非高温下でのokra種子出芽を促進する培養土プライミング

高畑 健*・三浦周行^a

東京農業大学農学部 243-0034 神奈川県厚木市船子

Priming with Seeding Mixture to Improve Emergence from Okra Seeds at Non-High-Temperature

Ken Takahata* and Hiroyuki Miura^a

Department of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Atsugi, Kanagawa 243-0034

Abstract

A study was conducted to develop a simple priming method to improve seedling emergence of okra seeds in non-high-temperature seasons using a seeding mixture as a moisture-conditioning agent. ‘Tokyo Gokaku’ seeds were primed in bottles at 15 to 30°C for 1 to 4 days with seeding mixtures having moisture contents ranging from 35 to 55%. After treatment, seeds were sown in containers at 20°C. Seedling emergence was markedly promoted under the conditions of 30°C/1d/45% moisture: the percentage emergence at 8 days after sowing was 94%, whereas emergence was 53% in the non-treated control. The seeds sown directly in the field in May after priming (30°C/1d/45% moisture) emerged earlier and grew into seedlings with a more uniform top fresh weight compared with the non-treated seeds. The seeds kept at room temperature for several days after priming (30°C/1d/45% moisture) and sown in the field in May showed no differences in emergence compared with seeds sown just after priming. Priming in this study improved emergence, and the effects were maintained even in seeds that were temporarily stored after treatment to simulate postponed sowing.

Key Words : *Abelmoschus esculentus*, percentage emergence, seed treatment

キーワード : *Abelmoschus esculentus*, 種子処理, 出芽率

緒 言

okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) は、アオイ科に属し、原産が東北アフリカあるいは北インドとされ (Hamon・Sloten, 1995), 熱帯地域で広く栽培されている高温性の野菜である。日本においては鹿児島県、高知県および沖縄県などで周年生産されているが (園芸統計, 2011), 種子出芽の適温が35°Cと高温なので (Takahata ら, 2011), 20°C前後のような非高温期播種では、出芽の欠損、遅延、不揃いが問題になる。その対策として、催芽処理および育苗床を高温に維持することなどが考えられるが、それぞれ播種時の作業性および加温装置の整備が課題である。

種子の発芽・出芽を促進する方法として、播種前の種子に幼根が突出しない程度のわずかな水分を与え、種子内部の生理過程を発芽直前の段階まで進めておく種子処理であるプライミングがあり、okra種子に対しても有効なことが報告されている (Dkhil ら, 2014; Nirmala・Umarani, 2008;

Sharma ら, 2014; Singh ら, 2004)。しかし、プライミングは実際栽培では普及していない。農家にとってはそれらのプライミングに用いられるポリエチレングリコール溶液、塩類溶液、岩石資材および多孔質資材などが一般的でない、あるいは処理中エアレーションもしくは処理後水洗の必要があり処理が簡易でないためと考えられる。著者らは農業で一般的な培養土を用いて、容易にプライミングができないか考えた。そこで、非高温下におけるokra種子の出芽を促進させるために、市販されている培養土を処理資材として、農家が容易に実施可能な培養土に種子を混ぜ込むだけの培養土プライミングの開発を試みた。

材料および方法

ガラス瓶 (200 mL) に、湿重当たりの水分含量を35, 45および55%に調節した野菜セル育苗用培養土 (N:P₂O₅:K₂O=150:1000:150 mg・L⁻¹, ジェイカムアグリ (株)) 約90 gおよび‘東京五角’ ((株) 武蔵野種苗園) 種子60粒を入れ、混合後蓋をした。それらの瓶を、15°C・4日間 (実験1), 22.5°C・1日間 (実験2) および30°C・1日間 (実験3), 処理室 (LH-200, (株) 日本医化機器製作所; 暗黒) に置き、培養土プライミングを施した。なお、各処理区におけるプライミング開始時の培養土水ポテンシャルを、水

2016年3月8日 受付. 2016年5月12日 受理.
本論文の一部は園芸学会平成22年度秋季大会で発表した.
* Corresponding author. E-mail: k5takaha@nodai.ac.jp
^a 退職

ポテンシャル測定装置 (WP4C, Decagon Devices) で調査した。

処理終了後、種子を網目サイズが3 mmの篩で分け、30分間風乾した。その後、上記の培養土を詰めたプラスチック容器 (縦19 cm×横13 cm×高さ6 cm、底の4か所に直径4 mmの排水穴) に、処理種子および無処理種子ともに50粒を1 cmの深さに播種し (株間1.5 cm、条間2 cmの5条播き)、十分に灌水した。各プラスチック容器を20°Cに制御した出芽室 (LH-200; 明期1日12時間、光合成光量子束密度平均 $111 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) に移した。翌日から播種した時刻とほぼ同じ時刻に出芽率を10日間毎日調査し、平均出芽日数も求めた。調査期間中、播種後4日と8日に灌水した。以上の各実験において、各処理区のプライミングに瓶2個および播種に容器2個を用い、また無処理区の播種にも容器を2個用いて、実験を3回反復した。出芽率および平均出芽日数について、得られた各6データの平均値の差をチューキー検定 (5%水準) した。

次に、実験4で培養土プライミング種子の圃場における出芽を検討した。実験1～3の結果をもとに、出芽が良好であった温度30°C/処理1日/培養土水分含量45% (以下、30°C/1日/45%と略称、以下も同様) での処理種子 (3瓶) を圃場に2011年5月11日に播種した。1条ずつ無処理区と処理区が交互になるように条間10 cmで計6条 (幅1 cm、深さ1 cm) を設け、各条に50粒の種子を播種した。なお、処理区については各処理瓶の種子を各条に播種した。また、6条の両側には無処理種子を播種した調査対象外の条を設けた。播種後、覆土・灌水し、翌日から毎日、播種した時刻とほぼ同じ時刻に灌水と同時に出芽率を10日間 (最低気温: 10～16°C, 最高気温: 16～32°C, 平均気温: 20.1°C) 調査し、調査最終日には出芽個体の地上部新鮮重も測定した。各区とも条ごとで1反復とし、合計3反復とした。得られた出芽率、平均出芽日数および地上部新鮮重の平均値の差をt検定 (5%水準) した。

さらに、処理終了当日に播種できない場合に備えて、実験5で処理種子の一時的保管が出芽に及ぼす影響を検討した。30°C/1日/45%処理後、種子を篩で分けて30分間風乾し、新しい瓶に処理種子を移して蓋をした。種子を入れた瓶を室温下暗所で3日間 (最高温度: 21.7～22.9°C, 最低温度: 19.1～20.2°C, 平均温度: 21.1°C) および7日間 (最高温度: 20.6～22.9°C, 最低温度: 18.5～20.2°C, 平均温度: 20.7°C) 終了日を同一として保管した。保管終了後、0日間保管区および無処理区も加え、実験4と同様に圃場に2013年5月8日に播種した。出芽率を播種後8日間 (最低気温: 10～16°C, 最高気温: 16～31°C, 平均気温: 19.3°C) 調査し、調査最終日には地上部新鮮重も測定した。実験は上記4区を3反復で行った。得られた出芽率、平均出芽日数および地上部新鮮重の平均値の差をチューキー検定 (5%水準) した。

結果および考察

実験1～3において、計9条件で培養土プライミングした種子を20°C出芽室内で播種し、好適条件を検討した。プライミング開始時における培養土の水ポテンシャル (第1表) は、35、45および55%区それぞれ15°Cでは-0.29、-0.23および-0.17 MPa、22.5°Cでは-0.48、-0.33および-0.26 MPa、30°Cでは-0.57、-0.51および-0.38 MPaであった。

実験1～3における出芽率および平均出芽日数を第2表に示した。

実験1の無処理区の出芽は播種後6日に開始し (3%)、8日に58%、9日に82%となった。15°C/4日/35～55%区の出芽は播種後5日に開始し (5～11%)、6日に38～60%、8日に86～89%となり、この間無処理区より優れた。平均出芽日数は無処理区の8.14日に対して、3処理区が6.29～6.64日と短く、無処理区との差は15°C/4日/45%区で大きかった。

実験2の無処理区の出芽は播種後6日に開始し (3%)、8日に63%、9日に81%となった。22.5°C/1日/35～55%区の出芽は播種後5日に開始し (3～7%)、6日に27～41%、8日に84～89%となり、この間無処理区より勝った。播種後9～10日においては22.5°C/1日/45%区の出芽が無処理区より勝った。平均出芽日数は3処理区が無処理区より短かった。

さらに、実験3の無処理区の出芽も播種後6日に開始し (1%)、8日に53%、9日に75%となった。30°C/1日/35～55%区の出芽は播種後5日に開始し (7～15%)、6日に52～73%、8日に90～94%となり、以降9日まで無処理区よりも勝り、その間の6日の30°C/1日/45%区の出芽率は無処理区との差が大きかった。播種後10日の出芽は30°C/1日/45%区が無処理区より高かった。平均出芽日数は3処理区で短く、無処理区との差は30°C/1日/45%区で大きかった。

以上のように実験1～3のいずれの処理によっても出芽が促進される傾向にあった。特に播種後6日の出芽率の促進が顕著で、無処理区の1～3%に対して、処理区では27～73%であった。すべての処理区の出芽率について、各処理を行った実験における無処理区の値に対する比数で比較すると、播種後6～9日において30°C/1日/45%区

第1表 プライミング開始時における培養土の水ポテンシャル (MPa)

処理温度	培養土水分		
	35 %	45 %	55 %
15°C	-0.29	-0.23	-0.17
22.5°C	-0.48	-0.33	-0.26
30°C	-0.57	-0.51	-0.38

第2表 培養土ブライミングにおける培養土水分、処理温度および処理日数が20°C下でのオクラ種子の出芽率および平均出芽日数に及ぼす影響 (実験1〜3, n=6)

処理	出芽率 (%)										平均出芽日数 (日)			
	播種後日数													
	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日							
実験 1														
無処理	0	0 b ^y	3.0 c	(1.0) ^x	23.3 b	(1.0)	58.3 b	(1.0)	81.7	(1.0)	89.7	(1.0)	8.14 a	(1.00)
15°C/4日/35% ^z	0	5.0 a	38.3 b	(12.8)	78.3 a	(3.4)	85.7 a	(1.5)	87.7	(1.1)	87.7	(1.0)	6.64 b	(0.82)
15°C/4日/45%	0	8.7 a	60.0 a	(20.0)	83.7 a	(3.6)	88.7 a	(1.5)	88.7	(1.1)	89.0	(1.0)	6.29 c	(0.77)
15°C/4日/55%	0	10.7 a	57.7 a	(19.2)	80.3 a	(3.4)	89.0 a	(1.5)	89.0	(1.1)	89.0	(1.0)	6.34 bc	(0.78)
実験 2														
無処理	0	0 b	3.0 b	(1.0)	29.3 b	(1.0)	62.7 b	(1.0)	80.7 b	(1.0)	83.7 b	(1.0)	7.90 a	(1.00)
22.5°C/1日/35%	0	3.0 a	27.3 a	(9.1)	67.3 a	(2.3)	84.3 a	(1.3)	87.7 ab	(1.1)	89.7 ab	(1.1)	6.99 b	(0.88)
22.5°C/1日/45%	0	3.0 ab	40.3 a	(13.4)	76.0 a	(2.6)	89.0 a	(1.4)	91.7 a	(1.1)	92.7 a	(1.1)	6.76 b	(0.86)
22.5°C/1日/55%	0	6.7 a	41.0 a	(13.7)	68.3 a	(2.3)	83.7 a	(1.3)	87.0 ab	(1.1)	88.0 ab	(1.1)	6.75 b	(0.85)
実験 3														
無処理	0	0 b	1.3 c	(1.0)	23.0 b	(1.0)	53.0 b	(1.0)	75.3 b	(1.0)	83.0 b	(1.0)	8.16 a	(1.00)
30°C/1日/35%	0	7.3 a	52.0 b	(39.0)	83.3 a	(3.6)	90.3 a	(1.7)	92.0 a	(1.2)	92.0 ab	(1.1)	6.47 b	(0.79)
30°C/1日/45%	0	15.3 a	73.3 a	(55.0)	91.3 a	(4.0)	93.7 a	(1.8)	95.0 a	(1.3)	95.0 a	(1.1)	6.13 c	(0.75)
30°C/1日/55%	0	11.3 a	66.7 ab	(50.0)	86.7 a	(3.8)	89.7 a	(1.7)	90.3 a	(1.2)	90.7 ab	(1.1)	6.21 bc	(0.76)

^z 処理温度/処理日数/処理開始時の培養土水分^y 各実験の各列において、異なるアルファベットはデューキー法 (5%水準) による有意差あり

出芽率については角変換後有意差検定した

^x 各実験の各列における無処理区の値に対する比数

第1図 培養土プライミング種子の5月圃場播種後における出芽経過 (実験4, n=3)
 30°C/1日/45%: 処理温度/処理日数/処理開始時の培養土水分
 *: 両区間にt検定 (5%水準) による有意差あり
 出芽率については角変換後有意差検定した
 縦線: SE

が高い値を示した。また平均出芽日数の比数でも 30°C/1日/45%区が低い値を示した。従って、30°C/1日/45%区が好適と判断された。

実験4において、実験1～3の結果から好適とされた 30°C/1日/45%処理種子を5月に圃場に播種した結果を第1図および第3表に示した。無処理区の出芽は播種後6日に開始し (5%), 7日に25%, 10日に63%となった。一方、30°C/1日/45%区の出芽は播種後5日に開始し、80%であった。播種後10日までの平均出芽日数は処理区で短かった。播種後10日の地上部重は処理区が大きく、その変動係数は処理区が小さく、それらの無処理区との差は第2図に示した画像上からも明確である。

これまでに、okra種子の出芽・発芽促進にはポリエチ

第3表 培養土プライミング種子の5月圃場播種後における出芽および地上部の生育 (実験4, n=3)

処理	平均 出芽日数 (日)	播種後10日における 実生の地上部新鮮重	
		(mg)	変動係数
無処理	7.98	163	0.52
30°C/1日/45% ^z	5.18 *	216 *	0.36

*: 両区間にt検定 (5%水準) による有意差あり

^z 処理温度/処理日数/処理開始時の培養土水分

レングリコール溶液、塩類溶液、岩石資材および多孔質資材を用いたプライミングが有効なことが報告されている (Dkhil ら, 2014; Nirmala・Umarani, 2008; Sharma ら, 2014; Singh ら, 2004)。okra以外の種子でもプライミングの有効性が Heydecker (1974), Khan ら (1990), Suzuki ら (1989) および Taylor ら (1988) によって報告されている。しかしながら、これらのプライミングは実用化されていない。それは、処理に使う資材が農業では一般的でないこと、処理中エアレーションあるいは処理後水洗の必要があり、処理が簡易でないことが要因の一つと考えられる。また専門業者による処理は、処理後の流通対策を要し、コストがかかり、普及は難しい。

著者らは農業で一般的な培養土に注目し、それをプライミング資材として利用できるかどうかを検討してきた。これまでに、水分含量を調節した培養土を詰めたセルトレイにツルムラサキ (Miura ら, 1997), パセリー (Miura ら, 2001) およびレタス (Takahata ら, 2008) の種子を播種後、それらのトレイごと処理するプライミングが出芽促進に有効なことを報告した。本実験ではセル育苗されないokra種子に適用できる培養土を用いたプライミングを開発しよ

第2図 培養土プライミング種子の圃場播種後10日の出芽状況 (実験4)
 30°C/1日/45%: 処理温度/処理日数/処理開始時の培養土水分

第3図 保管した培養土プライミング種子^zの5月圃場播種後における出芽経過 (実験5, n=3)
播種後日数内の異なるアルファベットはチューキー法 (5%水準) による有意差あり
出芽率については角変換後有意差検定した
縦線: SE
^z 30°C/1日/45% (処理温度/処理日数/処理開始時の培養土水分) 種子

うとした。実験1～4の結果は、培養土によるプライミングはokra種子の出芽促進に有効なことを示した。実験1～3の結果から、好適処理は30°C/1日/45%区であったが、今回使用した分を含む5袋の培養土の開封時の水分含量は43%であったので、実際にはそのままの培養土中で22.5～30°Cで1日のプライミングでも高い出芽促進効果があると考えられる。

Dkhilら (2014) の実験によると、okraのプライミング種子を20°C下に置床したところ、10日後の発芽率は、無処理区の88.0%に対して、エアレーションしKCl 4%またはCaCl₂ 10 mM溶液によるプライミング (処理後水洗) 区が100および94.4%であり、それぞれの無処理区の値に対する比数は1.14および1.07であった。実験3において、30°C/1日/45%処理種子を20°C下に播種した10日後の出芽率 (第2表) は、無処理区の83%に対して、95%、同区の無処理区に対する比数は1.14であった。従って、両実験のプライミング効果は同等と考えられる。他の既報の結果とは、出芽・発芽条件が異なるので、比較が難しい。

実用場面では、予定していた日に播種ができないことが予想される。そこで処理種子の一時保管が可能かどうかを検討した実験5の結果を第3図および第4表に示した。5月圃場播種の結果、無処理区の出芽は、播種後6日に開始し (13%)、7日には39%、8日には81%となった。30°C/1日/45%処理後0～7日間保管した区においては、いずれの区も出芽が播種後4日に開始し (19～31%)、5日には79～81%となり、無処理区に比べて8日後までの平均出芽日数が短く、播種後8日の地上部重が大で、その変動係数が小さかった。従って、処理効果は保管7日後も維持された。このことは、本実験の培養土を用いたプライミングの実用性をさらに高めることにつながると考えられる。こ

第4表 保管した培養土プライミング種子^zの5月圃場播種後における出芽および地上部の生育 (実験5, n=3)

処理	平均 出芽日数 (日)	播種後8日における 実生の地上部新鮮重	
		(mg)	変動係数
無処理	7.31 a ^y	180 b	0.28
0日間保管	4.74 b	322 a	0.15
3日間保管	4.92 b	325 a	0.12
7日間保管	4.93 b	327 a	0.13

^z 30°C/1日/45% (処理温度/処理日数/処理開始時の培養土水分) 種子

^y 異なるアルファベットはチューキー法 (5%水準) による有意差あり

れまでに、プライミングしたokra種子の保管性について検討した報告はない。

本研究の結果、圃場およびポット播種されるokra種子に対する培養土プライミングは、出芽最適温度である35°C (Takahataら, 2011) よりも著しく低い20°C前後のような非高温下であっても、播種後早期に高い出芽率をもたらした。その後の均一な生育を促した。そのため、実際栽培におけるポット播種では、加温装置などにより育苗床を高温に維持する必要がない。また、播種後早期の出芽率が高いことは、育苗日数を短縮させ、苗の生育揃いが斉一であるため育苗管理が煩雑にならない。さらに、処理効果が種子を数日間保管したとしても維持され、okra種子にとって不利な非高温期の圃場でも斉一な出芽をもたらすことが示された。このことは、処理終了後直ちに播種をする必要がないことを意味する。

プライミングは、Heydecker (1974) によって発表されて以降、各種の方法が報告されているが、それらは特殊な資材・技術を要するため農家自身が容易に実施できる方法ではなかった。しかし、本研究の培養土プライミングは、種子を市販の育苗用培養土に混ぜ込むだけであり、処理後の水洗も必要としないため、農家自身での実施が可能である。そのため、本研究によって開発された培養土プライミングは、生産者に対して普及性の高い種子処理方法として展開できるものと考えられる。

摘 要

okra種子の非高温下における出芽を生産者が容易に促進できるように、培養土を水分調節資材に用いたプライミングを開発しようとした。‘東京五角’種子と35～55%水分含量の培養土を瓶に入れて15～30°C下で1～4日間プライミングした後、コンテナに播種して20°C下に置いた。30°C/1日/45%区の出芽促進が著しく、播種後8日の出芽率が、無処理区の53%に対して、94%と優れた。30°C/1日/45%区の種子を5月に圃場播種したところ、無処理区より出芽が早く開始し、地上部新鮮重が均一で

あった。30°C/1日/45%区の種子を数日間室温下で保管後5月に圃場播種した結果、処理終了後直ちに播種した区と出芽特性に差がなかった。本実験のプライミングは出芽を促進させ、その効果は播種期の延期を想定した処理種子保管後も維持された。

謝 辞 本研究において全般的にご協力頂いた川本芳樹および庄子修平の諸氏に、また、培養土水ポテンシャルの測定に便宜を図って頂いたアイネクス株式会社の石川隆之氏に感謝します。

引用文献

- Dkhil, B. B., A. Issa and M. Denden. 2014. Germination and seedling emergence of primed okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seeds under salt stress and low temperature. *Am. J. Plant Physiol.* 9: 38–45.
- 園芸統計. 2011. 平成22年度版. p. 56. 農林水産省大臣官房統計部. 農林統計協会. 東京.
- Hamon, S. and D. H. van Sloten. 1995. Okra. p. 350–357. In: J. Smart and N. W. Simmonds (eds.). *Evolution of crop plants*, 2nd ed. Longman, London.
- Heydecker, W. 1974. Germination of an idea: The priming of seeds. *Res. Sch. Agric. Univ. Nott.* 1973–1974: 50–67.
- Khan, A. A., H. Miura, J. Prusinski and S. Ilyas. 1990. Matrix conditioning of seeds to improve emergence. p. 19–40. In: *Proc. Nat. Symp. Stand. Estab. Hort. Crop.* Minneapolis.
- Miura, H., Y. Yamato, M. Hamano and H. Yamazaki. 2001. Improvement of emergence of parsley seeds by post-sown priming. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 665–668.
- Miura, H., H. Yamazaki and T. Nishijima. 1997. Post-sown priming with a potting mixture to improve emergence of malabar spinach, *Basella alba* L. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 66: 513–517.
- Nirmala, K. and R. Umarani. 2008. Evaluation of seed priming methods to improve seed vigour of okra (*Abelmoschus esculentus*) and beetroot (*Beta vulgaris*). *Seed Sci. Technol.* 36: 56–65.
- Sharma, A. D., S. V. S. Rathore, K. Srinivasan and R. K. Tyagi. 2014. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Scientia Hort.* 165: 75–81.
- Singh, J., J. S. Kanwar and G. Bassi. 2004. Seed vigour as influenced by different seed priming treatments in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Seed Res.* 32: 122–125.
- Suzuki, H., S. Obayashi and H. Luo. 1989. Effects of salt solutions on the priming of several vegetable seeds. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 58: 131–138.
- Takahata, K., Y. Mine, A. Karimata and H. Miura. 2008. An effective post-sown priming method to improve emergence from lettuce seeds at high temperature. *HortTechnology* 18: 433–435.
- Takahata, K., Y. Mine and H. Miura. 2011. The optimum emergence temperature for okra seed. *Trop. Agr. Develop.* 55: 93–96.
- Taylor, A. G., D. E. Klein and T. H. Whitlow. 1988. SMP: Solid matrix priming of seeds. *Scientia Hort.* 37: 1–11.