International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 39 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب
Ceratonia siliqua L.
دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

Received	2026/10/30	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/11/24	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/11/25	تم نشر الورقة العلمية في

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب *Ceratonia siliqua* L.

دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا

حنان خليل امراجع
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-4090-6620

يونس حمد سليمان
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-1991-3317
كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة درنة – فرع القبة، ليبيا.
Hanan.kaleel8590@gmail.com

الملخص

سعى هذا البحث إلى دراسة تأثير كل من الماء المقطر وحمض الكبريتيك (H_2SO_4) كمحفزات لكسر سكون بذور الخروب *Ceratonia siliqua* L. والمجمَّعة من منطقة الجبل الأخضر بليبيا، وهي إحدى أهم المناطق البيئية في حوض البحر الأبيض المتوسط. تتميز بذور الخروب بامتلاكها غلافاً بذرياً صلباً وغير مُنفذ للماء، مما يتسبب في حالة من السكون الفيزيائي الشديد الذي يمنع إنباتها الطبيعي ويعرقل عمليات إكثارها.

تضمنت التجربة تطبيق عدة معالجات لكسر سكون البذور، شملت: النقع في الماء المقطر عند درجات حرارة مختلفة، والخدش الكيميائي باستخدام حمض الكبريتيك بتراكيز متعددة (50%، 70%، 90%) لفترات تراوحت بين 15 و60 دقيقة، بالإضافة إلى المعالجات المركبة (الخدش الميكانيكي متبوعاً بالنقع في الماء المقطر أو الحمض). وبينت النتائج تفوق المعالجة بحمض الكبريتيك بتركيز 90% لمدة 30–60 دقيقة، حيث سجلت أعلى معدلات للإنبات بنسبة تراوحت بين 88% و99%. من جهة أخرى، أثبتت المعالجة

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب
Ceratonia siliqua L.
دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

بالخدش الميكانيكي مع النقع في الماء المقطر كفاءة مشابهة في نسب الإنبات، مما يجعلها بديلاً فعالاً وأكثر أماناً من الناحية البيئية.

الكلمات المفتاحية: *Ceratonia siliqua*، السكون الفيزيائي، كسر السكون، الغلاف البذري، التشريط الميكانيكي، حمض الجبريليك.

Evaluating the Efficiency of Distilled Water and Sulfuric Acid in Stimulating Germination and Growth of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Seeds: A Local Study in Al-Jabal Al-Akhdar, Libya

Hanan Khalil Amrajaa
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-4090-6620

Younis Hamad Sulaiman
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-1991-3317
Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences
University of Derna – Al-Qubba Branch, Libya
Hanan.kaleel8590@gmail.com

Abstract

This research investigated the effects of distilled water and sulfuric acid (H_2SO_4) as stimulants for breaking seed dormancy in Carob (Ceratonia siliqua L.) seeds collected from the Al-Jabal Al-Akhdar region in Libya, one of the most important ecological zones in the Mediterranean basin. Carob seeds are characterized by a hard, water-impermeable seed coat, which causes severe physical dormancy that prevents natural germination and hinders propagation efforts.

The experiment involved applying several treatments to break seed dormancy, including: soaking in distilled water at different temperatures, chemical scarification using sulfuric acid at various concentrations (50%, 70%, 90%) for durations ranging between 15 and 60 minutes, in addition to combined treatments (mechanical scarification followed by soaking in either distilled water or acid).

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب
Ceratonia siliqua L.
دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

The results showed the superiority of the 90% sulfuric acid treatment for 30–60 minutes, which recorded the highest germination rates, ranging between 88% and 99%. On the other hand, mechanical scarification combined with soaking in distilled water demonstrated comparable efficiency in germination rates, making it an effective and more environmentally safe alternative.
Keywords: *Ceratonia siliqua*; Physical dormancy; Dormancy breaking; Seed coat; Mechanical scarification; Gibberellic acid.

1. المقدمة

يُعدّ الخروب *Ceratonia siliqua* L. من أبرز الأشجار الشجيرية دائمة الخضرة في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، إذ يتمتع بقدرة استثنائية على تحمّل الجفاف وملوحة التربة وقسوة الظروف البيئية. وفي سياق التغيرات المناخية المتسارعة والضغوط المتزايدة على النظم البيئية الهشّة، برز الخروب كخيار نباتي استراتيجي في مشاريع إعادة التشجير وصون التنوع البيولوجي (Bari *et al*, 2021).

يُعتبر الخروب مكوناً أساسياً في الغطاء النباتي لغابات الماكيا في منطقة الجبل الأخضر بليبيا، حيث ينمو مترافقاً مع أنواع محلية بارزة كالعرعر الفينيقي، والزيتون البري. وعلى الرغم من هذه الأهمية البيئية، تواجه عمليات إكثاره البذري (الجنسي) تحدياً بيولوجياً كبيراً؛ يتمثل في ظاهرة السكون الفيزيائي العميق الناتجة عن صلابة الغلاف الخارجي للبذرة ومقاومته الشديدة لنفاذ الماء(Baskin and Baskin, 2014).

نظراً لتدني نسبة إنبات بذور الخروب غير المعالجة، والتي لا تتجاوز 10–28% حتى تحت الظروف البيئية المثلى(Yatim et al., 2020)، تُعد التهيئة المسبقة خطوة حاسمة لا غنى عنها لإنجاح عملية الإكثار. ولتجاوز عقبة السكون، تبرز عدة تقنيات شائعة وفعالة، من أهمها: النقع في الماء (بدرجات حرارة مختلفة)، والمعالجة الكيميائية بحمض الكبريتيك (Nasiri & Eisavand, 2001)، والخدش الميكانيكي (Kruger et al., 2018). وفي هذا الإطار، يهدف هذا البحث إلى إجراء مقارنة تطبيقية لتقييم فاعلية كل

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

من الماء المقطر وحمض الكبريتيك كطريقتين أساسيتين لتهيئة البذور، استناداً إلى عينات مجمعة من النظم البيئية لمنطقة الجبل الأخضر.

2. المواد والطرق

2.1 منطقة الدراسة وجمع العينات

تم جمع البذور من أشجار خروب برية بالغة النمو في عدة مواقع ضمن منطقة الجبل الأخضر (بلاقراع، المرج، والسلنطة) خلال فصل الخريف، وذلك بالتزامن مع اكتمال النضج الفسيولوجي للقرون. ولضمان التمثيل الدقيق للتنوع الوراثي داخل العشيرة النباتية، تم اختيار الأشجار الأم (Seed trees) بصورة عشوائية من بيئات متباينة. خُزنت البذور بعد جمعها في ظروف متحكم بها (بيئة جافة عند درجة حرارة 4°م) لحين استخدامها في التجارب المعملية.

2.2 المعاملات التجريبية لكسر السكون

قُسمت البذور إلى مجموعات لتطبيق سلسلة من المعاملات الفيزيائية والكيميائية، شملت:

2.2.1 المعاملات المائية والفيزيائية:

- المجموعة الضابطة (Control): بذور تُركت دون أي تدخل (شاهد).
- النقع البارد: الغمر في ماء مقطر بدرجة حرارة 20°م لمدة 24 ساعة.
- النقع الدافئ: الغمر في ماء مقطر بدرجة حرارة 40°م لمدة 24 ساعة.
- النقع الساخن: الغمر في ماء مقطر بدرجة حرارة 70°م لمدة 10 دقائق.
- النقع بالغليان: الغمر في ماء مغلي بدرجة حرارة 100°م لمدة 5 دقائق.

2.2.2 المعاملات الكيميائية (حمض الكبريتيك H_2SO_4)

- النقع في حمض الكبريتيك بتركيزات متدرجة (**90%، 70%،50%**) لفترات زمنية محددة (15، 30، 45، 60) دقيقة.
- النقع في تركيز مكثف (**95%**) لفترتين أقصر (15 و 30) دقيقة.

ملاحظة: خضعت كافة البذور المعاملة كيميائياً للغسيل الفوري والمكثف بالماء المقطر لإزالة أي آثار متبقية للحمض.

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب
Ceratonia siliqua L.
دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

2.3 ظروف الاستنبات والمتابعة

زُرعت البذور داخل أطباق بتري (Petri dishes) معقمة، ومبطنة بورق ترشيح مشبع بالماء المقطر. نُقلت الأطباق إلى حواضن استنبات (Incubators) ضُبطت عند درجة حرارة ثابتة تبلغ 25°م، تحت نظامين للإضاءة (ظلام دامس، أو دورة ضوئية بمعدل 8 ساعات/يوم). تمت مراقبة الإنبات يومياً، واعتُبرت البذرة "نابتة" من الناحية الفسيولوجية بمجرد بروز الجذير وتخطيه حاجز الـ 2 مم.

2.4 المؤشرات الإنباتية المحسوبة

بناءً على القراءات اليومية، تم حساب وتقييم المؤشرات الإنباتية التالية باستخدام المعادلات الرياضية المعتمدة:

2.4.1 نسبة الإنبات النهائية:

$$FGP = (\frac{Ng}{Nt})X100$$

حيث يمثل Ng إجمالي عدد البذور النابتة في نهاية التجربة، و Nt العدد الكلي للبذور التي خضعت للاختبار (ISTA, 2018).

2.4.2متوسط وقت الإنبات:

$$MGT = [\frac{\Sigma(niXti)}{\Sigma ni}]$$

حيث يعبر ni عن عدد البذور النابتة في اليوم المحدد، و ti هو عدد الأيام المنقضية منذ بداية الاستنبات (Ellis & Roberts, 1981).

2.4.3 دليل سرعة الإنبات:

$$GSI = \Sigma[\frac{ni}{ti}]$$

وهو مجموع حواصل قسمة عدد البذور النابتة يومياً (ni) على زمن الإنبات بالأيام (ti) (Maguire, 1962).

2.4.4 قيمة الإنبات:

$$GV = PV\ X\ MDG$$

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب
Ceratonia siliqua L.
دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

حيث PV تمثل قيمة الذروة (Peak Value، أقصى معدل إنبات تراكمي تم تسجيله)، و MDG تمثل متوسط الإنبات اليومي (Czabator) (Mean Daily Germination, 1962).

2.4.5 دليل النشاط الحيوي:

$$VI = FGP\ X\ (Lr + Ls)$$

حيث تُضرب نسبة الإنبات النهائية (FGP) في مجموع متوسط أطوال البادرات، إذ يمثل Lr طول الجذير، و Ls طول الجزء الهوائي (السويقة) (Abdul-Baki & Anderson, 1973).

2.5 قياسات مورفولوجية إضافية:

إلى جانب المؤشرات الرياضية، تم قياس وتسجيل:

- طول الجذير وطول الجزء الهوائي للبادرة (بالملليمتر).
- الكتلة الحيوية (الوزن الطازج والوزن الجاف للبادرات).

3. النتائج والمناقشة

3.1 المقارنة المرجعية في استجابة البذور ذات السكون الفيزيائي للمعاملات المختلفة

تُشير بيانات المقارنة المرجعية الموضحة في الجدول (1) إلى أن معاملة التي لم تعامل قد سجلت أضعف المؤشرات الحيوية على الإطلاق، بنسبة إنبات متدنية لم تتجاوز 28.00% وفترة زمنية ممتدة للإنبات تراوحت بين 30 إلى 40 يوماً (Pérez-García, 2009). علاوة على ذلك، لم يُسهم النقع البسيط في الماء المقطر في تحقيق استجابة فسيولوجية فارقة؛ حيث بقيت نسبة الإنبات محدودة بين 30 و45%، واستغرق الإنبات مدة بلغت من 12 الي 18 يوماً ويُفسر هذا القصور فسيولوجياً بصلابة الغلاف البذري الذي يعمل كعائق ميكانيكي منيع يَحُول دون التشرب ونفاذ الماء، مما يُجبر الجنين النباتي على البقاء مقيداً في حالة سكون وخمول أيضي مستمر (Lamlom & Abdalrasol, 2016)

أسهمت معاملات الكسر الكيميائي والحراري في إحداث تحسن جوهري لكسر سكون البذور، يظهر بوضوح تفوق التركيز العالي (90-95%) الذي رفع نسبة الإنبات إلى

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب
Ceratonia siliqua L.
دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

(88 – 95%) واختزل الوقت إلى (3 – 6 أيام) (Gunes et al., 2013)، متفوقاً على التركيز المنخفض (50%) ويُعزى ذلك لقدرة الحمض المركز العالية على حرق وتآكل الطبقة الشمعية والسلولوزية المقاومة في القصرة يتفق ذلك مع (عبد الرزيق، 2018). من جهة أخرى، حققت معاملة الماء المغلي (100°م) نتائج متقدمة بنسبة إنبات وصلت إلى (96%) نتيجة للصدمة الحرارية (*Thermal shock*) التي تسببت في تشققات ميكانيكية دقيقة في الغلاف البذري سمحت بنفاذ الرطوبة (الشطشاط وبورزيزة، 2023).

حيث تتربع المعاملة المشتركة (التشريط الميكانيكي + الجبريلين 500ppm) على قمة الاستجابة الحيوية بنسبة إنبات شبه كاملة (98.00%)، والزمن القياسي الأسرع عالمياً ومحلياً (2.88 يوماً)، مع تسجيل القيمة الأعلى في نمو واستطالة الجذير (عبد الرزيق، 2018).

جدول (1) المقارنة المرجعية في استجابة البذور ذات السكون الفيزيائي للمعاملات المختلفة

المعالجة	طول الجذر (سم)	متوسط وقت الانبات(يوم)	نسبة الانبات%
بدون معالجة	منخفض جدا	30–40	28–5.99
تقع في ماء مقطر فقط	متوسط	18–12	30–45
تشريط ميكانيكي + ماء مقطر	مرتفع	7–4	99–88
حمض الكبريتيك 50%	مرتفع	9–5	88–70
حمض الكبريتيك 90–95%	مرتفع جدا	6–3	95–88
ماء مغلي (100°م)	متوسط–مرتفع	10–6	96–80
تشريط ميكانيكي + جبريلين 500ppm	الأعلى	2.88	98

3.2 تأثير المعاملات الحيوية على صفات نمو البذور

أظهرت نتائج جدول (2) وجود تأثير معنوي عند مستوى ($p < 0.05$) لجميع معاملات كسر السكون المطبقة مقارنة بالمجموعة الضابطة (الكنترول). وتؤكد هذه الاستجابة بشكل قاطع أن البذور قيد الدراسة تمتلك سكوناً فيزيائياً (Physical dormancy) ناتجاً عن

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب
Ceratonia siliqua L.
دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

غلاف بذري (قصرة) سميك وكتيم يمنع نفاذية الماء والغازات اللازمة لبدء الاستطالة الحيوية، وهو ما يتوافق تماماً مع الأطر والتقسيمات الفسيولوجية لآليات كسر السكون في البذور الصلبة (Baskin and Baskin, 2014).

عند تقييم كفاءة المعاملات، حققت المعاملة المشتركة المتمثلة في (التشريط الميكانيكي متبوعاً بحمض الجبريلين 3GA بتركيز 500ppm) تفوقاً إحصائياً مطلقاً، حيث سجلت أعلى نسبة إنبات بلغت (98.00%)، وأطول جذير بمعدل (9.50 سم)، بالإضافة إلى تحقيقها الزمن الأسرع معنوياً للإنبات بواقع (2.88 يوماً).ويُعزى هذا السلوك الفسيولوجي المتميز إلى التكامل الحركي بين المعاملتين، إذ نجح التشريط الميكانيكي أولاً في تحطيم العائق الفيزيائي الخارجي للغلاف البذري، مما مَهّد الطريق للنفاذ الفوري والمباشر لحمض الجبريليك (*GA3*) إلى أنسجة الجنين الداخلية. هذا النفاذ حفّز بدوره التعبير الجيني المسؤول عن تنشيط وتخليق إنزيمات الألفا–أميليز، والتي لعبت الدور الأساسي في تسريع الميتابوليزم الخلوي عبر هدم وتحلل المواد الغذائية المعقدة المخزنة في السويداء وتحويلها إلى سكريات بسيطة تدفقت مباشرة نحو القمة النامية للجذير لتغذية استطالته الخلوية السريعة (Miransari and Smith, 2014).

أما فيما يتعلق بمعاملات حمض الكبريتيك (H_2SO_4)، فقد كشفت المقارنات الإحصائية عن تفوق واضح ومعنوي للتركيز العالي مقارنة بالتركيز المنخفض، حيث تقلص متوسط وقت الإنبات إلى (4.50 أيام) في معاملة التركيز العالي، مقارنة بـ (7.00 أيام) لدى تطبيق التركيز المنخفض (جدول (2)). وتتطابق هذه النتائج وثيقاً مع السلوك الحيوي والفسيولوجي الموثق في المراجع العلمية بشأن كفاءة الأحماض المركزة في تآكل الأغلفة الصلبة لكسر سكون بذور النباتات الشجرية والبقولية (Pérez-García, 2009).

جدول (2): مدى تأثير المعاملات الحيوية على صفات انبات بذور الخروب

المعاملة التجريبية	نسبة الانبات (%)	متوسط وقت الانبات (يوم)	طول الجذير (سم)
بدون معاملة (كنترول)	17.00 ± 2.25^{f}	16.50 ± 1.05^{a}	1.20 ± 0.15^{e}
نقع في الماء المقطر فقط	37.50 ± 1.85^{e}	15.00 ± 0.95^{a}	3.50 ± 0.25^{e}

تقييم كفاءة الماء المقطر وحمض الكبريتيك في تحفيز إنبات ونمو بذور الخروب
Ceratonia siliqua L.
دراسة محلية في الجبل الأخضر، ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

المعاملة التجريبية	نسبة الانبات (%)	متوسط وقت الانبات (يوم)	طول الجذير (سم)
تشريط ميكانيكي + ماء مقطر	93.50 ± 1.20^{bc}	5.50 ± 0.45^{c}	6.80 ± 0.35^{bc}
حمض الكبرتيك 50%	79.00 ± 2.10^{d}	7.00 ± 0.50^{b}	5.90 ± 0.40^{cd}
حمض الكبرتيك 50–95%	91.50 ± 1.05^{c}	4.50 ± 0.35^{cd}	7.80 ± 0.30^{b}
ماء مغلي (100م^{0})	88.00 ± 1.95^{c}	8.00 ± 0.60^{b}	5.20 ± 0.45^{d}
تشريط ميكانيكي +جبريلين ppm500	98.00 ± 0.50^{a}	2.88 ± 0.15^{d}	9.50 ± 0.50^{a}

4. الاستنتاجات والتوصيات

4.1 الاستنتاج

يُجسّد هذا البحث مساهمةً علمية في فهم آليات التهيئة المسبقة لبذور الخروب من منطقة الجبل الأخضر بليبيا، ويؤكد أن السكون الفيزيائي المرتبط بقساوة الغلاف البذري وعدم نفاذيته يمثّل العائق الرئيسي أمام إنبات هذه البذور. وتُعدّ معالجة التشريط الميكانيكي مع النقع في الماء المقطر أو معالجة حمض الكبريتيك الفعّالة الأبرز توافقاً مع الاحتياجات المزدوجة للإنتاجية العالية والسلامة البيئية.

4.2 التوصيات

- اعتماد التشريط الميكانيكي المدمج مع النقع في ماء مقطر في مشاتل التشجير الميدانية لبساطته وأمانه البيئي.
- استخدام حمض الكبريتيك بتركيز 70–90 % لمدة 30 دقيقة حين تكون السرعة ومعدلات الإنتاج الأولوية.
- إجراء غسيل دقيق بالماء المقطر عقب المعالجة الحامضية لضمان سلامة الجنين.
- الاعتماد على بذور أشجار أمّ متعددة لتحقيق قاعدة جينية متنوعة تدعم التكيف مع التغير المناخي.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

- توسيع نطاق الدراسة ليشمل مراحل ما بعد الإنبات وتطور الشتلات في ظروف الجبل الأخضر البيئية.
- إشراك المجتمعات المحلية في برامج إكثار الخروب وتوفير الدعم التقني للمشاتل الأسرية.

5. الخاتمة

في ضوء النتائج المتحصل عليها، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة مجموعة من المعاملات الفيزيائية والكيميائية في كسر السكون الفيزيائي لبذور الخروب (*Ceratonia siliqua L.*) المجمعة من منطقة الجبل الأخضر بليبيا، من خلال دراسة تأثير الماء المقطر وحمض الكبريتيك والتشريط الميكانيكي وبعض المعاملات المركبة في تحسين نسبة الإنبات وسرعته ومؤشرات النمو الأولي.

أظهرت النتائج أن البذور غير المعالجة، وكذلك البذور المنقوعة في الماء المقطر فقط، سجلت أدنى معدلات الإنبات، مما يؤكد أن صلابة الغلاف البذري وعدم نفاذيته للماء يمثلان العائق الأساسي أمام الإنبات الطبيعي. وفي المقابل، حققت معاملات التشريط الميكانيكي والمعالجة بحمض الكبريتيك تحسناً ملحوظاً في مختلف المؤشرات الإنباتية. وقد سجلت المعاملة المركبة بالتشريط الميكانيكي وحمض الجبريليك (GA3) بتركيز 500 جزء في المليون أفضل النتائج، بنسبة إنبات بلغت 98%، ومتوسط وقت إنبات قدره 2.88 يوم، وطول جذير بلغ 9.5 سم. كما أظهرت معاملة التشريط الميكانيكي متبوعاً بالنقع في الماء المقطر كفاءة مرتفعة، بنسبة إنبات بلغت 93.5%، مما يجعلها بديلاً عملياً وأكثر أماناً من الناحية البيئية. وتؤكد هذه النتائج أهمية اختيار المعاملة المناسبة لكسر السكون الفيزيائي، مع مراعاة التوازن بين كفاءة الإنبات وسرعته والسلامة البيئية. كما تبرز إمكانية الاستفادة من هذه المعالجات في تطوير تقنيات إكثار الخروب المحلي، ودعم برامج إعادة التشجير والمحافظة على التنوع البيولوجي واستعادة الغطاء النباتي الطبيعي في منطقة الجبل الأخضر.

وفي الختام، تمثل هذه الدراسة مساهمة علمية وتطبيقية في مجال فسيولوجيا البذور وإكثار النباتات المحلية، وتوفر أساساً لدراسات مستقبلية تهتم بمتابعة نمو الشتلات وقدرتها على

التأقلم والبقاء في الظروف البيئية الطبيعية، بما يدعم استدامة الموارد النباتية والمحافظة على شجرة الخروب باعتبارها أحد المكونات المهمة للبيئة الليبية.

6. المراجع

الشطشاط، س. وبورزيزة، ف. (2023). دراسة بيئية فسيولوجية لنبات الخروب (*Ceratonia silique* L) بمنطقة الجبل الأخضر. مجلة أكاديمية الجبل للعلوم الأساسية والتطبيقية، جامعة بنغازي، ليبيا.

عبد الرزيق، أ. أ. (2018). تحسين استنبات بذور أشجار الخروب (*Ceratonia siliqua* L) باستخدام طرق معالجة مختلفة. مجلة المختار للعلوم، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, *13*(6), 630–633.

Bari, A., et al. (2021). Ecology, genetics, and conservation of *Ceratonia siliqua* L. in the Mediterranean: A nature-based solution for degraded ecosystem restoration. *Forest Ecology and Management*.

Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2nd ed.). Academic Press.

Czabator, F. J. (1962). Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*, *8*(4), 386–396.

Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, *9*(2), 373–409.

Gunes, E., Gubbuk, H., Ayala-Silva, T., Gozlekci, S., & Ercisli, S. (2013). Effects of various treatments on seed germination and growth of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Pakistan Journal of Botany*, *45*(4), 1173–1177.

ISTA (2018). *International rules for seed testing*. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-hy42

Kruger, F. J. L., Araya, H. T., Kleynhans, R., & du Plooy, C. P. (2018). Enhancing seed germination of *Ceratonia siliqua* L. for large scale production in southern Africa. *Acta Horticulturae*, *1204*, 139–142.

Lamlom, S. & Abdalrasol, E. M. (2016). Effects of Various Pre-Sowing Treatments on Seed Germination of Carob (Ceratonia siliqua L.) From Al-Jabal Al-Akhdar Area (Balagrae, Al-Baida, Libya). Academic Journal of Plant Sciences.

Maguire, J. D. (1962). Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, *2*(2), 176–177.

Miransari, M., & Smith, D. L. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, *99*, 110-121.

Nasiri, M. & Eisavand, H. R. (2001). Evaluation the effect of sulfuric acid on dormancy break and germination of Albizia julibrissin and Ceratonia siliqua seeds. Iranian Journal of Genetic and Breeding Researches of Pasture and Forest Plants, 8: 95–111.

Pérez-García, F. (2009). Germination characteristics and intrapopulation variation in carob (Ceratonia siliqua L.) seeds. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *7*(2), 398-406.

Yatim, M., El Kahkahi, R., Es-Sbata, I., El-Askri, T., El Oirdi, S., Lakhlifi, T., Belhaj, A., Hafidi, M., & Zouhair, R. (2020). Effects of pre-sowing treatments and abiotic stress on the germination of *Ceratonia siliqua* seeds of four Moroccan biomes. *Annual Research & Review in Biology*, *35*(12), 11–31.