

מפרקים בקרקע

כרטיס זיהוי של הפעילות

נושא 1: מערכות אקולוגיות נושא 4: פסולת מוצקה	הפעילות משתלבת
תהליכים במערכות אקולוגיות – מעברי אנרגיה וחומרים במערכת. הפסולת כמאגר חומרים הניתנים לניצול; השימוש בהם מקטין את קצב הדלדול של משאבי טבע מתכלים; דרכים לצמצום כמות הפסולת.	רעיון/ תכנים
חומר אורגני, חומר אנאורגני, גלגולי אנרגיה (מעברי אנרגיה), אנזים, חיידק, פטרייה, מפרקים, פירוק ביולוגי, מינרלים, מחזור חומרים, קומפוסטציה, מצע עשיר, מצע דל	מושגים קרובים לנושא
הדגמה 1. נוכחות חיידקים בקרקע (בדיקה) 2. חיידקי הקרקע מפרקים חומרים שונים (ניסוי) ביצוע של שני ניסויים: 3. חיידקים מפרקים בקרקעות ממקורות שונים 4. פירוק פסולת אורגנית בתנאים שונים.	סוג הפעילות
הכנת תרחיף חיידקים (מיצוי קרקע), זריעת חיידקים, שימוש ביווד כאינדיקטור, זיהוי ביקורות לניסוי, הבנת מערך הניסוי, סיכום תוצאות, הסקת מסקנות, יישום התוצאות.	מיומנויות
שלב 1 - האם יש מפרקים בקרקע, לקוח מתוך: http://guatemala.jerusalem.muni.il/Raanana/Gilat_Simon/environmental_biotechnology.files/Page897.htm שלב 3 (פירוק ג'לטין) מתוך: מערכות אקולוגיות עמוד 105 עיבוד הפעילות כולה נעשה במסגרת המרכז הארצי למורי ביולוגיה ולמורי מדעי הסביבה.	הפעילות מבוססת על

[דפים לתלמיד](#)

[דפים למורה](#)

[רשימת כלים וחומרים](#)

מפרקים בקרקע

דפים לתלמיד

חומרים אורגניים מתפרקים בטבע על ידי חיידקים ופטריות. בפעילות זו נבדוק: האם יש חיידקים בקרקע? האם חיידקים מהקרקע מפרקים חומר אורגני מורכב? האם יש הבדל בכמות המפרקים בקרקעות ממקורות שונים? מהם הגורמים המשפיעים על פירוק חומרים אורגניים? לידיעתכם: בגידול חיידקים במעבדה על מצע גידול מוצק מתקבלות מושבות של חיידקים. כל מושבה היא תוצר של חיידק חי בודד שהיה בחומר המוצא. בתנאי סביבה מתאימים החיידק מתחלק פעמים רבות. בגידול על מצע מוצק כל תאי-הבת נשארים צמודים זה לזה על גבי המצע. כשהחיידקים מגיעים למספר גדול (מיליונים רבים) ניתן להבחין בהם כמושבה. תהליך זה קורה תוך ניצול חומרי מזון המצויים במצע הגידול. החיידק מפריש אנזימי עיכול לסביבה, המפרקים את המזון למולקולות קטנות, ואלו נקלטות על ידי החיידקים ומשמשות אותם כמקור אנרגיה לפעולות החיים.

שלב 1: נוכחות חיידקים בקרקע

כדי לבדוק נוכחות חיידקים בקרקע הוכן תרחיף חיידקים על ידי מיצוי קרקע במים בכלים סטריליים. לאחר שהחלקיקים הגדולים שקעו נאסף התרחיף וחולק לשניים. מחצית ממנו הושארה ללא טיפול, מחצית אחרת הורתחה. התרחיפים נזרעו על 3 צלחות פטרי עם מצע מזון מוצק עשיר.

א. בצלחת אחת נזרעו 0.1 מ"ל מתרחיף לא מטופל.

ב. בצלחת שנייה נזרעו 0.1 מ"ל מתרחיף מורתח.

ג. בצלחת שלישית לא נזרעו חיידקים, אך היא נפתחה למשך מספר שניות ונסגרה שוב.

הצלחות הוכנסו לאינקובאטור להדגרה למשך 2-3 ימים.

שאלות לשלב 1:

התבוננו בצלחות וענו על השאלות הבאות:

1. תארו בטבלה הבאה את תצפיותיכם בשלוש הצלחות (א, ב, ג).

מספר הצלחת	המצע בצלחת	הטיפול	מספר המושבות	תאור תוצאות
א1	עשיר	זריעת תרחיף לא מטופל		
ב1	עשיר	זריעת תרחיף מורתח		
ג1	עשיר	פתיחת צלחת ללא זריעה		

2. הסבירו את התוצאות.

3. מהי מסקנתכם מבדיקה זו? בסו את מסקנתכם על תוצאות הבדיקה.

4. מה מטרתה של צלחת ג1 בה לא נזרעו חיידקים? מדוע פתחו אותה לזמן קצר וסגרו שוב?

שלב 2: גידול חיידקים במצעי מזון שונים

החיידקים, כמו כל האורגניזמים החיים זקוקים לחומרי מזון כמקור אנרגיה לקיום פעולות החיים. בניסוי זה נבדוק התפתחות של חיידקי קרקע על מצעי מזון המכילים חומרים שונים. אגר הוא רב סוכר מורכב המופק מאצות, שמעט חיידקים מסוגלים לפרק אותו. לעמילן ולפפטון מולקולות גדולות שאינן נקלטות לתאים אלא רק אחרי פירוק. בניסוי זה נעשה שימוש בתרחיף הבלתי מטופל (לא מורתח) של חיידקים מהקרקע מניסוי 1. התרחיף נזרע על צלחות פטרי משלושה סוגים:

א. מצע אגר בתוספת פפטון (חלבון).

ב. מצע אגר בתוספת עמילן (רב סוכר).

ג. מצע אגר ללא תוספות.

בצלחות נוספות (ד,ה,ו) הוכנו מצעים כמו בצלחות א,ב,ג (בהתאמה). הן נפתחו לאוויר לזמן קצר, אך לא נזרעו בהן חיידקים.

כל הצלחות הודגרו שלושה ימים באינקובאטור, בטמפרטורה של 30 מעלות צלסיוס.

שאלות לשלב 2:

התבוננו בצלחות וענו על השאלות הבאות:

5. מהו מספר המושבות בכל אחת מהצלחות? רשמו במקום המתאים בטבלה.

6. לצלחות 2ב, 2ה, שפכו שכבה דקה של יוד לבדיקת נוכחות עמילן. לאחר 30 שניות הרחיקו עודפי היוד מהצלחות. תארו את המתרחש בצלחות 2ב, 2ה.

מספר הצלחת	המצע בצלחת	הטיפול	מספר המושבות	תיאור תוצאות לאחר צביעה ביוד
2א	פפטון	זריעת תרחיף לא מטופל		
2ב	עמילן	זריעת תרחיף לא מטופל		
2ג	ללא תוספת	זריעת תרחיף לא מטופל		
2ד	פפטון	פתיחה ללא זריעת חיידקים		
2ה	עמילן	פתיחה ללא זריעת חיידקים		
2ו	ללא תוספת	פתיחה ללא זריעת חיידקים		

7. האם נמצא הבדל במושבות החיידקים בין הטיפולים השונים? תארו אותם.

8. יוד צובע עמילן בצבע סגול ולכן הוא משמש אינדיקטור המעיד על נוכחות עמילן. התבססו על מידע זה ועל הידע שלכם לגבי מפרקים, והסבירו את התוצאות שקיבלתם.

9. מהן הבקורות בניסוי? הסבירו.

10. ציינו לפחות שתי מסקנות שניתן להסיק מניסוי 2. בסו את המסקנות על התוצאות שקיבלתם.

שלב 3: פירוק חלבון על ידי חיידקים מקרקעות ממקורות שונים

בחלק זה נערוך ניסוי בו נבדוק אם יש הבדל בכמות החיידקים בקרקעות ממקורות שונים. נזרע חיידקים ממקורות שונים על צלחות פטרי שמצע הגידול בהן הוא ג'לטין (חומר שעשוי מחלבונים בלבד, ובתמיסה בטמפרטורת החדר הוא מתמצק).

הוראות העבודה

הכנת הצלחות לזריעת החיידקים מהתרחיף

- הכינו 4 צלחות פטרי. רשמו בתחתית הצלחת או בשוליה, את שמכם. רשמו על כל צלחת את מקור האדמה שבו תשתמשו. חצו כל צלחת לשניים על ידי סימון קו (קוטר). רשמו במחצית אחת – "מורתח" ובמחצית שנייה "לא מורתח" (ראו איור הדגמה בהמשך). בצלחת רביעית רשמו במחצית אחת "מים" ובמחצית שנייה "ללא זריעה".
- הכינו ג'לטין (לפי ההוראות על האריזה). צקו את הג'לטין לצלחות. חכו כ-30 דקות או עד שהג'לטין יתמצק.

הכנת תרחיף חיידקים על ידי מיצוי קרקע

על שולחנכם דגימות קרקע ממקורות שונים.

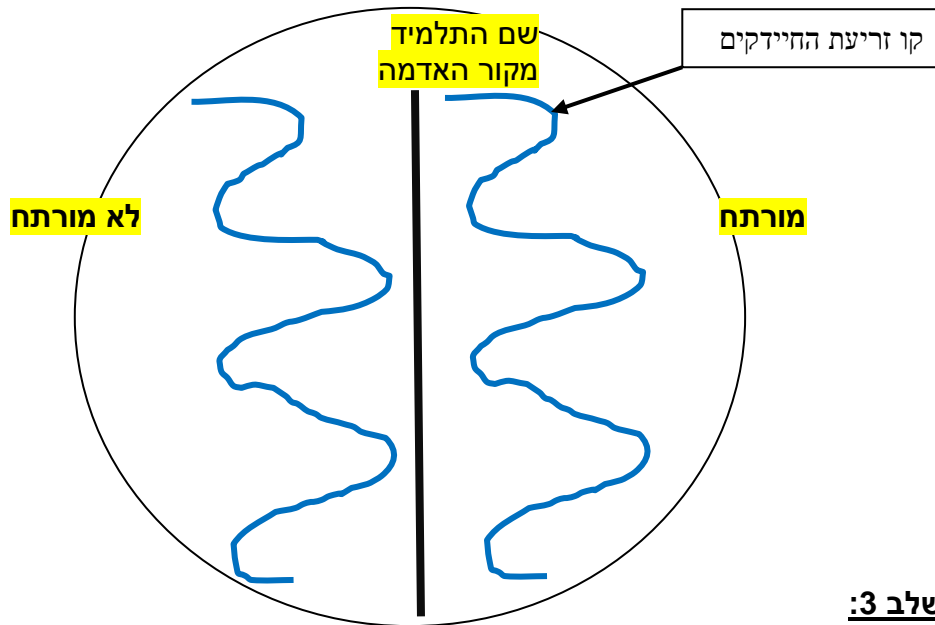
- סמנו 3 מבחנות: רשמו את שם מקור האדמה על כל מבחנה. על מבחנה רביעית רשמו "מים".
- שיקלו 2 גרם מכל סוג אדמה והכניסו למבחנה המתאימה.
- הוסיפו לכל אחת מארבע המבחנות 20 סמ"ק מים סטריליים. נערו היטב והניחו את המבחנות במעמד עד לשקיעת חלקיקי הקרקע.

זריעת חיידקים מהתרחיף

- טיבלו קיסם לניקוי אוזניים בנוזל מבחנה אחת. הסירו לרגע את מכסה צלחת הג'לטין המתאימה ו"ציירו" עם הקיסם (בלי ללחוץ על האגר) קו גלי על גבי הג'לטין במחצית המתאימה. סיגרו את הצלחת. (בשלב זה לא תראו את עקבות ה"ציור" על האגר).
- חזרו על פעולה זו עם 2 סוגי הקרקע הנותרים (לזריעה של כל סוג השתמשו בקיסם חדש).
- את ארבע המבחנות הכניסו לכלי ובו מים רותחים. לאחר 10 דקות במים רותחים הוציאו את המבחנות. המתינו כ-5 דקות להתקררות תוכן המבחנות.
- חיזרו על פעולת הזריעה עם התרחיפים שעברו הרתחה. שימו לב לזרוע כל תרחיף בצלחת המתאימה לסוג הקרקע, וזרעו כל תרחיף בקיסם נקי.
- בצלחת 4 "זרעו" במחצית אחת מים (מהמקור בו השתמשתם להכנת התרחיפים), ובמחצית שנייה לא תזרעו דבר.

המתנה לתוצאות

- הניחו את צלחות הפטרי על מדף במעבדה, או אם אפשר באינקובטור בטמפרטורה של 25°C.
- המתינו ימים אחדים (עד שבוע) לקבלת התוצאות.
- לאחר קבלת התוצאות ענו על השאלות.



שאלות לשלב 3:

11. תארו את תוצאות הניסוי: התייחסו להבדל בין התוצאות של הצלחות עם האדמה ממקורות שונים, ולדגימות המורתחות לעומת הלא מורתחות.
12. לשם מה השתמשנו בתרחיף מורתח?
13. על מה מעידים החורים בג'לטין?
14. א. האם הייתה בקרה בניסוי? אם כן מהי?
ב. האם היו חזרות בניסוי?
ג. אלו גורמים נשארו קבועים בניסוי?
15. מהן המסקנות מהניסוי?
16. במקומות רבים בעולם קיימת בעיה של "כיבוש קרקע" על ידי הורדת השכבה העליונה של הקרקע על כל החי והצומח שבה, וחשיפת שכבות קרקע עמוקות יותר. על פי תוצאות הבדיקות, מהי השפעת תהליך זה על מחזור החומרים במקום? הסבר את התוצאות.

שלב 4: פירוק פסולת אורגנית בתנאים שונים

בחלק זה נערוך ניסוי לבדיקת פירוק חומר אורגני על ידי חיידקים בתנאים שונים, ונעקוב אחר תהליך הפירוק.

מהלך העבודה:

- א. הכינו "פסולת אורגנית". לשם כך חיתכו את המלפפון והעגבנייה שעל שולחנכם לחתיכות קטנות כמו בסלט.
- ב. סמנו 4 כוסות חד פעמיות על ידי רישום שמכם וציון התנאים בהם ייערך הניסוי על פי הרישום שלהלן: כוס 1 – קרקע + ירקות + מים
כוס 2 – קרקע + ירקות + מים - מקרר
כוס 3 – קרקע + ירקות + מים - כיסוי אטום
כוס 4 - קרקע + ירקות (ללא מים)
כוס 5 – ירקות בלבד

- ג. הכניסו ל-4 כוסות חד פעמיות (לפי הסימון שעל גבי כל כוס) קרקע עד לגובה 4 ס"מ.
- ד. שקלו 5 מנות של 20 גרם מ"הפסולת האורגנית" שהכנתם. לכל כוס הכניסו מנה אחת.
- ה. לכוסות 1-3 הוסיפו 10 מ"ל מים.
- ו. כסו את הכוסות החד פעמיות (למעט כוס 3) בכיסוי פלסטיק רופף, הדקו בגומייה ונקבו חורים אחדים לאוורור. כסו את כוס 3 בניילון נצמד והדקו אותו. אל תנקבו את הכיסוי.
- ז. הכניסו את כוס 2 למקרר. את שאר הכוסות הניחו על צלחת/מגש והשאירו בטמפרטורת החדר.
- ח. עקבו אחרי המתרחש בכל אחד מהכלים מדי 2-3 ימים, במשך 20-30 יום (תלוי בטמפרטורת הסביבה).

שאלות לשלב 4

17. מהניסוי שהעמדתם תוכלו ללמוד על השפעתם של גורמים כמו קרקע, טמפרטורה, לחות ואוורור על פירוק פסולת אורגנית.
- בטבלה הבאה רשמו אלו "מערכות" בניסוי (כוסות), יציגו את השפעתו של כל אחד מהגורמים, ונמקו את קביעתכם.
- שימו לב**, ייתכן שכוס יכולה לשרת בדיקה של יותר מגורם אחד.

הגורם	הכוסות שבודקות גורם זה	הסבר
קרקע		
טמפרטורה		
לחות		
אוורור		

18. א. בנו טבלה להצגת תצפיותיכם (מידי 2-3 ימים במשך הניסוי). בטבלה התייחסו למצב הירקות, להתפתחות סוגים שונים של עובש, ולפרטים נוספים שניתן להבחין בהם בתצפיות.
- ב. הציגו את התוצאות בטבלה שבניתם.
19. מהן המסקנות שניתן להסיק מתוצאות ניסוי זה? הסבירו את קביעתכם.
20. בסעיף ח כתוב שמשך זמן התהליך תלוי בטמפרטורת הסביבה. הסבירו מדוע.
21. תהליך קומפוסטציה הוא תהליך יזום על ידי האדם לפירוק פסולת אורגנית. קראו על תהליך הקומפוסטציה וענו על הסעיפים הבאים:
- א. הסבירו את הקשר בין ממצאיכם לבין תהליך הקומפוסטציה.
- ב. ציינו מהם יתרונותיו הסביבתיים של תהליך הקומפוסטציה.
22. האדם נרתע בדרך כלל מריקבון, אך למעשה זהו תהליך חיוני למערכות האקולוגיות. הסבירו משפט זה.
23. במדבר, למרות הטמפרטורות הגבוהות, תהליכי הפירוק איטיים מאד. הסבירו מדוע.

דפים למורה

מטרות הפעילות

1. הדגמת נוכחות חיידקים בקרקע.
2. הכרות עם דרישות תזונתיות שונות של חיידקים.
3. הדגמת תנאים שונים המשפיעים על פירוק חומרים אורגניים על ידי מפרקים.
4. הבנת מיקומם של החיידקים / המפרקים במחזורי החומרים.

עקרון השיטות

- בפעילות זו ארבעה שלבים הקשורים זה לזה.
- בשלב 1 : נוכחות חיידקים בקרקע. מגדלים חיידקי קרקע על מצע מוצק, ולומדים על קיום חיידקים חיים, על פי הופעת מושבות חיידקים כשזורעים דוגמה מתרחיף לא מטופל, לעומת אי הופעת מושבות כשזורעים דוגמה מתרחיף שהורתח.
 - בשלב 2 – גידול חיידקים במצעי מזון שונים: מגדלים חיידקי קרקע במצעי גידול שונים. רוב החיידקים גדלים על מצע עשיר בו חומרי המזון פשוטים וזמינים. חלקם יכול לפרק חומרים מורכבים יותר ולהתקיים על מצעים בהם מזון פחות זמין.
 - בשלב 3 - פירוק חלבון על ידי חיידקים מקרקעות ממקורות שונים: על מצע ג'לטין (מצע חלבוני) יגדלו רק חיידקים שיכולים לפרק חלבון.
 - בשלב 4: פירוק פסולת אורגנית בתנאים שונים של לחות, טמפרטורה, אזור ונוכחות קרקע.

רקע עיוני/מדעי

הגורמים הביזויים במערכת האקולוגית נחלקים, מבחינת דרך ההזנה שלהם, ליצרנים, צרכנים ומפרקים.

על המפרקים נמנים חיידקים ופטריות. הם נמצאים בכל מקום ומספרם הוא גדול מאוד. המפרקים פעילים בעיקר בקרקע, בתנאי לחות מתאימים, שם הם מפרקים את החומרים האורגניים המצויים בהפרשות של אורגניזמים, ובשאריות של אורגניזמים שמתו.

מקצת מחומרי הפירוק משמשים למפרקים כמקור אנרגיה וכמקור של תרכובות פחמן. תוצרי פירוק אחרים, למשל חומרים אנאורגניים (מינרלים), נשארים בסביבה ומנוצלים על ידי האורגניזמים החיים בקרקע או על ידי הצמחים הקולטים אותם דרך השורשים. בדרך זו ממחזרים המפרקים חומרים רבים, ולכן יש להם תפקיד חשוב ביותר במחזורי החומרים בטבע.

המפרקים – החיידקים והפטריות – מהווים קבוצה מיוחדת וחשובה בבית הגידול. הם צורכים תרכובות אורגניות מוכנות, אך בניגוד לשאר ההטרוטרופים מתקיימים בהם תהליכים ביוכימיים שהם ייחודיים להם. המפרקים מפרישים אנזימים לסביבתם, ואלה מסייעים לפירוק התרכובות האורגניות.

מקצת תוצרי הפירוק – מולקולות אורגניות קטנות ומסיסות – נספגות אל תוך תאיהם של המפרקים (בדומה לתוצרי העיכול) ומשמשות להם כמקור אנרגיה וכמקור תרכובות פחמן. תהליך הקומפוסטציה מבוסס על פעילותם של מפרקים. תהליך הקומפוסטציה מתרחש בתנאים אירוביים, המבטיחים פירוק יעיל של החומר האורגני, ורטיבות מספיקה, המאפשרת את פעילותם של המפרקים.

הערות והמלצות למורה

- בפעילות זו ארבעה שלבים הקשורים זה לזה. בכל אחד מהשלבים יש להמתין לקבלת התוצאות בין שבוע לשלושה שבועות. הפעילות מציגה את 2 השלבים הראשונים כהדגמה של המורה שתובא לדיון בכיתה, כך שהתלמידים יוכלו להתחיל בביצוע השלב השלישי, תוך הסתמכות על תוצאות 2 השלבים הראשונים. ניתן כמובן לתת לתלמידים לבצע גם את 2 השלבים הראשונים במלואם.
- חשוב להדגיש את מקומם של המפרקים במיחזור חומרים בטבע. המפרקים מחזירים לקרקע חומרים אנאורגניים (מינרלים), המשמשים את הצמחים ובעלי החיים.
- להדגמת תהליכי הפירוק אפשר להראות לתלמידים גם סרטוני יוטיוב על ריקבון – תהליך הירקבות של תפוח עץ: <http://www.youtube.com/watch?v=IRiwxMeKoGk>
- פירוק חומר אורגני מהטבע (כחודשיים): <http://magazine.ort.org.il/ecology/txt/15631.rtf>
- להכנת צלחות פטרי לגידול חיידקים, זריעת חיידקים, ספירה ושיטות עבודה מיקרוביאליות: ראו [סרטון](#) על שיטות עבודה במיקרוביולוגיה [ודפי הדרכה](#) עם הסברים).
- בניסויים אין הבנייה של חזרות. אפשר לנצל את מספר הקבוצות בכיתה כחזרות. ניתן להשוות ממוצעים של כל קבוצה ולדון בחשיבות החזרות.
- [בשלב 1](#) שאלה 1: אם מספר המושבות גדול מאוד, אפשר לספור רק רבע או 1/8 צלחת.
- [בשלב 3](#):
- אפשר להכין לתלמידים מראש את הצלחות עם הג'לטין, ולחסוך את זמן ההמתנה עד לקרישה.
- בניסוי שהתלמידים מבצעים יש להקפיד שהצלחות תהיינה מעוקרות כדי למנוע התפתחות חיידקים ופירוק הג'לטין גם בצלחת הביקורת.
- [בשלב 4](#), בשאלה 21 אפשר להרחיב ולהתייחס גם לקשיים/בעיות שעלולים להיגרם בתהליך הקומפוסטציה.

תשובות לשאלות

שלב 1 – נוכחות חיידקים בקרקע

1. תארו את תצפיותיכם בשלוש הצלחות (א1, ב1, ג1).
צפוי שבצלחת א1 יהיו הרבה יותר מושבות מאשר בצלחת ב1, ג1.
2. הסבירו את התוצאות.
בקרקע יש חיידקים. בהרתחת התרחיף החיידקים מתים. אם צומחים חיידקים באזור בו לא נזרע דבר – אלו חיידקים שהגיעו מהאוויר.
3. מהי מסקנתכם מבדיקה זו? בסו את מסקנתכם על תוצאות הבדיקה.
המסקנה היא שבקרקע יש חיידקים. המסקנה מבוססת על כך שבצלחת בה נזרע תרחיף מורתח לא צמחו מושבות, שכן החיידקים מתו בהרתחה.
4. מה מטרתה של צלחת 3 בה לא נזרעו חיידקים? מדוע פתחו אותה לזמן קצר וסגרו שוב?
מטרת הצלחת היא לשלול הסבר שהחיידקים שגדלים על הצלחת מקורם באוויר (צלחת זו היא בקרה).
פתחו אותה לזמן קצר, הדומה לזמן בו פתחו את המבחנות בהן זרעו תרחיף, כדי לראות אם הפתיחה של הצלחת בזמן הזריעה מאפשרת לכמות משמעותית של חיידקים מהאוויר להיכנס לצלחת ולצמוח בה.

שלב 2 – הדגמת גידול חיידקים במצעי מזון שונים

5. סיפרו את המושבות בכל צלחת ורשמו במקום המתאים בטבלה.
6. תארו את המתרחש בצלחות ב2, ג2, ד2.

מספר הצלחת	המצע בצלחת	הטיפול	מספר המושבות	תיאור תוצאות
א-2	עשיר	זריעת תרחיף לא מטופל	הרבה	
ב-2	עמילן	זריעת תרחיף לא מטופל	מעט	הצלחת נצבעת בצבע שחור-סגול וסביב המושבות הרקע בהיר
ג-2	דל	זריעת תרחיף לא מטופל	מעט מאד	
ד-2	עשיר	פתיחה ללא זריעת חיידקים	כמעט בלי מושבות	
ה-2	עמילן	פתיחה ללא זריעת חיידקים	כמעט בלי מושבות	כל הצלחת נצבעת סגול-שחור
ו-2	דל	פתיחה ללא זריעת חיידקים	כמעט בלי מושבות	האגר לא נצבע

7. האם נמצאו הבדלים במושבות החיידקים בין הטיפולים השונים? תארו אותם.
סביר שימצא הבדלים. יש מושבות בצבעים שונים, בגדלים שונים, יש עגולות ויש משוננות, יש חלקות ויש מקומטות. משאלה זו יש ללמוד על מגוון החיידקים.

8. יוד צובע עמילן בצבע סגול ולכן הוא משמש אינדיקטור המעיד על נוכחות עמילן. התבססו על מידע זה ועל הידע שלכם לגבי מפרקים, והסבירו את התוצאות שקיבלתם. בצלחת 2א, שהמצע בה לא כלל עמילן – צמחו מושבות של חיידקים, שניצלו את החלבונים והסוכרים המצויים במצע כמקור אנרגיה. במצע לא היה עמילן ולכן יוד לא צבע דבר. בצלחת 2ב, החיידקים שגדלו ניזונו מהעמילן שבמצע (חיידקים שאינם מפרקים עמילן לא יכלו לצמוח על מצע דל זה), לכן במקומות בהם לא גדלו חיידקים האגר נצבע על ידי היוד, ואילו סביב המושבות היה אזור שהעמילן בו נוצל ולכן לאחר הצביעה בIOD הם נותרו ללא צבע. ההסבר לטבעת חסרת הצבע הוא: המפרקים מפרישים אנזימים לסביבתם, ואלה מסייעים לפירוק התרכובות האורגניות, העמילן במקרה שלנו. מקצת תוצרי הפירוק – מולקולות אורגניות קטנות ומסיסות – נספגות אל תוך תאיהם של המפרקים ומשמשות להם כמקור אנרגיה וכמקור תרכובות פחמן. בצלחת 2ה לא צמחו חיידקים מכאן שלא נוצל עמילן והוא נשאר במצע ולכן כל הצלחת נצבעה בסגול.

9. מהן הבקורות בניסוי? הסבירו. הבקורות בניסוי הן צלחות 2ד, 2ה, 2ו. בצלחות אלו לא נזרעו חיידקים והן באות לשלול את האפשרות שמקור החיידקים הוא מהאוויר או ממצע לא סטרילי.

10. ציינו לפחות שתי מסקנות שניתן להסיק מניסוי 2. בססו את המסקנות על התוצאות שקיבלתם.

- הקרקע מכילה חיידקים רבים ושונים זה מזה (על פי צלחות 2א, 2ב, 2ג).
- חיידקים שונים מנצלים חומרי מזון שונים. (על מצעי מזון שהכילו חומרים שונים צמחו חיידקים)
- חלק מהחיידקים בקרקע יכולים לפרק עמילן ולהתקיים מתוצרי הפירוק. (צלחת 2ב)

שלב 3 - פירוק חלבון על ידי חיידקים מקרקעות שונות

11. תארו את תוצאות הניסוי: התייחסו להבדל בין התוצאות של הצלחות עם האדמה ממקורות שונים, ולדגימות המורתחות לעומת הדגימות הלא מורתחות. מורתח לעומת לא מורתח. חיידקים שגדלו על הג'לטין יצרו בו שקעים (חריצים). זריעת חיידקים מאדמה ממקורות שונים יצרה בג'לטין שקעים (חריצים) בכמות ובעומקים שונים. זריעת חיידקים מתרחיף מורתח יצרה כמות קטנה מאד של חריצים בג'לטין.

12. לשם מה השתמשנו בתרחיף מורתח?

את תרחיף החיידקים הכנו על ידי מיצוי האדמה. התרחיף המורתח בא להראות שהשקעים נוצרו כתוצאה מיצורים חיים, (שכן לאחר הרתחה נוצרו מעט מאוד שקעים, כי החיידקים מתו בהרתחה).

13. על מה מעידים החורים בג'לטין?

החורים/השקעים נובעים מפירוק הג'לטין, ומעידים על קיומם של חיידקים המפרקים ג'לטין.

14. א. האם הייתה בקרה בניסוי?

בניסוי כמה בקרות: בכל סוג אדמה התרחיף המורתח היה בקרה לתרחיף שלא טופל. בנוסף, צלחת 4 מהווה בקרה שתפקידה להראות שמקור החיידקים אינו מהמים או מהאוויר.

ב. האם היו חזרות בניסוי?

לא היו חזרות אלא אם נרכז את התוצאות של כל הקבוצות יחד.

ג. אלו גורמים נשארו קבועים בניסוי?

גורמים שנשמרו זהים הם: כמות וסוג הג'לטין, זמן מזריעה עד בדיקת תוצאות, הטמפרטורה בה היו הצלחות, כמות האדמה וכמות המים שהוכנסו להכנת כל תרחיף.

15. מהן המסקנות מהניסוי?

קרקעות שונות מכילות חיידקים וביניהם יש חיידקים המפיקים אנרגיה מחלבון (במקרה שלנו ג'לטין).

בקרקעות מאזורים שונים יש כמויות שונות של חיידקים המפרקים חלבון. (אפשר להוסיף מסקנות בהתאם למקור הקרקע).

16. במקומות רבים בעולם קיימת בעיה של "כיבוש קרקע" על ידי הורדת השכבה העליונה של

הקרקע על כל החי והצומח שבה, וחשיפת שכבות קרקע עמוקות יותר. על פי תוצאות הבדיקות, מהי השפעת תהליך זה על מחזור החומרים במקום? הסבר את התוצאות.

בטבע מתקיים שיווי משקל. באזור עשיר באורגניזמים (למשל, קרקע ביער מתחת לצמחייה) יש בקרקע כמות גדולה של מפרקים ומתקיים בו תהליך פירוק מהיר. כתוצאה מתהליכי הפירוק הקרקע מועשרת בתרכובות אי אורגניות הכוללות מינרלים שונים, שהצומח באזור מנצל בתהליכי הגדילה.

הקרקע מאזור דל באורגניזמים חיים (בעומק חפירה למשל), "דלה במפרקים" ולכן תהליכי הפירוק בה איטיים.

כאשר האדם פוגע בפני הקרקע הוא חושף אזורים דלים בחומר אורגני, וממילא דלים במפרקים, ויוצר אזורים בהם רמת הפירוק איטית ולכן מחזור החומרים בו יהיה איטי יותר, וייקח זמן עד שצמחייה תוכל להתבסס בו היטב.

שלב 4: פירוק פסולת אורגנית בקרקעות שונות - תשובות לשאלות

17. מהניסוי שהעמדתם תוכלו ללמוד על השפעתם של גורמים כמו קרקע, טמפרטורה, לחות ואורור על

פירוק פסולת אורגנית.

בטבלה הבאה רשמו אלו "מערכות" בניסוי (כוסות), יציגו את השפעתו של כל אחד מהגורמים, ונמקו

את קביעתכם.

שימו לב, ייתכן שכוס אחת משרתת בדיקה של יותר מגורם אחד.

הסבר	הכוסות שבודקות גורם זה	הגורם
בכוס 1 ייבדק התהליך עם קרקע (לחה), ובכוס 5 נראה באיזו מידה הוא יתקיים ללא קרקע	1+5	קרקע
בשתי הכוסות מצויים אותם הרכיבים, רק הטמפרטורה בה יתרחש התהליך שונה (טמפרטורת החדר, מקרר).	1+2	טמפרטורה
בשתי הכוסות אותם הרכיבים, רק מידת הלחות בכלי שונה (בכוס אחת הוספו מים לקרקע, ובאחרת לא הוספו מים).	1+4	לחות
בשתי הכוסות כל התנאים שווים פרט למידת האורור בה יתבצע התהליך (כיסוי אטום לעומת כיסוי רופף עם נקבים לאורור נוסף).	1+3	אורור

18. א. בנו טבלה להצגת תצפיותיכם (מידי 2-3 ימים במשך הניסוי). בטבלה התייחסו למצב

הירקות, להתפתחות סוגים שונים של עובש, ולפרטים נוספים שניתן להבחין בהם

בתצפיות.

ב. הציגו את התוצאות בטבלה שבניתם.

התלמידים יכינו טבלה ובה יתארו כל כמה ימים מה הם רואים ומריחים

טבלה לדוגמה...

תאריך	כוס 1	כוס 2	כוס 3	כוס 4	כוס 5
2	יש ריקבון,				
	ריח				
	הופעת עובש	הופיע עובש...			
	מספר סוגי עובש				
	(אחר...)				
תאריך	כוס 1	כוס 2	כוס 3	כוס 4	כוס 5
2	יש ריקבון, ריח רע, הופיע עובש...				

כל תוצאה במקרה זה נכונה. יתכן שבאדמה הפירוק יהיה מהיר מאשר ללא אדמה אבל תוך

כשלושה שבועות עד חודש בכל הטיפולים לא נשארות אלא קליפות דקות של הירקות.

19. מהן המסקנות שניתן להסיק מניסוי זה? הסבירו מסקנותיכם.

הריקבון והופעת אורגניזמים נוספים (עובש, רימות, זבובונים) הם חלק מתהליך של פירוק. פירוק חלקים קשים (קליפות) יותר איטי מפירוק ציפת הפרי הרכה. גם כשלא ניתן היה להבחין כלל בקוביות הירקות, ניתן היה להבחין בקליפות העגבנייה. בטמפרטורה נמוכה (4 מעלות צלסיוס) התהליך איטי בהרבה מאשר בטמפרטורה של כ-20 מעלות (בו התבצע הניסוי שלנו). בתנאים ללא אוורור תהליך הפירוק הרבה יותר איטי מאשר עם אוורור (הוא לא נראה לעין בטווח הזמן של הניסוי, אך הופיעו עובשים). גם ללא קרקע מתרחש תהליך הפירוק, אם כי בקצב איטי יותר.

20. בסעיף ח' כתוב שמשך זמן התהליך תלוי בטמפרטורת הסביבה. הסבירו מדוע הפירוק הוא תהליך שנעשה על ידי חיידקים. פעילות החיידקים גבוהה יותר בטמפרטורות סביבה גבוהות יחסית.

21. תהליך קומפוסטציה הוא תהליך יזום על ידי האדם לפירוק פסולת אורגנית. קראו על תהליך הקומפוסטציה וענו על הסעיפים הבאים:
א. הסבירו את הקשר בין ממצאיכם לבין תהליך הקומפוסטציה. תהליך הקומפוסטציה הוא תהליך הפירוק של חומרים אורגניים המצויים בפסולת אורגנית. תנאים מתאימים של לחות, טמפרטורה ואוורור מאפשרים את פעילותם של חיידקים האחראיים לתהליך. בסיום התהליך עדיין נותרת פסולת, אך נפחה קטן בהרבה מהנפח המקורי.
ב. ציינו מהם יתרונותיו הסביבתיים של תהליך הקומפוסטציה. הכמות של פסולת מוצקה שיש לטפל בה קטנה בהרבה מהנפח ללא התהליך. יתרון סביבתי נוסף הוא המיחזור שעושים ב"פסולת" שנוותרת. כאשר משתמשים בקומפוסט לטיוב אדמה, לא רק שחוסכים את הטיפול בפסולת זאת, אלא שחוסכים גם את הדישון הכימי של הקרקע, הגורם לזיהום מי תהום.

22. האדם בדרך כלל נרתע מריקבון, למרות זאת זהו תהליך חיוני למערכות האקולוגיות. הסבירו משפט זה. תהליך הריקבון המתרחש על ידי מפרקים יוצר אצלנו תחושת דחייה – כנראה כהזרה מפני מזון מקולקל. למעשה תהליך הפירוק מאפשר מיחזור של חומרים אורגניים ואלמלא תהליך זה היו מתכלים משאבים אנאורגניים חשובים החיוניים לצמחים ולבעלי חיים על פני כדור הארץ. התהליך חשוב גם בכך שהוא מפחית את כמות הפסולת המצטברת בסביבה.

23. במדבר, למרות הטמפרטורות הגבוהות, תהליכי הפירוק איטיים מאד. הסבירו מדוע
במדבר אמנם הטמפרטורות גבוהות, אבל בדרך כלל גם יבש. בתנאי יובש אין התפתחות
מפרקים. מים הם תנאי הכרחי לסביבת חיים פעילה.

רשימת כלים וחומרים

שלב 1: נוכחות חיידקים בקרקע:

ציוד וחומרים להכנת ההדגמה:

- 3 צלחות פטרי סטריליות
- תערובת של מצע עשיר ואגר (נקראת (Nutrient Agar (NA). הוראות הכנה בהמשך.
- כ-5 גרם של קרקע כלשהי.
- 50 מ"ל מים מזוקקים סטריליים.
- 3 מבחנות (רגילות) סטריליות עם פקק פלסטיק תואם.
- 3 קסמי אוזניים (לזריעת חיידקים)
- כוס כימית (בגובה המבחנות)

הוראות להכנת מיצוי קרקע (תרחיף חיידקי קרקע)

- למבחנה סטרילית הוסיפו 2 גרם קרקע ו-20 מ"ל מים סטריליים. נערו היטב.
- הניחו לחלקיקים הגדולים לשקוע במשך מספר דקות.
- חלקו את התרחיף לשתי מבחנות סטריליות:
מבחנה א' - תרחיף ללא טיפול.
מבחנה ב' - הרתיחו וקררו את התרחיף (אפשר להמיר הרתיחה לטיפול במיקרו)

הוראות להכנת מצע מזון מוצק (לניסויים 1,2)

1. המיסו אבקת NA במים מזוקקים, על פי הוראות הספק. (ניתן להזמין במרכז הפיתוח והתמיכה בבר אילן)
2. עקרו את התמיסה באוטוקלב או בסיר לחץ.
3. הניחו לתמיסה המעוקרת להתקרר על השולחן עד לטמפרטורה של כ-45 מעלות צלסיוס. בטמפרטורה נמוכה יותר האגר יתחיל להתמצק וקשה יהיה למזוג אותו לצלחות.
4. מזגו את התמיסה לצלחות פטרי סטריליות, כ-20 מ"ל לצלחת. כדי למנוע זיהומים מהאוויר בעת המזיגה מומלץ להעביר את פי הבקבוק באש לפני המזיגה, ולפתוח את מכסי הצלחות רק באופן חלקי ולזמן קצר.
5. יש לעבוד במהירות כדי למנוע מהאגר להתמצק כבר בתוך הכלי תוך כדי מזיגה. אם בכל זאת האגר התמצק לפני המזיגה ניתן להמיסו מחדש על ידי חימום בתוך סיר מים רותחים.
6. לאחר שהאגר בצלחות התמצק יש להפוך את הצלחות. הפיכת הצלחות נועדה למנוע טפטוף טיפות מים שהצטברו על המכסה אל המצע, דבר שיכול להשפיע על ריכוז התרבית הנזרעת.

טיפים

- אם הכנתם צלחות פטרי עם מצעים שונים, חשוב לסמן בתחתית כל צלחת את סוג המצע כדי למנוע בלבול.
- ניתן לשמור את הצלחות כחודש במקרר. אם מכינים את הצלחות עם קרקע מזון מראש מומלץ לעטוף את הצלחות בערימות בשרוול הניילון בהן הגיעו או בניילון נצמד, כדי למנוע אידוי מים מהאגר וירידה בנפחו.
- מומלץ להוציא את הצלחות לטמפרטורת החדר כשעה לפני העבודה, כדי להיפטר מטיפות המים הנוצרות עליהן כתוצאה מהתעבות.
- 7. לפני השימוש יש להסתכל על כל צלחת בנפרד ולוודא שקרקע המזון לא הזדהמה (לא התפתחו מושבות של חיידקים) ושנפח האגר לא ירד בצורה משמעותית.

שלב 2: גידול חיידקים במצעי מזון שונים

ציוד וחומרים להכנת ההדגמה:

- תרחיף חיידקי אדמה לא מורתח מניסוי א (או תרחיף חדש)
- 2 צלחות עם מצע אגר דל – הכנה: להמיס 2 גרם אבקת אגר ב-100 סמ"ק מים.
- 2 צלחות עם מצע גידול חלבוני – הכנה: להמיס 2 גרם אבקת אגר ב-100 סמ"ק מים +1 גרם פפטון.
- 2 צלחות עם מצע גידול אגר עמילן – הכנה: להמיס 2 גרם אבקת אגר ב-100 סמ"ק מים ולהוסיף לתמיסה 1 גרם עמילן.
- מקלוני אוזניים לזריעת חיידקים (לשמור במידת האפשר על הסטריליות שלהם).
- 20 מ"ל תמיסת יוד (לצביעת עמילן) - הכנה: 1 גרם יוד גבישי + 2 גרם יודיד אשלגן. KI / I ב-100 מ"ל מים מזוקקים.

זריעת חיידקים בצלחות הפטרי

- על פי מערך הניסוי סמנו את הצלחות במספרים 1-6. שימו לב שסוג המצע יתאים למספר המבחנה (על פי הטבלה הבאה). רשמו על כל צלחת גם את הטיפול.
 - זרעו חיידקים מהתרחיף על פי מערך הניסוי בטבלה את הצלחות המתאימות.
- שימו לב!** צלחות 2ד, 2ה, 2ו משמשות כבקרה ואין לזרוע בהן חיידקים, אך חושפים אותן לאוויר, למשך זמן הזריעה במבחנות האחרות, ומכסים מבלי לזרוע. אפשר לזרוע בהן מים בלבד.

מספר הצלחת	המצע בצלחת	הטיפול
2א	עשיר	זריעת תרחיף לא מטופל
2ב	עמילן	זריעת תרחיף לא מטופל
2ג	דל	זריעת תרחיף לא מטופל
2ד	עשיר	פתיחה ללא זריעת חיידקים
2ה	עמילן	פתיחה ללא זריעת חיידקים
2ו	דל	פתיחה ללא זריעת חיידקים

- הדגירו את הצלחות ליומיים שלושה באינקובטור.
- לשיקול דעתו של המורה: את השלב הבא ניתן להכין מראש או לבצע לעיני התלמידים.
- הציפו את צלחות 2, 5 בשכבה דקה של יוד. לאחר 30 שניות הרחיקו את עודפי היוד מהצלחות.

שלב 3: - פירוק חלבון על ידי חיידקים מקרקעות שונות

ציוד וחומרים לכל זוג תלמידים

- חבילת ג'לטין + הוראות הכנה
 - 4 צלחות פטרי סטריליות עם מכסים
 - אדמה מ-3 מקורות שונים: לדוגמה קרקע מאזור עם צמחייה עשירה (יער, חורש), קרקע משטח בור, קרקע שנחשפה בחפירה באזור בנייה (1-2 מ' מפני הקרקע) - מכל מקור כ-5 גרם.
 - 4 מבחנות רגילות סטריליות פקוקות
 - 8 מקלונים לניקוי אוזניים
 - אינקובטור (לא הכרחי)
 - עטי סימון
 - מים סטריליים (כ-100 מ"ל)
 - פיפטה סטרילית של 10 מ"ל.
 - אינקובטור (לא הכרחי).
 - מעמד ל-4 מבחנות, או כוס כימית כחלופה.
- הערה: אפשר להכין לתלמידים מראש את הצלחות עם הג'לטין, ולחסוך את זמן ההמתנה עד להתמצקות הג'לטין.

שלב 4: פירוק פסולת אורגנית בתנאים שונים

רשימת כלים וחומרים

- 5 כוסות חד פעמיות
- עגבנייה ומלפפון (לא בהכרח טריים)
- סכין חדה לחיתוך הירקות
- צלחת
- כ-1/3 כוס אדמה – שלושה סוגים שונים
- 50 מ"ל מי ברז
- ריבועי ניילון לכיסוי הכוסות החד פעמיות
- ניילון נצמד
- 5 גומיות
- מסקינג טייפ ועט לסימון