



## מחפפות דרוס- "חמס פי الفضاء"- من أكلة قديمة إلى أكلة مستقبلية تجربة زراعة الحمص في ظروف استثنائية في الفضاء بطرق بصرية وراثية

الدرس 4: تجربة زراعة الحمص في محطة الفضاء الدولية بطرق بصرية وراثية، وعلى سطح  
الكرة الأرضية في المدارس في إسرائيل

### معلومات عامه

#### معلومات عامة

- **عنوان الدرس:** تجربة زراعة الحمص في محطة الفضاء الدولية بطرق بصرية وراثية، وعلى سطح الكرة الأرضية في المدارس في إسرائيل
- **المجالات المضامينية:** فضاء، علوم، زراعة، دراسات إسرائيلية، فكر وفلسفة
- **جمهور الهدف:** المرحلة الابتدائية، صفوف الروابع، الخوامس والسادس
- **المدة الزمنية:** درس مزدوج 90 دقيقة
- **أهداف الدرس:**
  - يتعلم الطلاب/الطالبات أسس البحث العلمي، سيرورة التجربة العلمية، مراحلها وطرق تحضيرها.
  - يشاهد ويتعلم الطلاب/الطالبات كيفية إجراء تجربة زراعة الحمص في الفضاء من قبل رائد الفضاء إيتان ستييه في مهمة "زكع"
  - يجري الطلاب/الطالبات التجربة العلمية "حمص في الفضاء" في غرفة الصف، ويتعلمون كيف تشكل التجربة العلمية التي تنفذ على سطح الكرة الأرضية مجموعة رقابة للتجربة العلمية في محطة الفضاء الدولية.
- **قائمة وسائل مساعدة للدرس:** حقيبة أدوات تجربة "حمص في الفضاء" والتي تحتوي على: 6 أوعية من الكرتون (3 مع شريحة عرض حمراء، 3 مع شريحة عرض شفافة)، 6 أصص للزراعة تحتوي على جل أغار مخصب في 6 قوالب ألومنيوم، كيس حمص من نوع "زهافيت" وفيه 60 بذرة؛ ملاقط؛ ماء جافيل (كلور) مخفف؛ ملصقات؛ حاسوب-جهاز عرض؛ فيديو تحضير حقيبة أدوات تجربة "حمص في الفضاء"؛ بوسترات لمخططات المعلومات: "الحمص- من أكلة قديمة إلى أكلة مستقبلية"، "حمص في الفضاء- زراعة الحمص في ظروف استثنائية بطرق بصرية وراثية- التجربة".  
جميع وسائل المساعدة مبيّنة في المكان المناسب في مخطط الفعاليات هذا.





### ● ملخص:

سنجري في هذا الدرس التجربة الفريدة من نوعها لاستنبات الحمص في الفضاء وزراعته في ظروف ضوئية مختلفة، وذلك في نفس الوقت: في السماء - على سطح محطة الفضاء الدولية بطرق وراثية بصرية - وعلى سطح الكرة الأرضية في المدارس بواسطة التعرض لأطوال موجات ضوئية مختلفة. الدرس مكون من ثلاثة أجزاء: في الجزء الأول، يتعلم الطلاب/الطالبات أسس البحث العلمي، سيرورة التجربة العلمية، مراحلها وطرق تحضيرها. سيضعون أيضًا فرضية لتجربة استنبات "الحمص في الفضاء" والتي ستجرى على سطح الكرة الأرضية، في إسرائيل وتحديدًا في غرفة الصف، وفقًا لمبادئ التجربة العلمية؛ في الجزء الثاني، سيشارك الطلاب إيتان ستييه يجري التجربة في الفضاء (ببث مباشر أو بواسطة فيديو سيُعرض للطلاب/الطالبات؛ في الجزء الثالث، سيحضّر الطلاب/الطالبات حقيبة الأدوات لتجربة "حمص في الفضاء". من ثم سيجري الطلاب مراحل التجربة، مع العلم أن التجربة في الصف هي مجموعة الرقابة على سطح الكرة الأرضية للتجربة التي تنفذ في محطة الفضاء الدولية.

● مصطلحات رئيسية: بحث علمي، تجربة علمية، إثراء علمي، علم البصرييات الوراثية، طيف، الجاذبية الصغرى، مجموعة رقابة

### ● ملاحظات:

1. انتبهوا: مدة الدرس هي 90 دقيقة
2. يتوجب على المعلم/ة تحضير أوعية الكرتون الـ 6 مسبقًا، قبل الدرس. يوصى بالاستعانة بطلاب متطوعين. هناك شرح مفصّل في نهاية مخطط الدرس الحالي - [رابط](#).
3. فيديو إرشادي لبناء الأوعية في الرابط التالي: [https://youtu.be/7PK\\_8KGWOLC](https://youtu.be/7PK_8KGWOLC)
3. يتوجب على المعلم/ة تحضير محلول الأغار مسبقًا ووضعه على قوالب الألومنيوم الستة. يجب أيضًا تعقيم بذور الحمص مسبقًا، في أقرب موعد ممكن من موعد الدرس. تعليمات تحضير محلول الأغار وتعقيم بذور الحمص مرفقة في الملحق في نهاية مخطط الدرس - [رابط](#).
4. يتوجب على المعلم/ة تحضير طاولتين. طاولة بالقرب من نافذة الصف وتوضع عليها أوعية التجربة الجاهزة؛ وطاولة أخرى، توضع عليها مكونات حقيبة التجربة لتستخدم عند تنفيذ التجربة في الصف.





חומס בחלל

## מحتوى الدرس

### מبنى الدرس وتقسيم الوقت:

المراحل:	المدة الزمنية لكل مرحلة
المرحلة الأولى: تعليم الطلاب/الطالبات أسس البحث العلمي، سيرورة التجربة العلمية، مراحلها وطرق تحضيرها؛ صياغة فرضية تجربة "حمص في الفضاء" ومراحلها التي ستنفذ في الصف	40 دقيقة
المرحلة الثانية: مشاهدة إيتان ستييه يجري التجربة في محطة الفضاء الدولية في إطار مهمة "ركيع"	15 دقيقة
المرحلة الثالثة: إجراء تجربة زراعة واستنبات الحمص في ظروف ضوئية مختلفة في الصف	30 دقيقة

### المرحلة الأولى:

#### المدة الزمنية: 40 دقيقة

المضمون: تعليم أسس البحث العلمي، سيرورة التجربة العلمية، مراحلها وطرق تحضيرها؛ صياغة فرضية تجربة "حمص في الفضاء" ومراحلها التي ستنفذ في الصف

#### الشريحة 1

سيجري اليوم الدرس الاحتفالي لتجربة زراعة واستنبات الحمص في الصف وعلى سطح محطة الفضاء الدولية. يتمحور الجزء الأول من الدرس حول الجوانب النظرية للبحث العلمي وأسس التجربة العلمية ومراحلها. تكمن أهمية هذا الجزء في تعريف الطلاب/الطالبات بمصطلحات وخلفية التجربة العلمية "حمص في الفضاء" التي ستمكنهم من اتباع طريقة أكثر منهجية وتطوير منظور نقدي تجاه سيرورة التجربة، وذلك في محطة الفضاء الدولية وفي الصف.

#### الشريحتان 2+3

يهدف العلم إلى بحث ظواهر علمية وفهم وشرح العالم بطريقة أفضل - وذلك من أجل اكتساب المعرفة والاستفادة. يركز البحث العلمي على مشاهدات، تجارب، قياسات وقوانين التفكير.

المخطط الانسيابي للبحث العلمي هو:

<sup>1</sup> نهاية البحث العلمي هي عرض سيرورة البحث: في مجال العلوم، المعرفة الجديدة الناتجة عن سيرورة البحث تشكل قاعدة لمتابعة سيرورة بحث وبناء معرفة إضافية. من هنا تنبع أهمية عرض سيرورة البحث وتعميمها. في درسنا الحالي - لن نتناول هذه القضية.





## יסודות החקר המדעי תהליך הניסוי המדעי, מהלכיו ודרכי הכנתו

חשיפה לתופעה (התרחשות, חזיון, עובדה או צורה החוזרת על עצמה): סקרנות לגבי התופעה/ התקיימות מצב הדורש פתרון/ענין בתגלית חדשה

v

העלאת שאלות בעקבות החשיפה לתופעה הדורש פתרון/ענין בתגלית חדשה

v

ביצוע ניסוי לבדיקת פתרונות לשאלה (הסבר התופעה):



2.

העלאת השערות חקר	ניסוח שאלת חקר
ניסוח תשובה אפשרית – אומדן, סברה, הנחה המבוססת על שיקול דעת (תתכן יותר מהשערה אחת) לשאלת החקר, המבטאת את מידת/אופן ההשפעה של הגורם המשפיע (המשתנה הבלתי תלוי) על הגורם המושפע (המשתנה התלוי).	ניסוח שאלה מדויקת וממוקדת הניתנת לבדיקה באמצעים אמפיריים. במקרים רבים שאלת החקר מתייחסת לקשר שבין גורם מסוים – משפיע (משתנה בלתי תלוי) לבין תהליך או תופעה – מושפעים (משתנה תלוי)
עיצוב, ייצוג ודיווח על תוצאות	תכנון וביצוע פעולת החקר (ניסויים ותצפיות)
תיאור מדויק, איכותי וכמותי של תצפיות או של תוצאות ניסויים (ממצאים, נתונים, עובדות שהתקבלו ונמדדו בניסוי). שלב זה כרוך בעיצוב נתונים (חישובים כמונתיים) ובייצוג מידע בדרכים שונות: תיאור מילולי, איורים, תרשימי זרימה, בניית טבלאות נתונים, ועוד.	בחירת הדרך המתאימה לבדיקת השערת החקר באמצעות תצפית מכוונת או ניסוי מדעי. תצפית מכוונת אמורה לשקף את המצב האמתי בטבע אך לא ניתן לשלוט בגורמים המשפיעים על התופעה הנחקרת (לבודד משתנים). בניסוי מדעי מתערבים בתופעה, משנים באופן מבוקר גורם אחד בלבד (בידוד משתנים) כדי לבדוק את השפעתו על התופעה הנחקרת. בתכנון וביצוע מקפידים על כל כללי הניסוי המדעי: בידוד משתנים, חזרות (ריבוי פריטים והדירות) ובקורות מתאימות. בביצוע מקפידים על העמדה נכונה של מערכת הניסוי, ביצוע מדידות מדויקות, תפעול נכון של מכשירים ושימוש נכון בחומרים.





### تلخيص مرهلي:

رأينا في الدروس السابقة أنّ التغذية هي شرط للحياة وتلبي حاجة وجودية عميقة ومهمّة – فهي حيوية لبناء الجسم، لأداء وظائفه وللحفاظ على صحته، وهي شرط حتمي لبقاء واستمرارية الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية. تلبي أيضًا احتياجات فسيولوجية ونفسية، ولا حياة بدونها. رأينا أيضًا أنّ النباتات الصالحة للأكل هي حجر أساس في تغذية الإنسان، وتحتاج لظروف معينة لكي تنمو وتوفّر محصولًا صالحًا للأكل. عندما تدارسنا مختلف النباتات الصالحة للأكل، وجدنا أنّ البعض منها مغذٍ وله خصائص مميزة وأفضلية على نباتات أخرى متاحة للإنسان. رأينا أيضًا أنّه في محطة الفضاء الدولية، وفي كوكب المريخ الذي يسعى الإنسان للوصول إليه، تسود ظروف استثنائية صعبة لزراعة النباتات الصالحة للأكل وللحياة البشرية.

تطمح البشرية في الوقت الحالي للخروج في رحلات فضائية لاكتشاف عوالم جديدة واستعمار كواكب سيارة أخرى. لتحقيق ذلك، يتجنّد المجتمع العلمي الدولي، علماء من جميع المجالات البحثية: الفيزياء الفلكية، الكيمياء، الزراعة، علم النفس، مهندسون وغيرهم – من أجل إيجاد حلول للحاجة الضرورية والملحة والتي بدونها لا يمكن تحقيق هذه الطموحات: تغذية رواد/رائدات الفضاء في الظروف الاستثنائية السائدة في الرحلات الطويلة بين الكواكب.

أحد العلماء والباحثين الراغبين في مواجهة هذا التحدي هو الباحث الإسرائيلي د. يونتان فينطراوب، وهو دكتور في الفيزياء الحيوية في جامعة ستانفورد، والذي التقينا به في الدرس الثالث. رأينا كيف طرح وطوّر د. يونتان وفريقه فكرة التجربة التالية التي تفحص ما إذا يمكن التأثير على زراعة نبات صالح للأكل في الظروف السائدة في محطة الفضاء الجوية، بطرق بصرية وراثية. والنبات الذي اختير للتجربة هو...؟ (إجابة الطلاب: الحمص الشائع، الحمص).

### لنعدّ مرة أخرى إلى السؤال لماذا اختار العلماء الإسرائيليون الحمص لمهمّة "زكي"؟

الإجابة: الحمص، أو الحمص الشائع، هو نبات متكيف، ويتمتع بقدرة عالية على الصمود. يعتبر غذاءً عالي الفائدة من حيث قيمه الغذائية، محصوله وفير ويمكن استخدامه بطرق عديدة، وما لا يقل أهمية عن ذلك: للحمص قيمة ثقافية وعاطفية تحيي الذكريات وتثير الحنين للبيت والعائلة. ومعلومة أخيرة ومهمّة: إنّهُ غذاء مُشبع، مريح وشهي.

### الشرية 4

لنعدّ مرة إلى التحديات القائمة في ظروف زراعة نباتات صالحة للأكل، مع التشديد على نبات الحمص، في محطة الفضاء الدولية (الظروف السائدة أثناء الرحلة الفضائية بين الكواكب). لا يمكننا التنبؤ بالظروف البيئية السائدة في كواكب أخرى، ولكن هناك أبحاث تحلل الظروف السائدة على سطح القمر وفي المريخ – وهما وجهة رحلات الفضاء البشرية مستقبلاً. يفترض العلماء أنّ بعض الحلول البيئية لزراعة النباتات الصالحة للأكل في محطة الفضاء الدولية ستطبق أيضًا عند محاولة استيطان القمر والمريخ. سنرى معًا كيف ستقوم التجربة العلمية – الزراعية لزراعة الحمص بفحص الحلول لتحديات زراعة نباتات صالحة للأكل في محطة الفضاء الدولية، والتي ناقشناها مسبقًا، وعلى أي منها يتم التركيز أساسًا.





لكي تنبت<sup>2</sup> بذرة الحمص ومن ثم تنمو، وهو الأهم- يجب توفير الظروف البيئية التالية التي تلبي الاحتياجات الوجودية للنبات: أرض- مستنبت<sup>3</sup>، ماء/رطوبة<sup>4</sup>، ضوء<sup>5</sup>، هواء (تركيز غازات، خاصة الأكسجين<sup>6</sup>) ودرجة حرارة<sup>7</sup>.

لنفحص الآن ما هي التحديات البيئية لزراعة نبات الحمص في محطة الفضاء الدولية، وما هي الحلول البيئية قيد التطوير لمواجهة هذه التحديات:

الظروف المطلوبة/الحاجة الوجودية	التحدي للنبات	حل محتمل/بدائل قائمة	حل محتمل/بديل في تجربة زراعة الحمص في محطة الفضاء الدولية
أرض	غياب الأرض	زراعة نباتات صالحة للأكل بطريقة الزراعة المائية <sup>8</sup> /الزراعة الهوائية <sup>9</sup> ، صنع مستنبت معزول عن الأرض أو خلق بديل للتربة بواسطة الأغار الغني بالمعادن ومواد مشابهة له	زراعة الحمص على مستنبت معزول عن الأرض: خلق بديل للتربة بواسطة الأغار المخصب
الماء	غياب الماء	إعادة تدوير سوائل الإنسان والنباتات، إنتاج الماء بطريقة كيميائية. استخدام بديل للتربة يحتوي على سائل- الأغار الغني بالمعادن ومواد مشابهة له	استخدام بديل للتربة يحتوي على سائل- الأغار الغني بالمعادن الذي يحتوي على سائل كمستنبت لزراعة الحمص
درجة الحرارة	درجة حرارة متطرفة	ضبط درجة الحرارة بواسطة آلات	ضبط درجة الحرارة المطلوبة لنمو نبات الحمص بواسطة آلات <sup>10</sup>
الهواء	تركيز غازات لا يسمح بإنتاج الطاقة: غياب ثاني أكسيد الكربون	ضبط مكونات الهواء بوسائل تكنولوجية	ضبط مكونات الهواء الضروري لنبات الحمص بوسائل تكنولوجية
الضوء	غياب الضوء	صنع ضوء اصطناعي استخدام موجات ضوئية مختلفة لتنظيم النمو والتحكم به لتلبية احتياجات الإنسان.	استخدام أطوال موجات ضوئية مختلفة لتنظيم إنبات ونمو الحمص والتحكم به لتلبية احتياجات الإنسان.
الإشعاع	إشعاع خطر	التدريع (الوقاية) بواسطة المركبة الفضائية	التدريع من الإشعاع على الحمص بواسطة المركبة الفضائية

<sup>2</sup> دورة نمو النبات: ينمو النبات من بذرة. لنتمكن من زراعة النبات في محطة الفضاء الدولية وعلى سطح كواكب أخرى، علينا خلق عملية تسمح للبذرة بأن تنبت (الانتقال من حالة "السكون" [بذرة جافة لا تنبت] إلى حالة النبات النشط)، ومن ثم يمكننا النمو بشكل ثابت إلى أن تصبح نباتاً ناضجاً ينتج الزهور، الثمار والبذور. البذور تربط بين جيل واحد من النبات بالجيل الذي سيأتي بعده. جنين البذرة يحمل المعلومات الوراثية التي تنتقل من جيل لآخر. بعد أن تنبت البذرة في ظروف ملائمة، ينمو نبات جديد. على مدار سنوات طويلة من التقدم، تطورت لدى النباتات اليات لمراقبة موعد الإنبات وملاءمته للظروف البيئية. تركز هذه الآليات على قدرة البذرة على استشعار الإشارات البيئية التي تدل على الظروف البيئية السائدة، مثل: توفر الماء، عدد ساعات الضوء وجودته، ودرجة الحرارة.

<sup>3</sup> يوفر البنية التحتية للماء والمعادن التي تحتاج إليها البذرة لتنمو.

<sup>4</sup> كمية الماء في البذور قليلة جداً، وبالتالي فإن الفعالية فيها محدودة، ويمكنها الصمود في ظروف صعبة. لكي تنبت، تحتاج البذرة لامتصاص الماء بكمية تجعلها تنتفخ إلى أن تتشقق القشرة. للماء دور حيوي أيضاً في العمليات الإنزيمية لاستغلال الطاقة، وتفكيك وتركيب المواد.

<sup>5</sup> بذرة الحمص تنبت أيضاً في الظلام.

<sup>6</sup> العمليات المختلفة في الإنبات تتطلب الأكسجين. تركيز الأكسجين مهم، ويحتاج الإنبات لخليط تكون فيه نسبة الأكسجين 21%، كتركيزه في الهواء. يتحسن الإنبات مع ارتفاع تركيز الأكسجين، وانخفاض تركيزه يبطئ من عملية الإنبات. نسبة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء تؤثر على الإنبات بشكل معاكس.

<sup>7</sup> درجة الحرارة المطلوبة للإنبات تختلف من نبات لآخر. درجة الحرارة المثالية للنباتات هي غالباً 30 درجة مئوية.

<sup>8</sup> الزراعة المائية: طريقة لزراعة النباتات في مستنبت منفصل، بدون استخدام آلية التغذية عن طريق التربة.

<sup>9</sup> زراعة مائية متقدمة. خلافاً لسانن طرق الزراعة المائية حيث تتواجد جذور النبات في هذه المرحلة أو غيرها داخل الماء (في دلو ماء أو داخل شريط مائي دقيق)، تتواجد جذور النباتات في الزراعة الهوائية في الهواء، وتتلقى الحل الغذائي بواسطة التنقيط أو التعطيم فوقها مباشرة.

<sup>10</sup> لدرجة الحرارة دور مهم في موعد الإنبات. قدرة النباتات على تمييز درجات الحرارة ضرورية جداً لتوقيت إنباتها. تقيس النباتات درجات الحرارة يومياً، تحسب إجمالي كمية الحرارة التي امتصتها، فقط عندما تبلغ النتيجة الرقم المناسب، تبرع النباتات.





החזר המדי	חזר מחדוד	זרע עמודי לנבטת סלח ללכל الرّصّ	זרע נבט חמّص دحل وعاء مغلق ومُهَوّى <sup>11</sup>
الجاذبية الصغرى (قوة الجاذبية عديمة الأثر)	بانعدام الوزن، يحدث خلل في اتجاه النمو	تجارب في ظروف الجاذبية الصغرى لفحص الحلول على المستوى الخلوي لتحديد اضطرابات النمو	زراعة الحمّص ظروف الجاذبية الصغرى لفحص الحلول على المستوى الخلوي لتحديد اضطرابات النمو

**انتبهوا إلى أنّ بعض التحديات البيئية الصعبة معلّمة بلون مختلف، وهي الظروف التي يتم فحص تأثيرها في تجربة "حمّص في الفضاء".** سنفحص نحن أيضًا تأثير بعض هذه الظروف في التجربة التي سنجرّبها في الصف. قبل مشاهدة رائد الفضاء إيتان ستييه يجري التجربة في محطة الفضاء الدولية الواقعة على ارتفاع 400 كم من سطح الكرة الأرضية في إطار مهمة "ركيع"، علينا فهم وتحليل التجربة المرتقبة وفقًا لمعايير التجربة العلمية، وسنفهم مكانة ودور التجربة التي نجرّبها نسبةً إلى تجربة رائد الفضاء.

بما أنّ الظروف البيئية السائدة في محطة الفضاء الدولية وعلى سطح الكرة الأرضية في المدارس مختلفة عن بعضها بعضًا - ستكون تجربة الكرة الأرضية مجموعة رقابة لتجربة الفضاء. أي أننا سنقوم، كعلماء/عالمات صغار/صغيرات بإجراء التجربة كمجموعة رقابة: لن نفحص الآثار المختلفة على زراعة نبات الحمّص، بل سنركّز على طرفين اثنين - متغيرين باللغة العلمية، وسنفحصهما في التجربة. الطرف الأول: الضوء، سنفحص كيف يؤثر على زراعة الحمّص. الطرف الثاني - الزراعة على أغار مخصّب.

**سؤال: ما هو الطرف الذي لا نستطيع إطلاقًا فحص أثره على سطح الكرة الأرضية؟**

**جواب:** ظروف الجاذبية الصغرى. فهي تسود فقط في محطة الفضاء الدولية.

**سؤال:** ما هي الظروف البيئية المتطرفة (وهي حاجة وجودية للنبات) التي يُفحص أثرها في تجربة "حمّص في الفضاء" وأيضًا في التجربة التي نجرّبها على سطح الكرة الأرضية؟

**جواب:** بديل للأرض، بديل للأرض يحتوي على ماء، حيز مادي محدود، والأهم - الضوء - الإضاءة على النبات.

<sup>11</sup> تُشعر النباتات أيضًا باللمس المباشر. لا تحب النباتات اللمس، فاللمس في الطبيعة يحمل لها بشرى سيئة. أثبتت الأبحاث أنّ النباتات التي تُلمس كثيرًا تميل لوقف نموها، بل وأنها تذبل أحيانًا.





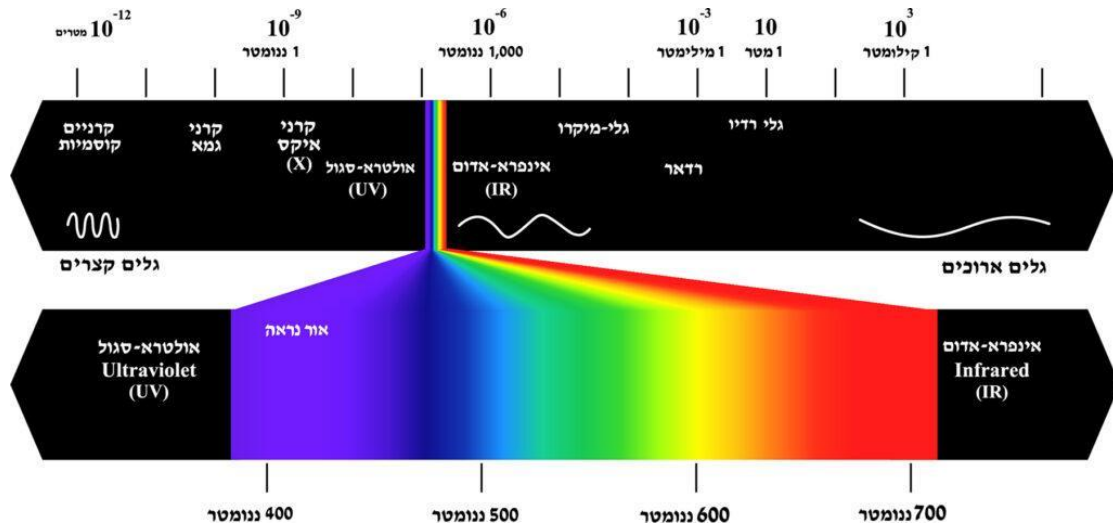


## الشريحة 5

سنوقف هنا عند موضوع الضوء و"لونه"، وهو ظرف رئيسي نفحصه في تجربة "زراعة الحمص في ظروف استثنائية في الفضاء بطرق بصرية وراثية".

مع أنه يبدو لنا عادة أبيض اللون - إلا أنه لا يوجد للضوء لون واحد، فهو قائم كطيف.

طيف الضوء هو سلسلة من أطوال موجات وترددات إشعاع كهرومغناطيسي (نراها بالعين المجرد كفوس ناتج عن تفرع شعاع الضوء بواسطة مشور، أو عند حدوث ظاهرة قوس قزح). الطيف الضوئي المرئي يطلق الضوء باللون الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق والبنفسجي بمختلف درجاته. يوجد لكل لون من الطيف الكهرومغناطيسي المرئي طول موجة خاص به، ويمكنه وصفه بواسطة طول الموجة بالنانومتر. 400 حتى 700 نانومتر هو النطاق الضروري للنباتات والمرئي بالعين البشرية.



في الدروس التي تحدثنا فيها عن الاحتياجات الوجودية للنبات، رأينا أن الضوء ضروري لنمو النبات الذي يعتمد على ضوء الشمس في عملية التمثيل الضوئي. في هذه العملية، يكون الضوء مصدر طاقة لإنتاج السكريات، أي لتغذية النبات من أجل صموده ونموه. للضوء وظائف أخرى أيضاً: الموجات الضوئية الحمراء (موجات طويلة) والزرقات (موجات قصيرة) للطيف، شدة الضوء ومدة الإضاءة - ضرورية لتحفيز إنبات النبات ونموه، ولعملية التكاثر. يستخدم النبات المتبرع عم الطيف الكامل للضوء المرئي، ولكن أطوال الموجات الحمراء والزرقات أهم لعملية التمثيل الضوئي.

جميع الأطوال الموجية الضوئية على النطاق ما بين 400-700 نانومتر تُمتص داخل النبات بكمية متغيرة حسب الوظائف المختلفة في النبات. الأطوال الموجية على الطيف الأحمر والأزرق تُمتص بكميات أكبر، أما اللون الأخضر، وعلى الرغم من حيويته بكمية قليلة ومحددة، فهو ينعكس ليمنح الأوراق لونها الأخضر النمطي.

الفرضية الرئيسية في تجربة "حمص في الفضاء" هي أن استخدام الإضاءة بأطوال موجية مختلفة قد يؤثر على التحكم (تسريع أو إعاقة النمو) ببذرة النبات<sup>12</sup> ومدى نموها.

<sup>12</sup> حساسية البذور للضوء تزداد مع تضخمها، وتبلغ الحساسية أوجها أثناء عملية التضخم وليس بانتهائها. في بعض الأحيان، فإن تخزين البذور في رطوبة عالية نسبياً كاف لجعلها حساسة للضوء. البذور التي تعرضت لتحفيز ضوئي أثناء التضخم ومن ثم جففت فوراً "تتذكر" تأثير التحفيز الضوئي. كان هناك جدل حول الموعد النقي لبُلوغ البذور من مختلف الأصناف ذرة الحساسية للضوء، وكان هناك جدل آخر حول سيرورة تغيير الحساسية للضوء مع مرور الوقت؛ هل تبلغ أعلى مستويات الضوء ومن ثم تقل، أم أنها تبقى بمستوى عال.





في تجربة "حمص في الفضاء"، علم البصرييات الوراثي<sup>13</sup> يعني الاستخدام المراقب لآليات وراثية داخل الخلايا في النبات الذي يتفاعل مع ظروف الضوء، وذلك بهدف ضبط ومراقبة العمليات الحاصلة في النبات.

توجد لجميع النباتات مستشعرات طبيعية تقيس الظروف البيئية وتشغل آلية لضبط وتنظيم النمو (PIF-PHY)، هو عبارة عن "مفتاح" يعمل على الجينات النباتية. يفحص النبات، من جملة أمور أخرى، الظروف الضوئية عند الإنبات: هل النبات موجود تحت أشعة الشمس أم في الظل. "يقيس" ذلك بواسطة استشعار الأطوال الموجية الضوئية، بحيث تتعلق شدة الإضاءة بأشعة الشمس المباشرة أو غيابها (الظل). شدة الضوء العالية تعني أطوال موجية حمراء: تثبت الأبحاث أن الضوء الأزرق يعيق الإنبات<sup>14</sup> وأن تسريع الإنبات، وخاصة النمو، يتأثر بتسليط الضوء الأحمر على النبات<sup>15</sup>. تأثير الإضاءة متعلق أيضاً بشدة (طاقة) الضوء وباستمرارية/مدة الإضاءة. "الظل" يعني غياب الأطوال الموجية الحمراء. في ظروف الظل، يسرع "المفتاح" نمو النبات من أجل "الخروج" من منطقة الظل نحو منطقة الشمس.

يريد علماء تجربة "حمص في الفضاء" أن يعرفوا ما إذا كان "المفتاح" - آلية التسريع والإبطاء - يعمل أيضاً في الظروف الاستثنائية في الفضاء عند استخدام إضاءة اصطناعية (والفحص مستقبلاً ما إذا كان بالإمكان "نسخ" هذه الآلية لتنظيم عمليات إضافية في النبات، كالإزهار، نضج الثمرة وما إلى ذلك). لتحقيق ذلك، ستسلط على بذور الحمص أضواء مختلفة بحسب بروتوكول محدد مسبقاً، وسيفحصون كيف تؤثر الإضاءة وغياب الإضاءة باللون الأحمر على وتيرة نمو نبات الحمص. فرضية البحث هي أنه عند إضاءة اللون الأحمر، فإن وتيرة نمو النبات ستكون ضعفي وتيرة النمو عند إضاءة اللون الأبيض.

بالنسبة للإنبات: يثبت الحمص بغياب الضوء أيضاً. تفحص التجربة استجابة وإنبات النبات في ظروف الجاذبية الصغرى. في ظروف الكرة الأرضية، تطلق البذرة جذيراً ينمو نحو الأسفل وبرعاً ينمو بعيداً عن الجذور، باتجاه الضوء. يريد العلماء أن يفحصوا بأي اتجاهات سينمو الجذير والبرع في ظروف الجاذبية الصغرى. فرضية البحث هي أن اتجاه نمو الحمص سيكون نحو مصدر الضوء.

في تجربة الفضاء، سنرى وعاء زراعة البذور مقسماً إلى قسمين. في أحدهما، ستضاء البذور باللون الأبيض (وفيه طيف اللون الكامل)، وفي الثاني ستضاء البذور بشكل متقطع، وعلى فترات متباعدة، بالضوء الأحمر فقط. وبهذا، سيكون بإمكانهم المراقبة والتحقق مما إذا تباطأ الإنبات أو تسارع وفقاً لأوقات الإضاءة بالضوء الأحمر. بالإضافة إلى ذلك، فإن نتائج النمو في القسم المضاء بالضوء الأحمر في الوعاء ستقارن مع نتائج النمو في القسم المضاء بالضوء الأبيض.

في تجربتنا، سنستخدم فقط وعاء وفيه ضوء أحمر مضاء على بذور الحمص. سنفحص على مدار 14 يوماً ما إذا كانت الإضاءة باللون الأحمر ستسرع من استنبات نبات الحمص ونموه. بالمقابل، سنفحص أثر الضوء الأبيض (وفيه طيف اللون الكامل) على إنبات بذرة الحمص، ومدى نموها. المؤشرات التي سنستخدمها للمقارنة بين النباتات المضاءة بضوء مختلف ستكون: يوم الإنبات، لون النبات، ارتفاع النبات، اتجاه نمو نبات الحمص.

كما جاء أعلاه، لن يتم فحص أثر ظروف الجاذبية الصغرى على سطح الكرة الأرضية.

### والآن، إلى السؤال الرئيسي:

**ما أهمية التنظيم والتحكم بنمو نبات الحمص تحديداً، والنباتات الصالحة للأكل بشكل عام؟**

<sup>13</sup> الطريقة البصرية الوراثية تستند إلى الفرضية بأن الموجات الضوئية تؤثر على المبنى الوراثي في الخلايا الحية، الأمر الذي يسمح بضبط ومراقبة العمليات الخلوية المختلفة، خاصة على المستوى الوراثي. تنظيم ومراقبة خلايا النبات والتحكم بها بطرق بصرية وراثية. تتعكس جميعها في مستوى نموه: التأخير، التسريع، الارتفاع وغير ذلك.

<sup>14</sup> الضوء الأزرق ملانم للمرحلة التي ينمو فيها النبات - (vegetative stage) المرحلة الثمانية ضرورية لنمو جذور قوية، تسريع النمو، الأيض والتمثيل الضوئي المكثف. يمكن استخدام الضوء الأزرق لتنظيم وتيرة النمو. عندما تنشق البذرة وتظهر فوق سطح الأرض وتعرض بشكل طبيعي للضوء الأزرق، فهي تتوقف عن أداء دور الجذر، وتبدأ بأداء دور الشتلة. أي أنها تفتح أوراقها وتنمو باتجاه أقرب مصدر للضوء.

<sup>15</sup> يؤدي اللون الأحمر إلى تفاعل يبدأ التغير الهرموني في النبات والذي يحفز نمو الساق، الإزهار والإثمار وإنتاج الكلوروفيل. الضوء الأحمر هو على ما يبدو أهم ضوء للنباتات. في عملية التمثيل الضوئي، تستطيع النباتات إنتاج الطاقة من الضوء الأحمر بأفضل وأنجع طريقة ممكنة. في الواقع، العديد من النباتات قادرة على النمو بواسطة التعرض للون الأحمر فقط.





جواب: هذه هي الطريقة التي يتبعها الإنسان لبناء حقّ في الفضاء. بناء حقّ في الفضاء يعني تطوير زراعة الفضاء في ظروف استثنائية بقيادة الإنسان، بحيث يمكن للإنسان السفر إلى مختلف الأماكن في الفضاء لمدة طويلة، والحصول باستمرار على الغذاء الضروري للحياة والاستمرارية.





### المرحلة الثانية:

المدة الزمنية: 15 دقيقة

#### الشريحة 8

المضمون: مشاهدة فيديو رائد الفضاء إيتان ستييه وهو يجري تجربة "زراعة الحمص في ظروف استثنائية في الفضاء بطرق بصرية ورائية" في محطة الفضاء الدولية في إطار مهمة "ركيع".

وجّهوا الطلاب للانتباه إلى خطوات وشروحات إيتان ستييه أثناء التجربة.

ما هي وسائل المساعدة التي يجب استخدامها في هذا الجزء: فيديو، جهاز عرض، حاسوب

ملاحظات: موعد إجراء التجربة في الفضاء ومدة الفيديو الكامل قد يتغيران. المعلومات سترسل إليكم من باقتراب موعد الدرس.

### المرحلة الثالثة:

المدة الزمنية: 30 دقيقة

المضمون: تحضير محتويات تجربة حمص في الفضاء - تحضير حقيبة أدوات تجربة "حمص في الفضاء"

والآن، بعد أن شاهدنا إيتان ستييه يجري التجربة في الفضاء، سنصل إلى المرحلة التطبيقية لإجراء تجربتنا العلمية "استنبات الحمص بمختلف طرق الإضاءة على سطح الكرة الأرضية، في غرفة الصف في إسرائيل". تجرى التجربة في العديد من الصفوف في مختلف أنحاء البلاد في نفس الوقت، وسنتمكن لاحقاً من رؤية نتائجهم على موقع الإنترنت الذي سيرافق جميع التجارب التي تجرى في إسرائيل. سنرغب الجزء الأخير من الحقيبة العلمية، وستكون تجربتنا مصحوبة بتصوير وبتوثيق المراحل المختلفة في المكان المعد لذلك في بوستر مخطط المعلومات - "حمص في الفضاء - زراعة الحمص في ظروف استثنائية بطرق بصرية ورائية".

كما جاء أعلاه، سنكون نحن، العلماء والعالمات الصغار على سطح الكرة الأرضية، مجموعة الرقابة للتجربة التي يجريها رائد الفضاء إيتان ستييه في محطة الفضاء الدولية، وسنقدّم معلومات حول زراعة نبات الحمص مقارنةً بزراعته ونموه في السماء، على ارتفاع 400 كم من سطح الكرة الأرضية.





### מراحل التحضير لتجربة استنبات الحمص بطرق بصرية وراثية- في غرفة الصف

1. تحضير طاولة التجربة ووضعها بالقرب من النافذة في غرفة الصف، حيث يمكن وضع الأوعية.
2. توضع على الطاولة مكونات حقبة الأدوات التي ستستخدم خلال التجربة الصفية: أغار مخصب ومجهز مسبقاً؛ 6 أكياس حمص وفي كل كيس 10 بذور حمص "ز هافيت"؛ 6 قوالب ألومنيوم X1515؛ 12 ملصقاً (6 لتسجيل أسماء المشاركين في كل مجموعة، 6 لوضع علامة على كل وعاء)، 3 ملاقط، وعاء ألومنيوم وفيه ماء جافيل (كلور) مخفف.

#### الشريحة 9

3. تُحضّر الأوعية مجهزة إلى الصف: يوصى بتغليف كل منها بورق جدران ملون. نصنع ثقباً في كل وعاء. نلصق على أحد الأوعية رقاقة سيلوفان شفاف. نلصق على أحد الأوعية رقاقة سيلوفان أحمر. "سقف" كل وعاء يجب أن يكون مخروطياً قليلاً. تعليمات تركيب الأوعية في الفيديو <https://youtu.be/7PK-8KGWOLC>. يوصى بعرض الفيديو للطلاب/ الطالبات بهدف مشاركة المعلومات وتعليمهم تقنية قد تساعد من لاحقاً عند إجراء تجارب مستقبلية.

#### الشريحة 10

4. يقسم الصف إلى ثلاثة فرق حول ثلاث طاولات. يوضع على كل طاولة وعاءان لإجراء التجربة، قالبان ألومنيوم وفيهما جل الأغار، 4 ملصقات وملقط.
5. يسجل كل فريق أسماء المشاركين على ملصقين ويلصقهما على كل وعاء. يسجل كل فريق على ملصق "وعاء ضوء أبيض" ويلصقه على الوعاء الملائم؛ ويسجل "وعاء ضوء أحمر" على ملصق ويلصقه على الوعاء الملائم.
6. يرسل كل فريق مندوبين لإحضار بذور حمص "ز هافيت" من طاولة المعلم.
7. يضع كل فريق بواسطة الملقط 10 بذور حمص "ز هافيت" على قالب ألومنيوم عليه جل أغار مخصب، بشكل مرتب ومع الحفاظ على مسافة بين البذور. ويكرر نفس العملية في القالب الثاني.
8. يدخل كل فريق القالبين إلى وعائين: واحد إلى "وعاء ضوء أبيض" والثاني إلى "وعاء ضوء أحمر".
9. يضع كل فريق أوعية التجربة الجاهزة على الطاولة المخصصة لذلك في الصف. يُخلي الفريق الطاولة ويعيد للمعلم الأدوات التي استخدمها.
10. يقوم كل فريق بتصوير أوعية التجربة وداخلها الحمص. يجب إلصاق الصور على بوستر مخطط المعلومات "حمص في الفضاء" - زراعة الحمص في ظروف استثنائية بطرق بصرية وراثية- التجربة، وذلك في المكان المخصص لذلك؛ ومن ثم رفع الصور على الموقع الإلكتروني "حمص في الفضاء".

<https://sway.office.com/dmiqayhu2ppyyucg>

الآن، وبعد أن أجريت التجربة في غرفة الصف، على سطح الكرة الأرضية، يمكننا مراقبة المؤشرات: موعد إنبات بذرة الحمص، لون النبات، طول النبات واتجاه نموه، ونسجل النتائج في بوستر مخطط المعلومات "حمص في الفضاء" - زراعة الحمص في ظروف استثنائية بطرق بصرية وراثية- التجربة الصفية"، وهو "تقرير التجربة" التي أجريناها ويساعدنا على مراقبة وتوثيق مؤشرات التجربة.

نلتقي بعد أسبوعين للتخلص: الاطلاع على نتائج التجربة في محطة الفضاء الدولية، ومقارنة وتحليل النتائج التي توصلنا إليها في الصف وفي سائر المدارس في إسرائيل.





ما هي وسائل المساعدة التي يجب استخدامها في هذا الجزء: حقيبة أدوات تجربة "حمص في الفضاء" - جاهزة ومكتملة؛ بوستر مخطط المعلومات "حمص في الفضاء - زراعة الحمص في ظروف استثنائية بطرق بصرية ورائية - التجربة" (يجب كتابة فرضيات البحث، وضع الصور في المكان المخصص لها).

الجزء الثالث: فيديو لرائد الفضاء إيتان ستييه أثناء إجراء تجربة "حمص في الفضاء" في محطة الفضاء الدولية في مهمة "زكيح"

### المواد المساعدة / الخلفية للمعلم

يجب الحرص على إدخال المعلومات المطلوبة في بوستر مخطط المعلومات "حمص في الفضاء" - زراعة الحمص في ظروف استثنائية بطرق بصرية ورائية - التجربة".

البوستر هو "تقرير التجربة" ويشكل أداة مهمة يمكننا بواسطتها إجراء مقارنة فُطرية ناجحة بين نتائج التجارب في المدارس في إسرائيل.



## الجزء الأول:

للمعلم: يمكن ملاءمة توجيهات بناء تجربة "حمص في الفضاء" - حسب مستوى الصف ومعلوماته:

مستويات البحث	بحث بنيوي (مغلق)	بحث موجّه	بحث مختلط	بحث مستقل (مفتوح)
<b>1. التخطيط:</b> - أهداف وأسئلة - فرضيات - مجرى البحث	يتعامل الطالب مع الأهداف/الأسئلة التي يعطيها المعلم/ة، أو مع المادة التعليمية أو أي مصدر آخر. يتعامل الطالب مع الفرضيات التي يعطيها المعلم/ة، أو مع المادة التعليمية أو أي مصدر آخر. يتلقى الطالب توجيهات لتخطيط وتنفيذ البحث.	يركّز الطالب على السؤال الذي يعطيه المعلم/ة، أو على المادة التعليمية أو أي مصدر آخر. يضع الطالب فرضيات. فحص الفرضية التي ي طرحها/يختارها المعلم/ة. يتلقى الطالب توجيهات لتخطيط وتنفيذ البحث.	يختار الطالب سؤالاً من الأسئلة المعطاة، يعرض الطالب سؤالاً جديداً. يضع الطالب فرضيات. يتم اختيار فرضية من الفرضيات المطروحة للفحص. يخطط الطالب البحث وفقاً لنموذج ذي خصائص محددة. يخطط الطالب طرق جمع المعطيات وطرق عرضها	يستعرض الطالب الهدف/السؤال. يضع الطالب فرضيات. يتم اختيار فرضية من الفرضيات المطروحة للفحص. يخطط الطالب البحث بجميع مراحله وخصائصه.
<b>2. التنفيذ</b> مشاهدة/تجربة جمع النتائج	يجري الطالب بحثاً أو يحصل على نتائج ويتلقى توجيهات حول كيفية تحليلها	يجري الطالب بحثاً أو يحصل على نتائج ويُطلب منه تحليلها	يجري الطالب بحثاً مع توجيهه للتوصل إلى نتائج معينة	يجري الطالب بحثاً ويتوصل إلى النتائج بالطريقة التي يريد.
<b>3. معالجة النتائج والتوصل إلى استنتاجات</b>	يتلقى الطالب توجيهات ونماذج جاهزة لترتيب المعطيات وعرضها. يتلقى الطالب توجيهات حول كيفية استخدام المعطيات لصياغة الشروح	يتلقى الطالب توجيهات ونماذج جاهزة لترتيب المعطيات وعرضها. يتعلم الطالب طرقاً محتملة لاستخدام المعطيات لصياغة الشروح	ينظم الطالب المعطيات ويعرضها بالطريقة التي يريد. يُوجّه الطالب إلى مصادر معلومات إضافية، وفي سيرورة صياغة الشروح القائمة على المعطيات.	ينظم الطالب المعطيات ويعرضها بموجب قراره. يصيغ الطالب الشروح بعد تلخيص النتائج وفحص مصادر معلومات إضافية بشكل مستقل.
<b>4. عرض</b> يستعرض الطالب سيرورة البحث وشروحات النتائج ويدافع عنها	يطّلع الطالب على المراحل وأساليب العمل لعرض سيرورة البحث والشروح.	يتلقى الطالب مبادئ توجيهية يمكنه استخدامها لتحسين عرض سيرورة البحث والشروح.	يُوجّه الطالب في عرض سيرورة البحث وفي تطوير عرض الشروح.	يستعرض الطالب سيرورة البحث ويبنى حججاً منطقية ومعقولة لعرض نتائجه.
← أقل مستوى التعلّم الذاتي المنظم أكثر →				
← أقل مستوى التوجيه من قبل المعلم أو المواد التعليمية أكثر →				





عن:

مأخوذ

[HTTPS://MEYDA.EDUCATION.GOV.IL/FILES/MAZKIRUT\\_PEDAGOGIT/MADATECHNOLOGYA/YESODI/TOHNIIT\\_LIMUDIM\\_YESODI/CONTENT-INTRODUCTIONS.DOCX](https://meyda.education.gov.il/files/MAZKIRUT_PEDAGOGIT/MADATECHNOLOGYA/YESODI/TOHNIIT_LIMUDIM_YESODI/CONTENT-INTRODUCTIONS.DOCX)

### الجزء الثاني:

#### إرشاد لتحضير أوعية لزراعة بذور الحمص

تخطيط، تصميم وتنفيذ: عنبال يسرائيلي

#### المعدات المطلوبة:

- صناديق من كرتون (صندوقان لكل مجموعة)
- شريحة عرض أو سيلوفان أحمر وشفاف
- مسطرة 30 سم
- شفرة
- شريط لاصق عريض
- نصيحة: ورق جدران ملون لتغليف الصندوق



#### حجم الصندوق:

لنتمكن من استنبات بذور الحمص لمدة شهر تقريباً، يجب التزود بصناديق بأحجام ملائمة.

يجب جمع صناديق يتراوح طولها، عرضها وارتفاعها بين 25-30 سم. الصناديق يمكن أن تكون مستطيلة الشكل، وإذا كان هناك فارق 2-3 سم في الأطوال، لا بأس في ذلك.

#### مراحل بناء الصناديق:

- يبنى كل فريق صندوقين. مراحل بناء الصندوقين متشابهة. الفرق الوحيد هو لون شرائح العرض.
- غلّفوا الصندوقين بورق جدران ملون. لنحصل على صناديق جميلة ومصممة.
- ارسموا نوافذ على جوانب الصندوق الأربعة. عند رسم النافذة، يجب ترك هامش بطول 4 سم في كل طرف.
- قصّوا النوافذ بواسطة الشفرة.
- قيسوا حجم النوافذ، وقصّوا من شرائح العرض قطعاً أكبر بقليل من حجم النوافذ.
- ألصقوا النوافذ في الجزء الداخلي من الصناديق. صندوق مع شرائح حمراء وصندوق مع شرائح شفافة.
- أدخلوا إلى الصناديق الأوعية التي تحتوي على بذور الحمص.



للفيديو التوضيحي - [HTTPS://YOUTU.BE/7PK\\_8KGWOLC](https://youtu.be/7PK_8KGWOLC)





## توجيهات لتحضير محلول أغار مخصَّب، تنقية بذور الحَمَص ووضع البذور في محلول الأغار في تجربة "حَمَص في الفضاء"

معلومات، تخطيط، تصميم، توفير الحَمَص والأغار: حيفا



### الأدوات المطلوبة:

1. كوب قياس بحجم 200 مليلتر أو أي أداة قياس تحتوي على علامات قياس.
2. ست صوان ألومنيوم دائرية أو مستطيلة الشكل بحجم 12-15 سم
3. عصا أو ملعقة معدنية للخلط.
4. رقاقة ألومنيوم.
5. لوح/بلاطة تسخين
6. ساعة مع مؤقت
7. قفازات أحادية الاستخدام
8. نايلون لاصق للتغليف

### المواد:

1. ماء جافيل (كلور)
2. ماء مقطر
3. مستنبت
4. بذور حَمَص "زهافيت"

## عملية تحضير محلول الأغار، تعقيم الحَمَص، إسقاط البذور في الأغار

### تحضير المادة المعقمة 10%:

نضع في وعاء قياس بحجم 100 مليلتر 10 مليلتر من ماء الجافيل (كلور) ونضيف ماء مقطرًا حتى نصل إلى 100 مليلتر. يجب خلط المحلول إلى أن يصبح متجانسًا.

### تحضير محلول أغار:

نسكب داخل وعاء زجاجي أو آخر بحجم 1.5 لتر خليط مستنبت الزراعة (المتوفر لديكم في كيس صغير) ونضيف بواسطة كوب القياس لترًا واحدًا من الماء المقطر. نخلط المحلول بالعصا إلى أن يصبح متجانسًا. يجب تغطية الكأس برقاقة ألومنيوم مع ترك فتحة صغيرة لدخول الهواء.

نغلي الأغار لمدة 3-4 دقائق، نزيل الكوب من فوق لوح التسخين ونخلط بعصا نظيفة أو معقمة بماء الجافيل مستنبت الزراعة لإزالة أي كتل. نعيد مستنبت الزراعة إلى لوح التسخين ليغلي لمدة 30 ثانية إضافية.

نزيل الوعاء الزجاجي أو الآخر الذي يحتوي على مستنبت الزراعة (المذاب) من فوق لوح التسخين، ونصب داخل كل صينية من صواني الألومنيوم الست 166 مليلترًا ونتركها لتبرد حتى درجة حرارة الغرفة إلى أن يصبح الأغار صلبًا وهلاميًا.

### تعقيم بذور الحَمَص:





أثناء ترك مستنبت الزراعة ليبرد، يجب تعقيم بذور الحمص في كيس (60 بذرة) بواسطة محلول الجافيل (بتركيز 10%):

توضع البذور داخل وعاء، ويضاف إلى الوعاء محلول الجافيل بتركيز 10% إلى أن يغطي البذور. يُترك الحمص في محلول التعقيم لمدة دقيقتين، من ثم نسكب محلول الجافيل بحذر. نضيف الماء إلى الوعاء الذي يحتوي على البذور (ثلث الوعاء تقريبًا) بحركة دائرية، نغسل البذور ونسكب الماء بحذر.

**\* يجب تكرار عملية التعقيم مرتين.**

**\* يجب تكرار عملية غسل البذور 3-4 مرات بعد كل تعقيم.**

**وضع البذور في الأغار:**

يجب إجراء هذه المرحلة مع استخدام قفازات أحادية الاستخدام أو ملقط معقم. يجب الامتناع عن تقريب المستنبت من الوجه لعدم تلويث المستنبت.

عندما يبرد المستنبت ويصبح هلاميًا، نصنع فيه ثقبًا (بواسطة قشة شرب سميكة) ونغرس في كل صينية من الصواني الست 12 بذرة حمص معقمة، حتى نصف حجمها داخل المستنبت، بحيث يكون الجذر الجنيني (الجزء المنتفخ في البذرة) أفقيًا بموازاة سطح المستنبت، كالمبين في الرسم التوضيحي أدناه.

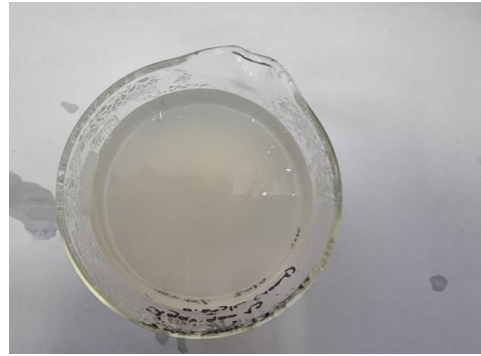


نغطي صواني الألومنيوم بنايلون لاصق (لمنع التلوث) ونصنع فيه أربعة ثقوب صغيرة للتهوية. يجب وضع الصواني في مكان مُعتم لمدة يومين- ثلاثة أيام، حتى انبثاق الجذير والساق الجنينية. امتنعوا عن إزالة غطاء النايلون في هذه الفترة لمنع التلوث المحتمل للمستنبت بالبكتيريا والفطريات.

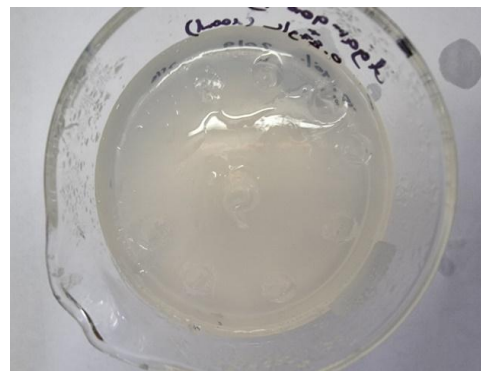


### صور من عملية الإنبات

الصورة 1: أغار بارد وأصبح هلاميًا



الصورة 2: أغار مخروم.



الصورة 3: بذور الحمص في الأغار



الصورة 4: بذور الحمص تنبت





مضامين إثرائي

### أجزاء البذرة

الجنين (يتكوّن من اللاقحة):  
الجنين هو عملياً نبتة صغيرة تحتوي على ساق جنينية، جذير، سوقة تحت فلقية (الجزء الذي يربط الجذير بالفلقات) وفلقات. في بعض البذور، يحدث ضمور في نسيج سويداء البذرة (إندوسبيرم)، وتنتقل المواد المغذية إلى الفلقات وتخزن فيها.

الجذير (RADICULA):  
الجذير: ينمو منه جذر النبات. في عملية الإنبات، ينمو الجذير في المستنبت نحو الأعلى، ويكون بمثابة الجذر الأولي في البادرة (الشتلة) ومن ثم ينمو منه الجذر الرئيسي للنبات.

الساق الجنينية (PLUMULA):  
تنمو الساق الجنينية نحو الأعلى، وينبثق منها ساق وأوراق النبات.

السوقة تحت الفلقية- ساق الجنين- (HYPOCOTYL):  
السوقة تحت الفلقية- أشبه بساق تنمو نحو الأعلى وترتبط بين الفلقات والجذير.

السوقة فوق الفلقية (EPICOTYL):  
جزء الساق الموجود بين عقدة الفلقة والأوراق الأولية (العقدة الأولى في الساق فوق الفلقات).

الفلقة أو الفلقات (COTYLEDONES):  
تشكل مستودعاً لتخزين الغذاء الذي يزود النبات بالطاقة ومركبات الكربون.

### ماخوذ عن:

<https://agriteach.org.il/%D7%9E%D7%9E%D7%95%D7%A8%D7%94-%D7%9C%D7%9E%D7%95%D7%A8%D7%94/606-%D7%A2%D7%9C-%D7%96%D7%A8%D7%A2%D7%99%D7%9D,-%D7%96%D7%A8%D7%99%D7%A2%D7%94-%D7%95%D7%A0%D7%91%D7%99%D7%98%D7%94/FILE>

### شروط ضرورية للإنبات:

لكي "يعرف" النبات موعد إزهاره أو لكي "تعرف" البذرة موعد إنباتها، هناك حاجة لمنظومة جمع معطيات من البيئة وترجمتها إلى عمليات كيميائية داخلية. على سبيل المثال، تنبت بعض البذور فقط بعد أن تمر بفترة باردة (كسر حالة السكون). بهذه الطريقة، يُضمن عدم إنبات البذرة في موعد مبكر، بل باقتراب الموعد الأمثل لصمودها. لا توجد للبذرة أنظمة استشعار عصبية مثل الحيوانات، بالتالي، فإنّ نظام "الاستشعار" لديها، التي تقيس به شدة البرد، مختلف، ويبدو أنّه يستند إلى موازنات إنزيمية بحيث يضعف نشاط أحد الإنزيمات أكثر بكثير من إنزيم آخر عند انخفاض درجة الحرارة، ولذلك تتكون في البذرة مواد (بواسطة الإنزيمات غير الحساسة للبرد)، والتي كانت قبلئذ تتفكك بشكل فوري (من قبل الإنزيمات الحساسة للبرد).





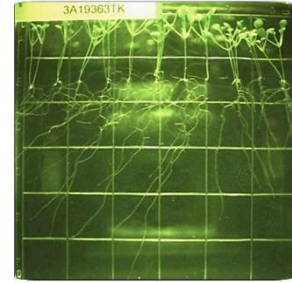
מאָחז

ען:

<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A4%D7%95%D7%98%D7%95%D7%A4%D7%A8%D7%99%D7%95%D7%93%D7%99%D7%96%D7%9D>

-

### תאثير الجاذبية الصغرى على النمو في الفضاء



في تجربة نبات رشاد أذن الفأر، حيث أضيف جين مضيء في محطة الفضاء الدولية- أدى الضوء دور قوة الجاذبية. تصوير: ناسا، من بحث لبول وزملائها.

يبين الفيديو الذي نشرته ناسا في سلسلة SCIENCECAST كيف يمكن للنباتات المضنية الصمود في الفضاء

بول وزميلها روف بيرل هما الباحثان الرئيسيان لتجربة محطة الفضاء TAGES, TRANSGENERIC ARABIDOPSIS GENE EXPRESSION SYSTEM. في السنتين الأخيرتين، زرعوا داخل حجرة استنبات في محطة الفضاء الدولية حوض من نبات رشاد أذن الفأر (ARABIDOPSIS THALIANA). تنتجها بواسط كاميرات وتيرة النمو، قالب الجذور والضوء الأخضر الغريب.

"أجرينا تعديلاً جينياً للنبات بحيث يضاء في حالة الإجهاد"، تشرح بول. "يقول لنا ذلك الكثير عن الطريقة التي يلائم بها رشاد أذن الفأر نفسه لظروف الجاذبية الصغرى".

تعلم كيفية تكيف النبات مع الظروف الجديدة ضروري للأبحاث في مجال تغير المناخ. بمفاهيم الكتلة البيولوجية الكلية للكرة الأرضية، تفوق النباتات كتلة الثدييات بألف مرة. إنها عنصر رئيسي في المحيط الحيوي، وتؤدي دوراً رئيسياً في إعادة تدوير الكربون.

على مدار قرون، أجرى علماء ومزارعون العديد من التجارب على النباتات، ولكن على المستوى الأساسي، الجيني، لا تزال تنقصنا معلومات كثيرة. لهذا السبب، عرضت بول وبيرل النباتات لحالات إجهاد مختلفة، ومن بينها الحر والبرد، وظروف القحط. الجزء الأكبر من العمل تم على سطح الكرة الأرضية، ولكن بعض التجارب لم تكن قابلة للتنفيذ إلا في الفضاء.

"إزالة الجاذبية من المعادلة تكشف عن جوانب مميزة في نمو وتطور الخلايا، والتي لا يمكن معرفتها بأية طريقة أخرى"، يقول بيرل. "محطة الفضاء الدولية هي مكان رائع لإجراء تجربة كهذه". المفاجأة الكبرى كانت "القدرة على الانحناء"- حركة الجذور المترسعة على سطح الكرة الأرضية تمكنها من تخطي الحواجز مثل العيدان المغروسة في الأرض أو الحجارة، بحثاً عن الماء والغذاء. تذكر بول أنها كنت برفقة روف عندما وصلت الصور من محطة الفضاء؟ "هل تتحني هذه الجذور؟" سؤال. حدث الانحناء على الرغم من انعدام الجاذبية.







"كان ذلك مؤثراً جداً"، تقول بول. "كنا نظن أنّ ذلك يحدث فقط في ظروف الجاذبية". يقول الباحثان إنّ الضوء كان بديلاً لقوة الجاذبية، وأعلم للنباتات بما يوجد في الأعلى وفي الأسفل. "بواسطة لمبات ساطعة فوقها، نمت الجذور في اتجاه معاكس للأوراق، تمام كما يحدث على سطح الكرة الأرضية".

مأخوذ عن: <https://www.hayadan.org.il/glow-in-the-dark-plants-on-the-iss-070513>

إثراء: عمليات التغذية في النباتات

<https://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=14094>

