の分類に従えば，これらの地域の雑種タンポポと近畿の雑種タンポポとは母親となった在来種が別種であることが予想される（前者はカントウタンポポ *Taraxacum platycarpum*，後者はカンサイタンポポ *T. japonicum*）。そのため，近畿の雑種タンポポについても既存研究の結果がそのまま適用できるかどうかについて，一度，確かめておく必要がある。

また，既存の研究にも不十分な点がいくつか残っている。渡邊ほか（2003）は雑種の倍数性を区別していない。Hoya et al.（2004）は倍数性を区別しているが，個体（クローン）間の変異を考慮していない。

そこで，本研究では，近畿の雑種タンポポを材料として，倍数性の違いと個体間の変異の両方を考慮しつつ，発芽に与える温度の影響を調べることを目的とした。

なお，本研究の材料には「タンポポ調査・近畿2005」で収集された果実を使わせていただいた。「タンポポ調査・近畿2005」実施の中心となった実行委員諸氏と参加者に感謝申し上げる。また，雑種解析，および，発芽試験に関して，愛知教育大学の渡邊幹男博士と新潟大学の森田竜義博士から有益な助言をいただいた。河川環境管理財団（河川美化・緑化調査研究助成2003－2（ホ））と文部科学省科学研究費補助金（18510204）からは研究費の援助を受けた。あわせて感謝申し上げる。

方　法

発芽試験

「タンポポ調査・近畿2005」において頭花と果実の形態からセイヨウタンポポと判断された個体から採取された果実をポットに播種して発芽させ，苗を育てた。果実の採取は2005年3月～5月，播種は2005年10月に行った。得られた苗の葉を材料として葉緑体DNA分析とフローサイトメトリー解析によって，各個体について雑種かどうかと倍数性の判定を行った。分析方法は，Shibaike et al.（2002），芝池・森田（2002），森田（2004a，2004b）を一部改変したものを用いた（詳細は，伊東・名波（2006）を参照）。

育てた苗から，純粋セイヨウタンポポ，3倍体雑種タンポポ，4倍体雑種タンポポ（以下，それぞれを純粋セイヨウ，3倍体雑種，4倍体雑種と呼ぶ）各5個体を選んだ。各個体の果実が採取された場所は全て異なっており，京都府4地点，奈良県4地点，滋賀県3地点，三重県2地点，和歌山県2地点であった。各個体をさらに育てて結実させ，2006年4月～6月に個体ごとに果実を採取した。また，2006年6月に大阪府富田林市のカンサイタンポポ個体群1箇所から5個体を無作為に選び，個体ごとに果実を採取した。採取した果実は，頭花ごとにビニール袋に入れて密封し，発芽試験まで冷蔵庫（約5℃）で保管した。

発芽試験は2006年11月～2007年1月に行った。処理は，3温度条件（16℃，24℃，32℃）×4種類（カンサイ，3倍体雑種，4倍体雑種，純粋セイヨウ）×5個体の60通りとし，各処理に3つの

シャーレー（繰り返し）を設置した。各シャーレーには濾紙を敷き，平均23.4個（範囲９～30個）の種子（果実）を播種した。同じ個体から十分な種子が採取できなかったものについては，シャーレーあたりの播種数を減らした。シャーレーに蓋をして人工気象器（LPH－200，日本医科器械製作所，大阪）に入れ，蛍光灯を常時点灯させて，39日間発芽試験を行った。シャーレーの濾紙が乾燥しないよう，適時，蒸留水を与えた。２日ごとに発芽を観察し，幼根が１㎜以上種子の外に伸びているものを発芽種子として，その数を数えた。また，各シャーレーの発芽可能種子数を知るために，実験終了時点で未発芽であった種子を発芽適温である16℃に移してさらに８日間発芽を観察し，この期間を含めた全試験期間中に発芽した種子の合計を発芽可能種子数とした。

なお，雑種性と倍数性が正しいことを確認するために，発芽試験で発芽した各個体の果実の一部をポットに植えて温室内で育てた。2007年４月に各個体の葉を前述の方法で分析し，各個体の雑種性と倍数性に間違いがないことを確認した。

発芽曲線によるデータ解析

発芽試験開始からt日後の積算発芽率$F(t)$は，次の式で表わされる基準化されていないワイブル分布に従うと仮定した（Brown & Mayer, 1988）。

$$F(t) = N\left(1-\exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{a}\right)^m\right]\right) \qquad (1)$$

N，t_0，m，aはワイブル分布の係数で，それぞれ，最終発芽率，発芽開始日，形の母数，尺度の母数を表す。ただし，本研究ではほとんどの温度条件で実験開始から数日中に発芽が始まったため，発芽開始日は$t_0 = 0$で固定した。

本研究の主目的は温度による発芽抑制の程度を比較することであるため，積算発芽率$F(t)$には，ある時点での積算発芽数を，実験に供した種子数ではなく，発芽可能種子数で割った値を用いた。なお，各個体の発芽可能種子の割合の平均は88.6±6.78（SD）％（レンジ：75％～98.1％）で，タンポポの種類間，及び，個体間に明瞭な違いはなかった。

各温度条件において発芽可能な種子の発芽までに必要な日数の中央値M［日］，平均E［日］，及び，標準偏差SD［日］は，それぞれ，次の式で求めることができる。

$$M = \frac{a}{m} ln2 \qquad (2)$$

$$E = a\Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right) \qquad (3)$$

$$SD = a\sqrt{\Gamma\left(1+\frac{2}{m}\right)-\Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right)^2} \qquad (4)$$

ただし，Γ( )はガンマ関数。

温度による発芽抑制効果の指標としては，特にNとaの値が重要である。図１にNとaの変化に伴う発芽曲線の変化を模式的に示した。Nは時間が十分に経過したときの積算発芽率を表わし，その温度条件における最終発芽率の指標と考えることができる。また，式（３）より平均発芽日数は主にaの値に依存することがわかる。mの値が等しいとき，最終発芽率Nが同じでも，aの値が大きいほど発芽はゆっくりと起こり，発芽までの日数の中央値，平均，分散のいずれも大きくなる。したがって，温度による発芽抑制が最終発芽率を下げる作用を持つ場合にはNの値を小さくする方向に，発芽速度を遅くする作用を持つ場合にはaの値を大きくする方向に作用すると考えられる。

ワイブル分布の係数の値は，フリーソフトR ver 2.2.0（R Development Core Team）の非線形最小二乗法関数（nls関数）を用いて，各温度条件で個体ごとに推定した（同一個体の3つのシャーレーの値を合わせたデータを用いた）。ただし，Nの値が1を超えた場合には，$N = 1$に固定して他の係数を再推定した。また，モデルのあてはまり具合の参考指標として，モデルから予測される各観察日の累積発芽率を独立変数，実際に観察された発芽率を従属変数として線形回帰を行い，その決定係数（r^2）を計算した。

発芽特性量として4つの変量（最終発芽率，発芽までの日数の平均，中央値，標準偏差）を用いたので，種類と温度によって各個体の発芽特性に違いがあるかかどうかの検定は多変量分散分析で行った。分散比の推定にはPillaiの統計量を用いた。なお，カンサイは24℃と32℃で発芽がほとんど見られなかったため（後述），この解析からは除き，純粋セイヨウと2種類の雑種の3種類のみを用いた。多変量分散分析によって，種類，温度，及び，種類と温度の交互作用のいずれにも有意な効果が認められたため（後述），さらに，それぞれの変量について，個別に一般の二元配置分散分析を行い，各種類間で変量の値に差があるかどうかを検定した。なお，多重比較にはHolm（1979）の補正を用いた。また，いずれの解析においても，最終発芽率の値（割合）はアークサイン変換してから解析を行った。これらの分散分析はすべてフリーソフトR ver 2.2.0で行った。

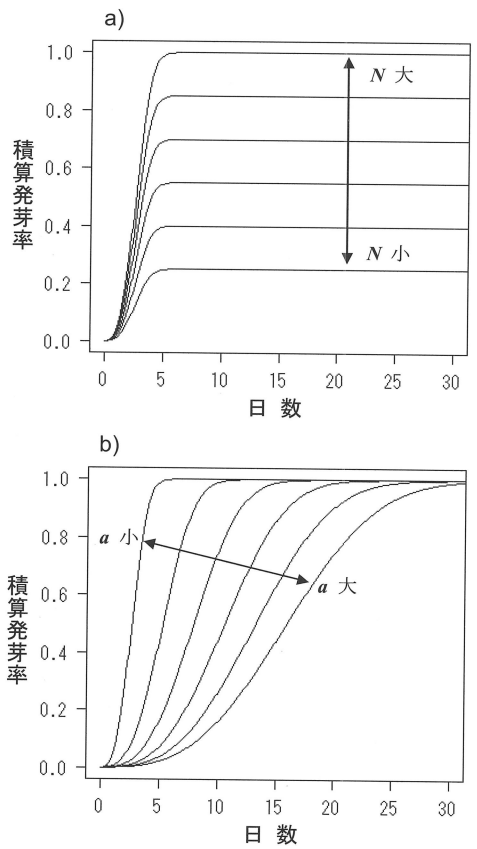


図1． ワイブル分布モデルの係数の違いが発芽曲線に与える影響の模式図．a）最終発芽率Nの影響．b）尺度の母数aの影響．

結　果

図2に個体ごとの発芽曲線を示す。実験終了時点の発芽率が5％未満であった32℃でのカンサイ全個体と24℃でのカンサイ3個体を除いて，ワイブル分布は観察データによくあてはまった（平均$r^2 = 0.984$，範囲0.914～1.000）。なお，発芽率の小さかった8ケースについては発芽曲線のあてはめを行わなかった。表1に種類と温度条件ごとにまとめた係数の平均値を示す。

多変量分散分析の結果，種類，温度，及び，種類と温度の交互作用の効果はいずれも高度に有意で（表2），発芽特性は種類と処理温度によって有意に異なることが示された。

各温度における最終発芽率，発芽までの日数の平均，中央値，標準偏差の値を図3に，変量ごとの二元配置分散分析の結果を表3に示す。分散分析の結果，温度と種類の違いは4つの項目のいず

れに対しても有意であった。一方，温度と種類の交互作用は最終発芽率のみで有意であった。これは，温度による最終発芽率の抑制の程度が種類によって有意に異なっていることを示す。なお，最終発芽率については，カンサイを除いた3種類のみの分散分析でも同じ結果が得られた（結果は示さず）。24℃と32℃での最終発芽率は，純粋セイヨウ＞3倍体雑種＞4倍体雑種＞カンサイの順に高く，発芽日数の平均，中央値，標準偏差は，3倍体雑種＞4倍体雑種＞純粋セイヨウの順に大きかった（図3）。

以上の結果から，それぞれの種類の発芽特性は

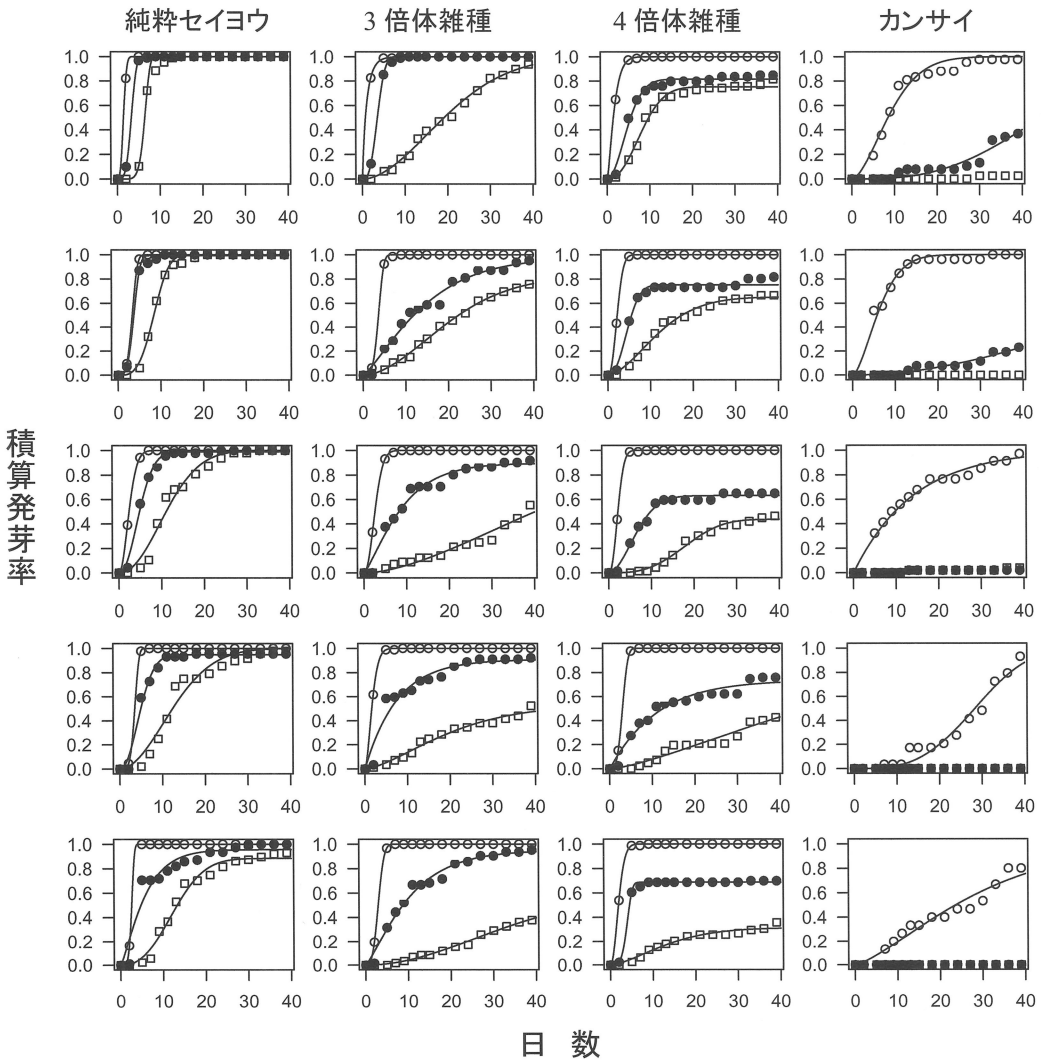


図2． 異なる温度条件での各個体の積算発芽率の時間変化．左列から順に，純粋セイヨウ，3倍体雑種，4倍体雑種，カンサイの各5個体の結果を示してある．○：16℃，●：24℃，□：32℃．曲線は推定されたワイブル分布モデルの予測値（発芽がほとんど見られなかった場合には推定していない）．

表1. ワイブル分布モデル係数の種類ごとの平均値±標準偏差（$n = 5$）．カンサイタンポポの24℃と32℃で発芽の見られなかった個体については、Nの値を0とした．カンサイタンポポの24℃のaとmの値はモデルを適用できた2個体の結果のみから計算した．カンサイタンポポは32℃では発芽が見られなかったため，aとmの値は求めていない．

種類	温度	a	m	N
純粋セイヨウ	16℃	2.947 ± 0.384	3.694 ± 0.621	1.000 ± 0.000
	24℃	5.032 ± 0.495	2.555 ± 0.496	0.977 ± 0.010
	32℃	11.697 ± 1.569	3.366 ± 0.948	0.977 ± 0.023
3倍体雑種	16℃	2.705 ± 0.509	2.330 ± 0.548	1.000 ± 0.000
	24℃	9.577 ± 1.907	1.498 ± 0.336	0.945 ± 0.020
	32℃	30.707 ± 5.326	1.772 ± 0.083	0.778 ± 0.104
4倍体雑種	16℃	2.557 ± 0.241	2.203 ± 0.345	1.000 ± 0.000
	24℃	6.803 ± 1.207	2.276 ± 0.553	0.724 ± 0.031
	32℃	23.811 ± 9.279	1.973 ± 0.301	0.631 ± 0.120
カンサイ	16℃	18.971 ± 5.193	1.767 ± 0.388	1.000 ± 0.000
	24℃	63.680 ± 8.393	2.455 ± 0.275	0.400 ± 0.245
	32℃	NA	NA	0.000 ± 0.000

次の4点にまとめられるだろう。1）純粋セイヨウは，高温でも最終発芽率は低下しないが，発芽速度がやや遅くなる。2）カンサイは，24℃以上の温度で最終発芽率，発芽速度ともに大きく抑制される。3）3倍体雑種と4倍体雑種は，高温によって最終発芽率，発芽速度ともに抑制される。ただし，抑制の程度は同じタイプの雑種でも個体によって異なる（3倍体雑種と4倍体雑種では，表1と図3の24℃と32℃での標準偏差が大きく，図2の形の変異も大きい）。4）平均的に見ると，3倍体雑種は4倍体雑種に比べて発芽速度の低下による抑制効果が大きく（表1のa，図3の平均，中央値，標準偏差の増加が大きい），4倍体雑種は3倍体雑種に比べて最終発芽率の抑制の程度が大きい（表1のNと図3の最終発芽率の減少が大きい）。

考　察

ここでは，今回の結果と既存の研究の結果を比較しながら，雑種タンポポの発芽特性をまとめ，その意義について考える。

渡邊ほか（2003）は，愛知県の同一個体群の12個体から採取した果実を用いて，在来種（トウカイタンポポ *Taraxacum platycarpum*），セイヨウタンポポ，雑種の発芽特性を比較し，雑種タンポポの高温による発芽抑制が在来種とセイヨウとの中間的な特性を示すことを報告している。また，雑種タンポポの発芽抑制の程度が個体によって大きく異なり，雑種の中には抑制程度の高い個体から低い個体まで様々な個体がいるとしている。渡邊らは倍数性を計測していないため，彼らの雑種個体には3倍体雑種と4倍体雑種の両方が含まれ

表2． 多変量分散分析の結果．温度は16℃，24℃，32℃の3処理．種類は純粋セイヨウ，3倍体雑種，4倍体雑種の3種類（発芽の見られない温度のあったカンサイタンポポは除いた）．最終発芽率については割合のデータをアークサイン変換して分析した．

要因	自由度 *d.f.*	Pillai 統計量	分散比の近似値 *F*
種類	2	0.711	$F_{(12,64)} = 2.94^{***}$
温度	2	1.07	$F_{(12,64)} = 6.14^{***}$
種類×温度	4	1.02	$F_{(24,136)} = 1.94^{***}$
誤差	36		

$^{***}p < 0.001$

ていたと考えられる。この点を考慮すれば，渡邊らの結果と今回の結果に矛盾する点は見られない。

なお，今回の結果で，同じ3倍体や4倍体の雑種でも発芽特性に個体変異が見られたことから，渡邊らの実験で見られた個体間の変異は，単に雑種に3倍体と4倍体が混じっていたからだけではなく，それぞれの倍数体の中にある個体間にも変異が含まれていたためと考えるのが妥当であろう。

同一倍数性の雑種にも個体変異が見られることから，発芽特性が遺伝的に決まっていると仮定すれば，同じ倍数性の雑種にも異なる起源を持つ多くのクローンが存在している可能性が高い。井出・芝池（2006）は，マイクロサテライト解析に基づいて，関東平野全域から得られた246個体の4倍体雑種の94%が同一クローンであると述べている。しかし今回の結果から考えて，少なくとも近畿においては，3倍体，4倍体雑種ともに，単一のクローンが広範に広がっている可能性は低いだろう。この点については，今後，マイクロサテライトマーカーを用いた解析を行って検証していく必要がある。

Hoya et al．(2004) は，新潟県の10ヶ所以上の個体群（個体数は不明）から採取した純粋セイヨウおよび雑種の果実と東京都の1個体群（個体数は不明）から採取した在来タンポポ（カントウタンポポ）の果実を用いて発芽実験を行った。その結果，3倍体雑種と雄核単為生殖雑種は純粋セイヨウと同じく温度による発芽率の低下は見られず，4倍体雑種は4℃以下と25℃以上の温度で最終発芽率が低下するカントウと類似した発芽特性を示すことがわかった。しかし，前述したように同一倍数性でも個体間で発芽特性に変異が見られることがわかっているため，個体間の変異が考慮されていない彼らの実験からは，この結果がそれぞれの雑種の平均的な姿を正しく示しているのかどうかを統計的に検証することが困難である。

個体変異を考慮した本研究の結果も，平均的に見れば，Hoya et al．(2004) の結果と大筋では一致していた。高温による最終発芽率の低下は純粋セイヨウではほとんど見られず，3倍体雑種で少し見られ，4倍体雑種で最も大きかった（図3）。ただし，すでに述べたように，同じ種類の雑種でも発芽抑制の個体間変異が大きい点は常に注意しておく必要があるだろう。本実験でも，高温発芽抑制が小さいとされる3倍体雑種の中にも最終発芽率が約50%にまで抑制された個体が2個体あった。

今回の研究によって，関東・中部地方と近畿には異なる在来2倍体種が分布しているにもかかわらず，雑種タンポポの発芽におよぼす温度の影響は基本的に共通していることが示された。その原因として少なくとも2つの可能性が考えられる。

ひとつ目は，これらの地域の雑種が共通の起源地を持つ可能性である。しかしながら，同一倍数性の雑種でも発芽特性の個体変異が大きかったことから考えて，雑種には多くのクローンが存在すると考えるのが妥当で，雑種の起源は複数あると考えるのが自然であろう。関東，東海，近畿に渡る共通の起源地があるとは考えにくい。

ふたつ目は，雑種化による「種子の夏季休眠性」

の獲得が雑種の分布拡大に有意に貢献してきた可能性である。それぞれの地域で独立に形成された多くの雑種のうち「種子の夏季休眠性」を獲得できたクローンのみが分布を拡大できたのかもしれない。これは，高温による発芽抑制の見られない純粋セイヨウと雄核単為生殖雑種の割合が，いずれの地域でも低いこと（芝池，2003，2005；伊東・名波，2006）からも支持される。

ただし，今回の結果（3倍体雑種は高温でも最終発芽率があまり下がらず，主に発芽速度が遅くなった）から考えると，少なくとも多くの3倍体雑種では発芽を秋以降に遅延するのに十分な発芽抑制を獲得しているとは考えにくい。一方，高温で最終発芽率が顕著に低下する4倍体雑種については，種子の一部が秋まで発芽を遅延することもおそらく可能であろう。

今回の実験で，雑種タンポポが種子の夏季休眠を部分的に獲得しているという既存研究の結果が，近畿の雑種にもあてはまることが確認できた。しかし，これまでの研究は実験環境（定温状態）での発芽に関するものであり，現実の野外環境での雑種の発芽特性については，今のところほとんどわかっていない。また，春から夏季に発芽することがセイヨウタンポポの更新と分布拡大を制限していることをデータで示した研究も現時点では見当たらない。雑種の部分的発芽抑制が雑種の生存率向上と分布の拡大にどの程度貢献しているかを明らかにするには，今後，野外での雑種の発芽パターンと発芽後の死亡過程を調べる必要があるだろう。

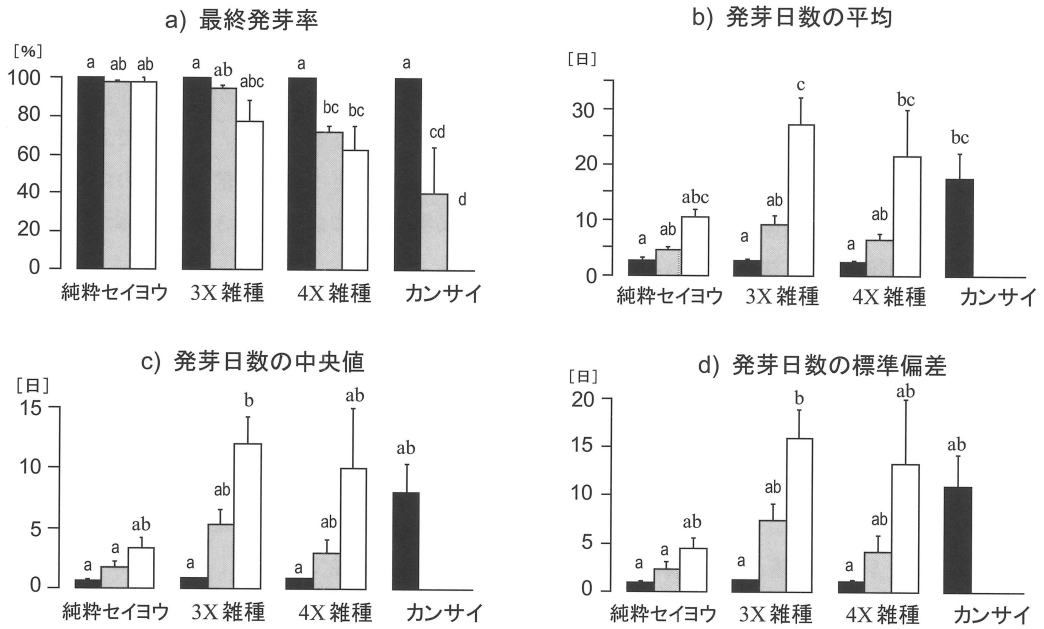


図3. ワイブル分布モデルによるa）最終発芽率，b）発芽日数の平均，c）発芽日数の中央値，d）発芽日数の標準偏差の種類ごと温度条件ごとの平均値．黒：16℃，灰色：24℃，白：32℃．縦線は標準誤差．同じアルファベットは統計的に有意な差がない（$p>0.05$）ことを示す（分散分析，Holmの多重比較）．カンサイの24℃と32℃については，ほとんど発芽しなかったため，最終発芽率以外の項目は計算できなかった．

表3． 変量ごとの二元配置分散分析の結果．温度は16℃，24℃，32℃の3処理．種類は純粋セイヨウ，3倍体雑種，4倍体雑種，カンサイの4種類（最終発芽率以外については、発芽の見られない処理のあったカンサイタンポポを除いた3種類で分析）．最終発芽率については割合のデータをアークサイン変換して分析した．

要因	自由度 *d.f.*	平方和 *SS*	平均平方 *MS*	分散比 *F*
最終発芽率				
種類	3	4.66	1.56	13.9**
温度	2	5.95	2.98	26.6**
種類×温度	6	3.08	0.513	4.59**
誤差	48	5.37	0.112	
発芽日数の平均				
種類	2	377	189	3.33*
温度	2	2448	1224	21.6**
種類×温度	4	411	103	1.82
誤差	36	2038	56.6	
発芽日数の中央値				
種類	2	242	121	3.65*
温度	2	811	406	12.2**
種類×温度	4	187	46.7	1.41
誤差	36	1195	33.2	
発芽日数の標準偏差				
種類	2	136	68.1	3.65*
温度	2	459	230	12.3**
種類×温度	4	108	27.0	1.45
誤差	36	873	18.7	

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

これまでの研究から，純粋セイヨウ，及び，雑種タイプごとに発芽特性が異なることが明らかになったことから，雑種タイプごとに分布場所の環境にも違いがあることも予想される。しかし，これまでに雑種タイプによる分布の違いを詳細に検討した研究はなく，それぞれの生育環境に違いがあるかどうかもわかっていない。この点についても今後の研究が待たれる。

引用文献

Brown, R. F. & Mayer, D. G. 1988. Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. Annals of Botany, 61: 127-138.

Gaskin, J. F. & Schaal, B. A. 2002. Hybrid *Tamarix* widespread in U.S. invation and undetected in native Asian range. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 99:11256-11259.

浜口哲一・渡邊幹男・山口奈穂・芹沢俊介．2000．神奈川県平塚市における雑種性帰化タンポポの分布．神奈川自然史資料，21：7－12.

Hoya, A., Shibaike, H., Morita, T. & Ito, M. 2004. Germination and seedling survivorship characteristics of hybrids between native and alien species of dandelion (*Taraxacum*). Plant Species Biology, 19: 81-90.

——, ——, —— & ——. 2007. Germination characteristics of native Japanese dandelion autopolyploids and their putative diploid parent species. Journal of Plant Research 120: 139-147.

井出　任・芝池博幸．2006．関東地方にみられるタンポポの4割は単一のクローン．農環研ニュース，70：3－4.

Holm, S. 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics, 6: 65-70.

伊東　明・名波　哲．2006．近畿における在来，外来，雑種タンポポの分布状況．関西自然保護機構会誌，28：27－36.

小川　潔．1978．タンポポの発芽習性と生活環の調節．種生物学研究，2：13－20.

——．2001．日本のタンポポとセイヨウタンポポ．

130 pp. 動物社，東京.

Morita, T. 1995. Taraxacum. In : Flora of Japan vol. 3b (eds. Iwatsuki, K., Yamazaki, T, David e. Boufoord & Ohba, H.), 7-13. Kohdansya, Tokyo.

――（森田龍義）. 1997. 世界に分布を広げた盗賊種　セイヨウタンポポ.「雑草の自然史」(山口裕文編)，192－208. 北海道大学図書刊行会，札幌.

――. 2004a. セイヨウタンポポの雑種とは何か？発生のメカニズムと雑種の特徴. 関西自然保護機構会誌，26：57－63.

――. 2004b. 形態的特徴と識別法の検討.「移入種タンポポによる生物多様性の撹乱と環境指標性に関する緊急再評価」(小川潔編)，34－51. 平成14年～15年度科学研究費補助金（基盤研究(C)(1)）研究成果報告書.

芹沢俊介. 1995. エコロジーガイド　人里の自然. 196pp. 保育社. 大阪.

――. 2004. 雑種性帰化タンポポの増加とタンポポ調査の意義. 関西自然保護機構会誌，26：43－50.

Shibaike, H., Akiyama, H, Uchiyama, S, Kasai, K. & Morita, T. 2002. Hybridization between European and Asian dandelions (*Taraxacum* section Ruderalia and section Mongolica) 2. Natural hybrids in Japan detected by chloroplast DNA marker. Journal of Plant Research, 115: 321-328.

――（芝池博幸）. 2003. 雑種タンポポの識別と全国分布. 農環研ニュース，57：7－8.

――. 2005. 無融合生殖種と有性生殖種の出会い－日本に侵入したセイヨウタンポポの場合－. 生物化学，56：74－82.

――・森田竜義. 2002. 拡がる雑種タンポポ. 遺伝，56：16－18.

Washitani, I. & Ogawa, K. 1989. Germination Responses of *Taraxacum platycarpum* Seeds to Temperature. Plant Species Biology, 4: 123-130.

渡邊幹男. 1997. 酵素多型で判別した雑種タンポポ－強奪種としての帰化タンポポ－. 種生物学研究，21：43-47.

――・丸山由加理・芹沢俊介. 1997a. 東海地方西部における在来タンポポと帰化タンポポの交雑（1）ニホンタンポポとセイヨウタンポポの雑種の出現頻度と形態的特徴. 植物研究雑誌，72：51－57.

――・小川美穂・内藤敬江・神崎護・下村英基・芹沢俊介. 1997b. 大阪府における雑種性帰化タンポポの頻度と分布. 関西自然保護機構会誌，19：69－77.

――・神崎護・櫛田敏宏・芹沢俊介. 2003. セイヨウタンポポ，ニホンタンポポおよびその雑種の発芽特性. 植物地理・分類研究，51：183－136.

山野美鈴・芝池博幸・浜口哲一・井出任. 2002.「身近な生き物調査」を利用したタンポポ属植物の雑種分布に関する解析. 環境情報科学別冊，16：357－362.