



משרד החינוך  
המזכירות הפדגוגית  
אגף מדעים



מינהלת מל"מ  
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי  
ע"ש עמוס דה-שליט



המרכז הארצי  
למורי הביולוגיה  
ולמורי מדעי הסביבה



## אוגדן

בעקבות השתלמות למורים בנושא:

מה הצמח יודע?

נערך על ידי: נדב שי

בפיקוח: ד"ר רונית רוזנשיין

הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 09/07.13 עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

© כל הזכויות שמורות - משרד החינוך

## תוכן עניינים

- 4..... מטרת האוגדן
- 4..... פרטי הקורס
- 4..... מטרות הקורס
- 5..... תכנית הקורס
- 6..... ביבליוגרפיה
- 7..... חלק א': ניסויים מקדימים לביוחקר המבוססים על תכני הקורס
- 7..... ניסויים מקדימים בנושא השפעת אור על צמחים
- 7..... השפעת אור על תהליכי התפתחות בצמחים (נערך מעבודתה של דליה ארז רייפן)
- הקשר בין עוצמות אור שונות בזמן הנבטה לבין מורפולוגיית הצמח הבוגר (נערך מעבודתה של דיקלה קורן דיין) 10.....
- השפעת האור על קצב הפוטוסינתזה (נערך מעבודתה של יפה בלום) 11.....
- חקירת מיקום הקולטן לאור (נערך מעבודתן של אלה זנגי, דליה ארז רייפן ונתה בר אור פרי) 12.....
- 13..... ניסויים מקדימים בנושא השפעת הורמונים על צמחים
- 13..... מה הצמח מריח? (נערך מעבודתה של נתה בר אור פרי)
- 14..... האם צמחים מריחים? (נערך מעבודתה של יובל פרץ)
- 15..... כיצד תמצית עלי עגבנייה משפיעים על צמח הכשות? (נערך מעבודתה של דיקלה קורן דיין)
- מהי השפעת ריכוז האוקסין על קצב צמיחת גבעולי השום? (נערך מעבודתה של ד"ר ציפי הופמן) 15.....
- מהי השפעת ריכוז האתילן על קצב הגדילה של גבעולי השום (נערך מעבודתה של ד"ר ציפי הופמן) 16.....
- 17..... מהי השפעת אתילן על קצב נשירת עלי זית (נערך מעבודתה של ד"ר ציפי הופמן)
- 18..... השפעת קצה הנבט על התארכות הצמח (נערך מעבודתה של גלית פלינט אשטמקר)
- 19..... ניסויים מקדימים בנושא התמצאות צמחים במרחב
- 19..... האם הצמח מתמצא במרחב? (נערך מעבודתה של אלה זנגי)
- 19..... כיצד מתמצאים הצמחים (נערך מעבודתה של אורית לם) .. שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.
- 20..... כיצד הצמח מתמצא במרחב? (נערך מעבודתה של נתה בר אור פרי)
- 22..... כיצד כיוון הנבטת הצמח משפיע על כיוון גדילתו (נערך מעבודתה של גלית פלינט אשטמקר)

22..... ניסויים מקדימים בנושא תגובת צמחים למגע ולאור

22..... מה הצמח מרגיש? (נערך מעבודתה של אורית לם)

השפעת מגע ואור על פתיחה וסגירה של עלי המימוזה הביישנית (נערך מעבודתה של גלית פלינט אשטמקר).....

23..... מהי השפעת המגע על צמח האראבידופסיס? (נערך מעבודתה של דיקלה קורן דיין)

24..... חלק ב': הצעות לחלופה לביוחקר שבו משולבים תכני הקורס

24..... חלופה מספר 1 (נערך מעבודתה של איה אורון)

27..... חלופה מספר 2 (נערך מעבודתה של אפרת לזין)

29..... חלופה מספר 3 (נערך מעבודתה של נצחיה מרקברייט)

30..... חלופה מספר 4 (נערך מעבודתה של רחלי קרוקר)

32..... חלופה מספר 5 (נערך מעבודתה של שולמית בן עוליאל)

35..... חלופה מספר 6 (נערך מעבודתו של שניר שמיר)

37..... חלק ג': הצעות לשילוב תכני הקורס בתוכנית הלימודים

37..... הצעה מספר 1 (נערך מעבודתה של חרות גור אריה)

41..... הצעה מספר 2 (נערך מעבודתו של טל בר)

44..... הצעה מספר 3 (נערך מעבודתה של נעמי פור אפרתי)

50..... הצעה מספר 4 (נערך מעבודתה של שירי כהן גינוסר)

53..... הצעה מספר 5 (נערך מעבודתה של שירי-רבקה מסה)

## מטרת האוגדן

אוגדן זה מסכם חלק ממטלות הסיום של מורי ביולוגיה אשר השתתפו בקורס המקוון "מה הצמח יודע" בשנת 2017

האוגדן מיועד למורים אשר מעוניינים להוסיף לתוכנית הלימודים מגוון חומרים, עיוניים ומעשיים בנושא זה.

החומרים העיוניים נגישים במקורות הבאים:

- חיימוביץ, ד. צמח - מה הוא יודע עולם החושים המפתיע של הצמחים (2011), הוצאת מטר
- אתר הקורס: <https://www.coursera.org/learn/plantknows>

לתשומת לב !!

כלל ההצעות באוגדן נערכו מהמטלות המסכמות של המורים המשתתפים, ההצעות שמופיעות באוגדן זה לא נוסו בפועל, יש לנסות את היתכנותם במעבדה לפני שמבצעים אותם עם התלמידים ולבצע התאמות (סוג הצמח, טכניקות ניסוי, מספר ימי ניסוי וכו').

## פרטי הקורס

שם הקורס: מה הצמח יודע?

שם המרצה: פרופ' דני חיימוביץ', ד"ר אביבה כץ

סוג הקורס: מקוון

מס' שעות: 30 עם ציון

מוכר לעוז לתמורה ולאופק חדש

## מטרות הקורס

1. עדכון ידע מדעי עדכני בבוטניקה ובפיזיולוגיה של הצמח
2. העמקת הוראת מיומנויות החקר
3. הרחבת הידע המדעי של המורים אודות אפשרויות ליישום מחקרי ביוחקר בכתה
4. אפשרויות הנגשת ידע מדעי עדכני לתלמידים ע"י יצירת פעילויות לכתה בעקבות הקורס
5. שיח בין מורים למדען לשם יצירת גשר בין המדע לכתה

## תכנית הקורס

יחידה	נושא היחידה	תאריך	סוג המפגש והיקפו
1	מה הצמח "רואה"? – חישת אור ע"י הצמחים	21.5.17	סינכרוני, שעתיים
2	מה הצמח "רואה"? – חישת אור ע"י הצמחים – פעילות באתר מוודל	23.5.17	א-סינכרוני שעה
3	מה הצמח "מריח"? – חישת חומרים נדיפים	28.5.17	סינכרוני, שעתיים
4	מה הצמח "מריח"? – חישת חומרים נדיפים – פעילות באתר מוודל	30.5.17	א-סינכרוני שעה
5	מה הצמח "חש"? – חישת מגע בצמחים	4.6.17	סינכרוני, שעתיים
6	מה הצמח "חש"? – חישת מגע בצמחים – פעילות באתר מוודל	6.6.17	א-סינכרוני שעה
7	מה הצמח "שומע"? – חישת גלי קול בצמחים	11.6.17	סינכרוני שעתיים
8	מה הצמח "שומע"? – חישת גלי קול בצמחים – פעילות באתר מוודל	13.6.17	א-סינכרוני שעה
9	כיצד הצמח יודע היכן הוא? – "התמצאות" במרחב	18.6.17	סינכרוני שעתיים
10	כיצד הצמח יודע היכן הוא? – "התמצאות" במרחב – פעילות באתר מוודל	20.6.17	א-סינכרוני שעה
11	מה הצמח "זוכר"? – מנגנוני זיכרון בצמחים	25.6.17	סינכרוני שעתיים
12	מה הצמח "זוכר"? – מנגנוני זיכרון בצמחים – פעילות באתר מוודל	25.6.17	א-סינכרוני שעה
13	"תודעת" הצמח	2.7.17	סינכרוני שעתיים
14	"תודעת" הצמח – פעילות באתר מוודל	4.7.17	א-סינכרוני שעה
15	כיצד הקורס תורם להוראת הביולוגיה בנושאי הליבה ונושאי ההעמקה – פעילות באתר מוודל	6.7.17	א-סינכרוני שעתיים

16	הקשר בין הקורס מה הצמח יודע והביוחקר – פעילות באתר מוודל	9.7.17	א-סינכרוני שעה
17	הרצאה: עדכונים מחזית המחקר בנושא הפיסיולוגיה של הצומח – ד"ר אביבה כץ, מפגש מסכם והצגת תוצרים	12.7.17	שעתיים 4 שעות
סה"כ 30 שעות			

## ביבליוגרפיה

חיימוביץ, ד. צמח - מה הוא יודע עולם החושים המפתיע של הצמחים (2011), הוצאת מטר

אתר הקורס: <https://www.coursera.org/learn/plantknows>

[הנחיות לביוחקר](#) מתוך אתר המרכז הארצי

[תכנית הלימודים](#) מתוך אתר המרכז הארצי

הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 09/07.13 עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

© כל הזכויות שמורות - משרד החינוך

## חלק א': ניסויים מקדימים לביוחקר המבוססים על תכני הקורס

### ניסויים מקדימים בנושא השפעת אור על צמחים

#### השפעת אור על תהליכי התפתחות בצמחים (נערך מעבודתה של דליה ארז רייפן)

**הקדמה:** תהליכי התפתחות ביצור חי כוללים את כל תהליכי הצמיחה וההתמיינות משלב הזיגוטה עד למבנה של היצור הבוגר. תהליכי ההתפתחות מתקיימים בכל רמות הארגון: ברמת האורגניזם השלם, ברמת האיברים וברמת הרקמות והתאים. צמחים הם אורגניזם נוח לחקר השפעת גורמים סביבתיים על תהליכי התפתחות. באותו מקום בצמח מתקיימים בזמנים שונים תהליכי התפתחות שונים. בנוסף, באותו צמח, באזורים שונים חלים תהליכי התפתחות שונים.

דגם ההתפתחות של צמח מושפע מהמטען הגנטי אך מבוקר הן על ידי גורמים פנימיים והן על ידי גורמים סביבתיים. בצמחים בולטת היכולת להגיב לסביבה באמצעות שינוי בתהליכי התפתחות. יכולת זו התפתחה מאוד בצמחים עילאיים ככל הנראה בגלל היותם אורגניזמים נייחים.

עבור צמחים האור הוא מקור אנרגיה להפקת חומרי המזון ולכן עוצמת האור (שטף הפוטונים ליחידת שטח וזמן), איכות האור (אורך הגל) וכמות האור (משך התאורה) מהווים הן תנאי לגידול והן גורם בקרה וויסות להתפתחות הצמח. הניסויים המוצעים כאן מתמקדים בהשפעת איכות האור (אורך הגל) על תהליכי התפתחות חשובים בצמח. בהתאם לאופי התגובה ניתן למיין את השפעות איכות האור לשלושה סוגים: השפעות פוטורופיות, השפעות פוטומורפוגניות והשפעות פוטופריודיות. השפעה פוטורופית באה לידי ביטוי בתגובת צמיחה לכיוון מקור האור. השפעה פוטומורפוגנית באה לידי ביטוי בשינוי דגם הצמיחה וההתפתחות בהתאם לחשיפה לאור באורך גל מסוים. השפעה פוטופריודית באה לידי ביטוי בהתפתחות שונה בהתאם לשינויים באורך היום הנמדדים על פי שינויים באורך הגל העיקרי המאפיין את האור בשעות היום השונות.

**מהלך הניסוי:** השפעת אור אדום ואור אדום רחוק על תהליך הנביטה.

1. שאלה לדיון בכיתה: מהו הערך ההסתגלותי (אדפטיבי) של השפעת אור (עוצמה, כמות ואיכות) על תהליך הנביטה?

**למורה:** צמחים משקיעים משאבים יקרים בתהליכי התפתחות והבשלת זרעים. בעבור צמחים חד-שנתיים תהליך נביטה מוצלח הוא גם הדרך היחידה להמשכיות הדור. אי לכך, קיים יתרון הסתגלותי בנביטה רק כאשר התנאים הסביבתיים מתאימים ביותר. האור, על כל מרכיביו, מהווה מדד לעומק בו מצוי הזרע ולכמות הזמן שתדרש לו על מנת להגיע אל מקור אור שמהווה תנאי להמשך התפתחותו האוטורופית. במהלך הזמן בו הזרע נובט הוא מסתמך על תזונה הטורטרופית שתלויה בשימוש במאגרי המזון המצויים בזרע. אי לכך, זרעים יגיבו באופן שונה לאור בהתאם לכמות חומרי התשמורת שבהם. זרעים גדולים, בעלי כמות גדולה של חומרי תשמורת "יכולים להרשות לעצמם" זמן רב יותר של צמיחה הטורטרופית ולכן עשויים שלא להעדיף או אפילו להעדיף המנעות מחשיפה לאור במהלך הנביטה (לדוגמה זרעי חבצלת החוף) בעוד שזרעים קטנים, בעלי כמות חומרי תשמורת מועטה עשויים לנבט רק לאחר חשיפה לאור שמסמלת קרבה לפני השטח ואפשרות לתהליך נביטה מהיר. בהתאם לכך ניתן

למיין זרעים למינים שבהם קיימת דרישה להארה כדי שתהליך הנביטה יתקיים ולעומתם למינים שנביטתם דורשת המנעות מהארה. קיימים גם מינים שלנביטתם דרישה לחשיפה קצרה מאוד לאור ולעיתים די בחשיפה קצרה מאוד ובעוצמות נמוכות מאוד על מנת לעודד נביטה כמו בדוגמה אותה נבדוק.

2. ביצוע ניסוי גילוי מודרך – (תוצאותיו לא יהיו ידועות מראש אך תכנון הניסוי לא יתבצע על ידי התלמיד) **השפעת הארה על תהליך הנביטה בחסה**.

3. בניסוי נשתמש בזרעי חסה מהזן Grand rapis שהותפחו (ספגו מים) בחושך. ניסויים מוקדמים גילו שרק זרעים תפוחים רגישים ומגיבים לאור בתהליך הנביטה. מדוע לדעתכם זרעים יבשים אינם מגיבים לאור? כתבו את תשובתכם בדוח המעבדה.

4. הציוד הדרוש לניסוי ומהלך חלק א של הניסוי:

כל טיפול בניסוי יתבצע בשלוש חזרות כאשר בכל חזרה צלחת פטרי ובה 10 זרעי חסה מהזן Grand rapis. כל הטיפולים יתבצעו בטמפרטורה של 26 מעלות צלזיוס.

הטיפולים: 1. חושך (צלחות פטרי בתוך קופסת נעליים חשוכה). 2. חושך + הארה למשך 5 דקות באור אדום (נורת לד אדומה שמחוברת לקופסת נעליים חשוכה שתודלק למשך 5 דקות בלבד). 3. חושך + הארה למשך 5 דקות באור לבן (קופסת נעליים חשוכה ובתוכה מורכבת נורת לד שמפיצה אור לבן). 4. אור- (צלחות פטרי שמונחות בתוך קופסת נעליים פתוחה ומעליה נורת לד לבנה) ההארה בטיפולים 2 ו 3 תתבצע ביום הראשון להעמדת הניסוי. לאחר שלושה ימים, נפתח את הקופסאות, נוציא את צלחות הפטרי ונספור את מספר הזרעים שנבטו. כזרע נובט יחשב זרע שבו ניתן להבחין בהתחלה ברורה של שורשון.

הערה למורה – שתי נורות הליד יהיו בעלות אותו הספק ומאותה חברה.

5. שאלות לתלמיד לניתוח תכנון חלק א' של הניסוי: (יש לענות בתוך דוח הניסוי שיוגש)
- מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי? אילו ערכים שונים יש למשתנה הבלתי תלוי בניסוי?
  - האם המשתנה הבלתי תלוי בדיד או רציף?
  - מהו המשתנה התלוי בניסוי? כיצד הוא נמדד? מהן היחידות בהן מודדים את המשתנה הבלתי תלוי?
  - מהן הבקורות בניסוי?
  - מדוע שמים את צלחות הפטרי בטיפול האור בתוך קופסת נעליים פתוחה? לשם מה נחוצה קופסת הנעליים במקרה זה?
  - הציעו תוספת או שינוי שאתם הייתם מבצעים בתכנון הניסוי.

6. תוצאות

- כיצד אתם מציעים לבדוק ולסכם את תוצאות הניסוי – רשמו את הצעתכם.
- בצעו את בדיקת התוצאות לפי ההוראות הבאות:
  - בכל צלחת פטרי – ספרו את מספר הזרעים שנבטו ורשמו את התוצאות בטבלה מתאימה.
  - לכל טיפול חשבו ממוצע של מספר הזרעים שנבטו בצלחת (חיבור מספרי הנבטים שנבטו בכל צלחת בטיפול זה וחלוקה ל 3).
  - הציגו את תוצאות הניסוי בדיאגרמת עמודות.



## 7. מסקנות

רשמו בדוח את מסקנותיכם מתוצאות חלק א של הניסוי.

אילו שאלות חדשות מתעוררות לאחר הסקת המסקנות? כיצד ניתן לבדוק אותן באמצעות ניסוי?

### חלק ב' של הניסוי:

בחלק זה נצפה בתופעה לא צפויה ומעניינת שנתגלתה במחקרים קודמים שנערכו עם זרעי חסה מהזן Grand rapis שהותפחו בחושך בטמפרטורה של 26 מעלות צלזיוס.

### ציוד ומהלך:

ניסוי זה יכלול את טיפול 2 מחלק א שיכונה אור אדום וטיפול חדש שיכונה טיפול אור אדום – אור אדום רחוק.

1. אור אדום - חושך + הארה למשך 5 דקות באור אדום (נורת לד אדומה שמחוברת לקופסת נעליים חשוכה שתודלק למשך 5 דקות בלבד).
2. אור אדום – אור אדום רחוק - חושך+ הארה למשך 5 דקות באור אדום ולאחריה הארה למשך 5 דקות באור אדום רחוק (צריך לעשות ניסוי מקדים. אני מציעה ליצור את האור האדום הרחוק באמצעות עציץ של צמח ירוק שופע עלים ירוקים וגדולים שישמש כחופת צומח ויבלע את האור האדום תוך שהוא משאיר בעיקר אור אדום רחוק שיסתנן ויעבור דרכו).

### דיון מודרך בתוצאות הניסוי-

למורה – בחלק ב' צפינו בתופעת הפיכות השפעת האור האדום על הנביטה בחסה באור אדום רחוק. זוהי הדגמה של אחת התופעות ההתפתחותיות בצמחים המושפעות מאור אדום ומאור אדום רחוק כאשר הקולטן של האור הוא הפיטוכרום. התוצאה הצפויה של חלק זה היא שהצמחים בטיפול האור האדום בלבד ינבטו בשיעור גבוה ואילו הצמחים שטופלו באור אדום רחוק אחרי החשיפה לאור אדום כמעט שלא ינבטו.

### שאלות לתלמיד בעקבות התצפית בתוצאות חלק ב' –

1. בניסוי נוסף שנערך על ידי קבוצת חוקרים ניתן לזרעים תפוחים של חסה מהזן Grand rapis הטיפול הבא: הארה למשך 5 דקות באור אדום לאחריה: הארה למשך 5 דקות באור אדום רחוק, לאחריה: הארה למשך 5 דקות באור אדום. נסו לשער מה היו תוצאות הניסוי?
- למורה – אם התלמידים מתקשים בהשערה ניתן לתת להם את התשובה. מרבית הזרעים נבטו.
2. הציעו מנגנון של קולטן או קולטני אור שיכולים להסביר את התוצאות בהן צפינו בחלק ב' של הניסוי.
3. לאיזו קבוצת תגובות לאור שייכת התגובה אותה חקרנו? (פוטורופיזם, פוטופריודיזם או פוטומורפוגנית)?

**סיכום** – הסבר מנגנון קליטת האור והידוע על מסלול העברת האות שנקלט על ידי הפיטוכרום. ניתן לסכם בצפייה משותפת עם התלמידים בחלק 2.4 בשיעור השני בקורס "מה הצמח יודע" שכותרתו: Phytochrome, a light activated switch.

## הקשר בין עוצמות אור שונות בזמן הנבטה לבין מורפולוגיית הצמח הבוגר (נערך מעבודתה של דיקלה קורן דיין)

**הקדמה:** שאלת החקר מבוססת על שבוע 2 בקורס, "מה הצמח רואה", בו למדנו על תגובות תנועה לכיוון האור בצמחים. למדנו כי הנבטה באור (פוטומורפוגנזה) מביאה לפנוטיפ של צמח בוגר שונה מאשר הנבטה בחושך (סקוטומורפוגנזה). (Chamovitz) על מנת לענות על שאלת הביוחקר, נצטרך להנביט זרעי אראבידופסיס כאשר כל התנאים קבועים (לחות, מצע הנבטה, טמפרטורה...) מלבד עוצמת האור, שהיא המשתנה הבלתי תלוי. את עוצמת האור ניתן לכוון בשתי דרכים: דרך אחת, ע"י שימוש בנורות עם וואט שונה. דרך שנייה, וטובה יותר לדעתי, לכסות את הנורות בשכבות של רשת שחורה (מהרשתות החקלאיות האלה לכיסוי עצים), כך שבכל טיפול יהיה מספר שונה של שכבות. יהיו הנבטות גם בחושך מוחלט (ללא נורה ובתוך ארון), ותחת נורה ללא רשתות כלל (הארה מלאה). לאחר כ-6 שבועות, ייבדק פנוטיפ האראבידופסיס הבוגר שיכלול פרמטרים של אחוזי פריחה, גובה הצמח, גודל העלים.

לשם כך, יש צורך בניסוי **מקדים** על מנת לבדוק האם הנבטה בחושך מביאה לפנוטיפ צמח בוגר שונה מאשר הנבטה באור:

- א. ניקח 20 זרעי אראבידופסיס (אותם נחלק לשתי קבוצות בהמשך, 10 בכל קבוצה), ונשרה בהם תנאים להנבטה אופטימלית: נזרע 5 זרעים בעציץ משתלות קטן ושחור, המכיל אדמה וחומרי הזנה, כאשר יהיו 4 עציצים כאלו. את העציצים נכניס למקפיא (בטמ' של  $-4^{\circ}\text{C}$ ) למשך יומיים על מנת לסנכרן את זמן הנביטה של כל הזרעים. (Koren et al., 2013)
- ב. לאחר יומיים במקפיא, נוציא את העציצים החוצה למעבדה. 2 עציצים יעמדו ליד חלון המעבדה בתנאי אור יום ארוך או קצר, בהתאם לעונת השנה בה יבוצע הניסוי, ואילו 2 עציצים יעמדו בארון בתנאי חושך.
- ג. לאחר הופעת העלים האמיתיים הראשונים, ייערך דילול, כך שבעציץ אחד יהיה צמח אחד, כך שיהיו 10 עציצים שבכל אחד צמח אחד בתנאי אור יום, ו-10 עציצים שבכל אחד צמח אחד בתנאי חושך.
- ד. לאחר שבועיים, ייבדק פנוטיפ האראבידופסיס הבוגר על פי הפרמטרים: גובה הצמח, גודל העלים. במידה ותהיה פריחה - גם היא תימדד כאחוזי פריחה.

במידה ויהיו הבדלים ברורים בין הפנוטיפים של הצמחים שנבטו בחושך לעומת אלו שנבטו בתנאי יום ארוך/קצר (בהתאם לעונת השנה), יהיה אפשר להתחיל לבצע את הניסוי העיקרי המתואר בפסקת ההקדמה.

## השפעת האור על קצב הפוטוסינתזה (נערך מעבודתה של יפה בלום)

### פעילות מקדימה בנושא בקרה על ביטוי גנים.

שעות ספורות לפני זריחת השמש הצמחים כבר מתחילים להיות פעילים ויוצרים נגזרות של דנ"א שדרושות להם לפוטוסינתזה. כשהפיטווכרומים שלהם חשים שאור השמש מתחזק, הצמח מכין את המולקולות שלוכדות את האור וכך מתחיל תהליך הפוטוסינתזה, שנחוץ לגדילת הצמח.

בתא יש חלבונים שנקשרים לרצפי דנ"א שעל הגרעין וגורמים לגנים לעבור תרגום ולבוא לידי ביטוי. השילוב של הפיטווכרומים עם החלבונים שבגרעין מאפשר את ייצור חלבונים הדרושים לביצוע תהליכים התלויים באור, כמו הפוטוסינתזה – תהליך ההמרה של אנרגיית אור למזון בצמח (2).

נבדוק את השפעת שינוי בשעות היום (זווית פגיעת האור) על קצב הפוטוסינתזה בעלי בזיליקום.

נדגום עלים במספר זמנים ביום ללא עננות: 4:00 (חושר) 12:00 (צהרים) וב 16:00 שקיעה.

בכל קבוצה נבדוק קצב פוטוסינתזה בכל דרך אפשרית. ניסויים מקדימים נוספים יבדקו את שיטת המדידה המתאימה ביותר והאם ניתן לשמר את כמויות חומרי הפוטוסינתזה בדגימות השונות על ידי קירור העלים ואז ניתן לבצע את המדידות בבת אחת.

### הכנת תרחיף עשיר בכלורופלסטים

א. קח כוס לשימוש חד-פעמי, ובה מי ברז. כתוב עליה: "אמבט לתרחיף כלורופלסטים". העבר 5 קוביות קרח לאמבט.

ב. עטוף את אחת המבחנות לכל אורכה ברדיד אלומיניום אחד. עשה זאת כך: הנח את המבחנה בקצה רדיד האלומיניום. גלגל את המבחנה עם הרדיד עד שתהיה עטופה היטב והעמד את המבחנה העטופה באמבט מי הקרח שהכנת.

ג. קרע 5 עלים לחתיכות בגודל של כ-1 סמ"ר, אין צורך לדייק. הכנס את כל קרעי העלים למכתש.

ד. באמצעות הפיטה העבר למכתש 5 מ"ל תמיסת בופר פוספאט pH7, וכתוש את עלי התרד עד שתקבל רסק ירוק. הוסף למכתש עוד 5 מ"ל מן הבופר והמשך לכתוש במשך כדקה אחת.

ה. הנח משפך על המבחנה שבאמבט מי הקרח, ורפד אותו בגזה (8 שכבות).

ו. העבר את כל הרסק למשפך שעל המבחנה.

הוסף למכתש עוד 5 מ"ל מן הבופר. טלטל בעדינות את המכתש והעבר את הנוזל למשפך.

המתן עד שרוב הנוזל יסתנן למבחנה דרך הגזה. אין לסחוט את הגזה.

לאחר הסינון העבר את המשפך עם הגזה לכלי הפסולת.

— פקוק את המבחנה העטופה.

בהמשך עבודתך הקפד להשאיר את המבחנה באמבט מי קרח.

### חשיפה לאור ומדידת קצב פוטוסינתזה

- ז. העבר 5.0 מ"ל תרחיף כלורופלסטים מן המבחנה שבאמבט למבחנה. שים לב: הצבע ההתחלתי של הנוזל במבחנות א-ב הוא שילוב של צבע האינדיקטור — הכחול, ושל צבע הכלורופלסטים — הירוק.
- ח. פקוק היטב את המבחנה. עטוף ברדיד אלומיניום מבחנה נוספת לכל אורכה (בקרה).
- ט. בעזרת סרגל ודא שקצה הנורה נמצא במרחק 12-15 ס"מ מן השולחן. הנח את המבחנות צמודות זו לזו על מגבת נייר מתחת למנורה הדלק את המנורה.
- י. לאחר 5 דקות כבה את המנורה, הסר את רדיד האלומיניום והעמד את המבחנות בכך המבחנות.
- יא. קבע את הצבע הסופי של הנוזל בכל מבחנה. על פי סקאלת צבע. רצוי לקרוא OD בספקטרופוטומטר.

### **חקירת מיקום הקולטן לאור (נערך מעבודתן של אלה זנגי, דליה ארז רייפן ונתה בר אור פרי)**

הצמיחה בכיוון אל האור היא תופעה מוכרת לכל מי שגידל צמחים בביתו. אחד הניסויים הראשונים שנעשו כדי לברר את הגורם לצמיחה בכיוון האור נעשו על ידי צ'רלס דרווין, אבי תורת האבולוציה עוד בשנת 1880.

#### פתיחה:

- צפייה משותפת בשיעור 2, חלק 2.2 – הניסוי של דרווין. רישום הגדרה לתגובה פוטוטרופית על הלוח בעזרת התלמידים.
- שאלות עליהן התלמידים יענו בהמשך הצפייה בשיעור **עד הדקה ה 2.54**
  1. מי ערך את הניסוי המתואר, באיזו שנה, מה היה שם הספר בו סיכם את תוצאות ניסוייו?
  2. מה הייתה המסקנה שהסיק החוקר כתוצאה מתצפיות שערך בחפורית קנרית ובעוד צמחים רבים המוארים באור צדדי חלש (נר בוער)?
  3. מה הייתה שאלת החקר שניסח החוקר בעקבות תצפיותיו?
  4. שערך השערה שניתנת להבדק בניסוי – היכן מצוי הקולטן לאור ("עין") של הצמח?
  5. כתבו הצעה לניסוי שיבחן את השערתכם מסעיף 4.
    - המשך צפייה בשיעור עד סופו. התלמידים יענו על השאלות הבאות:
      1. מה הייתה ההשערה של החוקר – היכן נמצא הקולטן לאור הצדדי בצמח?
      2. מה היה הטיפול הראשון שביצע החוקר?
      3. מדוע טיפול זה אינו מספיק על מנת להסיק באופן חד משמעי שקולטן האור הצדדי מצוי בקצה העליון של הצמח?
      4. מה היו טיפולי הבקרה שביצע החוקר? מה מוכיח כל אחד מטיפולי הביקורת.

## מהלך הניסוי:

1. לפני הניסוי: יש להנביט זרעים (ארבידובסיס, שעועית מש, או כל זרע אחר שידוע שיש לו נבטים ארוכים יחסית), עד לשלב של אורך נצרון של כחצי סנטימטר. יש להכין 3 קופסאות קרטון כאשר באחת הפאות חור ממנו ניתן להכניס מנורה. 3 מנורות שולחן.
2. הכן 3 צלחות פטרי, וסמן אותם ב"ימין", "שמאל" ו-"מעלה". רפד אותן על ידי צמר גפן לח.
3. בחר 10 נבטים שלהם נצרון של כחצי סנטימטר וסדר אותם באופן מרווח בצלחת המסומנת "ימין". חזור על פעולה זו גם לשתי הצלחות הנוספות.
4. הכנס כל צלחת לקופסת הקרטון, ומקם את החור דרכו תאיר המנורה על פי הרשום על הצלחת (ימין לצלחת, שמאל לצלחת, מעל הצלחת).
5. מקם את המנורה בחור.
6. במשך שבוע-10 ימים יש לגדל את הנבטים. יש להקפיד על 8-10 שעות אור ביום. יש להקפיד על כך שצמר הגפן יישאר לח במהלך הגידול.
7. לאחר שבוע-10 ימים יש לפתוח את הקופסאות ולבדוק את כיוון צמיחת הנבטים בצלחות.

\*\* ניתן לחילופין לגדל את הנבטים בצלחות באור "רגיל" ולאחר ההתארכות להעביר לקופסאות ולבדוק לאחר כמה ימים את כיוון הכיפוף של הנבטים. במקרה זה ניתן גם לכסות על ידי סלוטייפ אטום חלקים שונים בנבט על מנת לקבוע איזה חלק בצמח "רואה" את האור.

## **ניסויים מקדימים בנושא השפעת הורמונים על צמחים**

### **מה הצמח מריח? (נערך מעבודתה של נתה בר אור פרי)**

הנביטה היא התעוררותו של העובר לחיים פעילים, צמיחתו ויציאתו מתוך הזרע בצורת נבט. הנביטה היא אחד השלבים הקריטיים ביותר במחזור חייו של כל צמח. הזרע הבשל אינו נובט במצבו היבש, שכן אז הוא שרוי במצב מנוחה המתאפיינת בפעילות מטבולית נמוכה. כאשר תנאי הלחות, הטמפרטורה, האוורור והאור מתאימים, הזרעים מתחילים לספוג מים ולתפוח, ובמקביל, גוברים בהדרגה כל התהליכים המטבוליים. חומרי התשמורת של הזרע מתפרקים, ומאבני הבניין שלהם הולכים ונבנים חומרי המבנה של הנבט. ידוע כי הגז אתילן מעורר את תהליכי הנביטה בזרעים מסוימים, כמו: בתירס, באפונה ובשעועית.

## מהלך הניסוי:

1. לפני הניסוי: יש להשרות זרעים (תירס אפונה או שעועית מש) במים על מנת להשרות הנבטה. יש להכין 2 שקיות ניילון שקופות גדולות, וכן פרי (תפוח עץ, עגבנייה, בננה, אבוקדו).
2. הכן 2 צלחות פטרי ורפד אותן בצמר גפן לח.
3. סדר 10 זרעים בכל צלחת פטרי.
4. הנח כל צלחת בשקית אחת, ולאחד השקיות הכנס את הפרי. יש לוודא שהשקית סגורה.
5. במשך שבוע-10 ימים יש לגדל את הנבטים. יש להקפיד על 8-10 שעות אור ביום. יש להקפיד על כך שצמר הגפן יישאר לח במהלך הגידול.
6. עקב אחר זמן נביטת הזרעים בשתי הצלחות.

## האם צמחים מריחים? (נערך מעבודתה של יובל פרץ)

### שלב 1

התחלקו לקבוצות בנות 3 תלמידים ועבדו על פי ההוראות הבאות:

1. לפניכם 7 בננות ירוקות (לא בשלות). בחרו שתי בננות.
2. קלפו את הבננות שבחרתם ורסקו חלק קטן מהן- עבור כל בננה בנפרד.
3. מדדו את ריכוז החד- סוכר שבכל אחת מהבננות באמצעות רפרקטומטר. את התוצאה יש לרשום במחברת.
4. על מגשכם נותרו 5 בננות ירוקות. הכניסו בננה אחת לכל אחת מהשקיות שעל מגשכם. יש להיזהר על מנת שהסיד שבתוך השקיות לא יצא החוצה.
5. הכניסו תפוחים לכל אחת מהשקיות על פי הטבלה הבאה:

מספר התפוחים	מספר השקית
0	1
1	2
2	3
3	4
4	5

6. סגרו את השקיות היטב.
7. המתינו 4 ימים.

שאלות:

- א. נסחו שאלת חקר מתאימה לניסוי.
- ב. שערו מה אתם חושבים שתהיה התוצאה. הסבירו את הבסיס הביולוגי להשערתכם.
- ג. מהו טיפול מספר 1 ומה חשיבותו?
- ד. הכינו טבלה לרשום מערך הניסוי ותוצאותיו.

### שלב 2

1. הוציאו את הבננה משקית מספר 1, קלפו ורסקו אותה.
2. באמצעות רפרקטומטר בדקו את ריכוז החד- סוכר שבבננה. רשמו את התוצאה שהתקבלה במקום המתאים בטבלה.
3. חזרו על הפעולות בסעיפים 1-2 בכל אחד מהטיפולים הנוספים.

שאלות:

- א. מהו סוג הגרף המתאים להצגת תוצאות הניסוי? הסבירו.
- ב. שרטטו גרף מהציג את תוצאות הניסוי. יש להוסיף לגרף כותרת מתאימה.
- ג. תארו את תוצאות הניסוי.
- ד. ציינו 3 גורמים שנשמרו קבועים לאורך הניסוי. בחרו באחד מהם והסבירו את החשיבות בשמירתו.
- ה. נסחו מסקנה מתוצאות הניסוי

## כיצד תמצית עלי עגבנייה משפיעה על צמח הכשות? (נערך מעבודתה של דיקלה קורן דיין)

**הקדמה:** שאלת החקר מבוססת על הרצאה 3 בקורס, "מה הצמח מריח", בו למדנו כי צמחים מגיבים לחומרים נדיפים בשלל תגובות.

כשות היא צמח טפיל אשר נמשך לריח של צמח העגבנייה, ומגיב בהתכופות לעברה (Chamovitz., 2012). בניסוי הביוחקר העיקרי, נבדוק ריכוזים שונים של תמצית עלי העגבנייה, וכך נוכל לראות את הריכוז מינימלי שבו הכשות מתחילה "להריח" את העגבנייה. נכניס את צמח הכשות על גבי מצע גידול מתאים, לתוך אקווריום שקוף, ובקצה המרוחק של האקווריום נכניס תמצית עלי עגבנייה בריכוז מסוים. נערוך ניסוי זה ב-5 ריכוזים שונים של תמציות עלי עגבנייה על מנת לראות מהו הריכוז המינימלי אשר מתחת אליו הכשות אינה "מריחה" את העגבנייה.

על מנת לקבוע את טווח הריכוזים השונים של תמצית העגבנייה, יש צורך ב**ניסוי מקדים**.

- נערוך מיצוי מעלי עגבנייה ע"י טחינת העלים במיקסר, וסינון דרך תחבושת גזה.
- את המיצוי נדלל (בשמן) באופן שבו יהיו ריכוזים של 0.5% מיצוי, 1% מיצוי, 1.5% מיצוי, 2% מיצוי. הבקרה תהיה שמן בלבד.
- נכניס לתוך אקווריום שקוף בקצה אחד את הכשות ובקצה השני כוס כימית קטנה ובתוכה המיצוי בנפח מסוים (למשל 5 מ"ל).
- נבדוק את תגובת הכשות; האם היא מתכופפת לעבר המיצוי או לא.
- במידה ובכל הריכוזים תהיה תגובת התכופפות של הכשות – ננסה לערוך ניסוי דומה בו נבדוק ריכוזים שונים של חיטה על תגובת הכשות (התגובה תהיה הפוכה, הכשות תתרחק מהחיטה (Chamovitz., 2012)). במידה ולא תהיה תגובה כלל מצד הכשות, נערוך את הניסוי בריכוזים גבוהים יותר של תמצית עלי העגבנייה (למשל 10%, 20%, 30%...)

## מהי השפעת ריכוז האוקסין על קצב צמיחת גבעולי השום? (נערך מעבודתה של ד"ר ציפי הופמן)

### השערות הניסוי:

חשיפת גבעולי שום לריכוזים עולים של אוקסין תגרום לעיכוב גדול יותר של התארכות השורשונים.

חשיפת גבעולי שום לריכוזים עולים של אוקסין תגרום לעליה במספר השורשונים.

חשיפת גבעולי שום לריכוזים עולים של אוקסין תגרום לעליה באורך העלים.

### הבסיס הביולוגי להשערה:

ההורמון אוקסין מעודד התרבות שורשים, מונע התארכות שורשים ומעודד התארכות עלים.

המשתנה הבלתי תלוי: ריכוזים שונים של אוקסין.

דרך שינוי המשתנה הבלתי תלוי: ריכוזים שונים של האוקסין יקבעו לפי מספר טיפות האוקסין.

את האוקסין ממיסים בריכוז של 500 PPM .

להכנת תמיסה של 1 PPM יש לקחת 1 מילגרם של אבקת האוקסין לליטר ממש או 1 מיקרוגרם ל 1 מיליליטר.

אוקסין מסוג NAA יש להמיס באתנול.

אוקסין מסוג IBA יש להמיס בכמות קטנה של NaOH ואז למהול לריכוז הרצוי במים.

המשתנה התלוי: קצב הצמיחה וההתפתחות של גבעולי השום.

אופן מדידת המשתנים התלויים:

1. מדידת אורך השורשונים של גבעולי השום במהלך 10 ימים.
2. מדידת אורך העלים של גבעולי השום במהלך 10 ימים.
3. ספירת מספר השורשונים של גבעולי השום במהלך 10 ימים

#### מערך הניסוי

לקופסאות המכילות נפח של 400 מ"ל מכניסים 200 מ"ל תמיסת אוקסין .

בתוך רשת כמודגם בתמונות מציבים 5 גבעולי שום הטובלים בקצה הגבעול בתמיסה. 4 חזרות לכל טיפול.

מספר הכלי	מספר טיפות אוקסין	מספר שיני השום בכלי	נפח המים מ"ל
1	1	4	200
2	2	4	200
3	3	4	200
4	4	4	200

### מהי השפעת ריכוז האתילן על קצב הגדילה של גבעולי השום (נערך מעבודתה של ד"ר ציפי הופמן)

השערת הניסוי: ככל שריכוז האתילן בקרבת גבעולי השום יעלה, קצב התארכות השורשונים והעלים של גבעולי השום יעלה.

הבסיס הביולוגי להשערה:

כאשר אתילן בא במגע עם רקמות צמחיות הוא מעודד נשימה תאית והתפתחות רקמות צמחיות.

המשתנה הבלתי תלוי: מספר רבעי תפוח עץ מ - 1 עד 5 רבעים

המשתנה התלוי: קצב הגדילה של גבעולי השום.

אופן מדידת המשתנים התלויים:

1. מדידת אורך השורשונים של גבעולי השום.
2. מדידת אורך העלים של גבעולי השום



### מערך הניסוי

לקופסאות המכילות נפח של 400 מ"ל מכניסים 200 מ"ל תמיסת אוקסין. בתוך רשת כמודגם בתמונות מציבים 5 גבעולי שום הטובלים בקצה הגבעול בתמיסה. 4 חזרות לכל טיפול. כל קופסה ובתוכה רשת עם שיני שום הטבולים מים מכניסים לתוך שקית ניילון ובתוכה רבעי תפוח עץ בהתאם למינון 1-4 רבעים.

מספר הכלי	מספר רבעי תפוח עץ	מספר שיני השום בכלי	נפח המים מ"ל
1	1	4	200
2	2	4	200
3	3	4	200
4	4	4	200

### מהי השפעת אתילן על קצב נשירת עלי זית (נערך מעבודתה של ד"ר ציפי הופמן)

האורגניזם הנבדק: עץ זית

#### השערת הניסוי:

ככל שריכוז האתילן בקרבת עלי הזית יעלה, קצב נשירת העלים יעלה.

#### הבסיס הביולוגי להשערה:

כאשר אתילן בא במגע עם רקמות צמחיות הוא מעודד נשירת עלים. התהליכים המעידים על הזדקנות העלים, הם הרס מוגבר ופירוק של חלבונים ושל מקרו-מולקולות אחרות; זו הסיבה לשינויים במבנה התא, לירידה בפעילות הפוטוסינתזה, לירידה ביצירת חלבונים ובפעילויות מטבוליות רבות אחרות של העלה.

המשתנה הבלתי תלוי: ריכוז האתילן בקרבת עלי הזית.

דרך שינוי המשתנה הבלתי תלוי: מספר רבעי תפוח עץ 1-5

המשתנה התלוי: קצב הנשירה של עלי הזית

אופן מדידת המשתנה התלוי:

מספר עלי הזית שנשרו לאחר 10 ימים.

#### מערך הניסוי:

#### ציוד נדרש:

- בקבוקי קוקה קולה/קינלי חסרי צבע, ריקים.
- תחתיות של צלחת פטרי
- כוסות לשימוש חד פעמי או כוסות כימיות
- תפוח עץ
- 100 מ"ל מי ברז
- ענפים דומים (באורכם, במספר העלים שעליהם) של עץ זית

## אופן ההכנה:

- בעזרת מחט או מסמר מחוממים מחוררים בצפיפות את תחתיות צלחות הפטרי.
- חותכים כל אחד מהבקבוקים לשני חלקים במרחק כ- 12 ס"מ מהפקק (בחלקם העליון, בנקודה הרחבה ביותר מניחים רבעי תפוח עץ בתחתית אחד הבקבוקים).
- מכניסים את צלחת פטרי לבקבוק שבו התפוח, כשפתחה כלפי מעלה. מכניסים עד לנקודה שבה היא לחוצה היטב בדפנות הבקבוק ומונחת אופקית וישרה.
- ממלאים את הכוסות כמחציתן במים. מעבירים ענף זית לכל כוס.
- מניחים כל כוס, עם הענף שבתוכה, על צלחת הפטרי שבכל אחד מהבקבוקים.
- "מחזירים" את החלק העליון של הבקבוקים למקומם ומדביקים בסלוטייפ רחב.
- את הבקבוקים מציבים במקום מואר.
- כעבור 10 ימים בודקים את ההבדל במצב העלים בשתי המערכות.

הערות:

ניתן להחליף את התפוח בפרי קלימקטרי אחר כמו בננה .  
במקום ענפי זית ניתן לקחת חלקי צמח אחרים. עובד יפה עם ענפי הדס או תפוחת של לנטנה.

## השפעת קצה הנבט על התארכות הצמח (נערך מעבודתה של גלית פלינט אשטמקר)

מטרת הניסוי: ניסוי מקדים להבנת חשיבות קצה הנבט על צמיחת הנבט, וחשיפה למושג אוקסין אשר גורם להתארכות זו.

מטרה אופרטיבית: התלמידים יבצעו ניסוי, התלמידים ישתפו פעולה באיסוף התוצאות, התלמידים ילמדו סטיות תקן.

ציוד וחומרים: זרעים מונבטים של שעועית מש ואפונה, 4 צלחות פטרי, צמר גפן, מי ברז, סרגל.

### מהלך הניסוי:

1. סדרו 4 צלחות פטרי.
2. על הצלחות רשמו: צלחת א'- מש לא חתוך, צלחת ב'- מש חתוך, צלחת ג'- אפונה לא חתוך, צלחת ד' - אפונה חתוך.
3. על כל צלחת ניסוי הניחות צמר גפן
4. הרטיבו אותו ב- 25-30 מ"ל מי ברז. (שפכו מים עודפים)
5. הניחו על כל אחת מהצלחות א' ו- ב' 5 זרעים מונבטים של חיטה
6. הניחו על כל אחת מהצלחות ג' ו-ד' 5 זרעים מונבטים של אפונה.
7. אם הנבטים הגיעו לגודל של 5 ס"מ המשיכו לסעיף 9, אם הם קטנים מס"מ המשיכו לסעיף 8.
8. הניחו את הצלחות בצד וחנו 24 שעות.
9. קחו את שתי הצלחות : צלחת ב' – חיטה חתוך וצלחת ד' – אפונה חתוך.
10. חיתכו את קצות הנצרים (כ-3-5 מ"מ). זירקו את הקצוות שחתכתם.
11. רישמו את אורך הנצרים על כל הצלחות (מדדו עם סרגל) ושימרו נתונים אלו בטבלה.
12. הניחו בצד את הניסוי.

### שאלות:

- א. אלו שאלות חקר ניתן לשאול בניסוי זה.
  - ב. חפשו מידע על חשיבות קצה הנבט להתארכות וגדילת הצמח.
  - ג. על בסיס המידע מה השערותכם לגבי התוצאה שתתקבל ?
13. לאורך שבוע מדדו כל יום את אורך הנצרים ורישמו תצפיות. צלמו את התארכות הנצר.
  14. השקו במים במידת הצורך.
  15. לאחר שבוע הציגו תוצאות בגרף בעזרת תוכנת Excel והראו תמונות.
  16. איזה גרף בחרתם ולמה ?
  17. כל קבוצת ניסוי תעלה את תוצאותיה על מסמך Excel משותף. הכיתה תייצר גרף משותף הכולל סטיות תקן.

### שאלות:

- א. מה המסקנה לכל שאלה? האם איששתם או הפרכתם את השערותכם.
- ב. מהו הבסיס הביולוגי למסקנה ?
- ג. הסבירו מה המשמעות של סטיית תקן ?
- ד. האם היו חזרות בניסוי ? האם הייתה ביקורת בניסוי ?

### סיום ניסוי

הרצאה על חשיבות קצה הנצר וחשיבות האוקסין מתוך – מה הצמח יודע? (שבוע 5 – שיעורים 5.4-5.6)

## **ניסויים מקדימים בנושא התמצאות צמחים במרחב**

### **האם הצמח מתמצא במרחב? (נערך מעבודתה של אלה זנגי)**

- צפייה בהרצאה 5.1- רק עד הדקה הראשונה
- צפייה בהרצאה 5.2- תגובת צמחים לגרביטרופיזם (3 דקות)
- צפייה בהרצאה 5.3- מדקה 6.00 עד 10.00
- תכנון ניסוי: לפי קבוצות על פי אותו פורמט בניסוי הקודם.
- העמדת ניסוי: לאחר ההרצאה נעמיד ניסוי שבו נשתמש בזרעים מונבטים שכבר החלו להוציא שורשון. נעמיד אותם בצורה אופקית, על הגבהה קטנה, כדי שנוכל לראות את שינוי הזווית של השורשון כלפי מטה. נחלק לשלוש קבוצות טיפול: קבוצה 1- שבה נחתוך את כיפת השורשון, קבוצה 2- שבה נחמם את כיפת השורשון וקבוצה 3- קבוצת ביקורת ללא טיפול.
- לסיכום - בעקבות הניסוי, נעלה רעיונות שונים לביחוקר, שניתן לפתח ממה שלמדנו בניסוי הזה.
- ונקנח בהרצאה 5.8 - על תנועה סיבובית של הצמחים - כולל הסרטון הקצר של תנועת נבטי החמניות, שגם תאפשר לנו לדון בעוד נקודות מבט על כיצד המדע פועל וכיצד ניתן להוכיח היפותזות שונות.

## כיצד הצמח מתמצא במרחב? (נערך מעבודתה של נתה בר אור פרי)

לצמח יכולת של פרופורציוספציה. על כן הגדילה של הגבעולים והעלים היא כלפי מעלה, ובניגוד לכוח המשיכה של כדור הארץ והשורשים צומחים כלפי למטה.

מהלך הניסוי:

1. לפני הניסוי: יש להנביט זרעים (ארבידובסיס, שעועית מש, או כל זרע אחר שידוע שיש לו נבטים ארוכים יחסית), עד לשלב של אורך נצרון של כחצי סנטימטר.
2. הכן 2 צלחות פטרי ורפד אותן בצמר גפן לח.
3. סדר 10 נבטים בכל צלחת פטרי, כך שכל הנצרונים יפנו לאותו הצד.
4. במשך 1-2 ימים יש לגדל את הנבטים. יש להקפיד על 8-10 שעות אור ביום. יש להקפיד על כך שצמר הגפן יישאר לח במהלך הגידול. כך שהשורשון של הנבטים יכנס לתוך הצמר גפן.
5. הצמד את שתי הצלחות לקרטון ניצב (על ידי דבק דו צדדי), כך שאחת הצלחות מונחת כך שהנצרונים כלפי מעלה, והצלחת השנייה מונחת כך שהנצרונים כלפי מטה.
6. במשך שבוע-10 ימים יש לגדל את הנבטים. יש להקפיד על 8-10 שעות אור ביום. יש להקפיד על כך שצמר הגפן יישאר לח במהלך הגידול.
7. עקוב אחר כיוון צמיחת הנצרון בשתי הצלחות.

## כיצד מתמצאים הצמחים (נערך מעבודתה של אורית לם)

נצרים צומחים כלפי מעלה, שורשים יורדים כלפי מטה. זה נראה פשוט לגמרי, אבל איך יודע הצמח איפה זה למעלה? (מתוך הספר צמח מה הוא יודע – דניאל חיימוביץ עמוד 87)

לחשוב ביחד עם התלמידים על סיבות שונות שיכולות להיות לכך שהצמח מצמיח נצר למעלה ושורש למטה. לערוך רשימה כמו למשל:

1. שורשים נמשכים לאדמה החשוכה ונצרים לאור שמעל פני הקרקע
2. שורשים נמשכים לאדמה הלחה ונצרים לאוויר היבש שמעליה
3. שורשים נמשכים לכח הכובד ונצרים גדלים בניגוד לכח הכובד

עבור כל השערה לתכנן ניסוי שיבדוק זאת. למשל:

1. לארגן מערכת ניסויית שהקטע התחתון יהיה מואר והקטע העליון יהיה חשוך
  2. לדאוג להעשיר את האוויר בלחות כמו גם את הקרקע (כי בלי לחות בקרקע הצמח לא יגדל בכלל)
  3. לגדל את הצמחים על מצע של צמר גפן בצורה אופקית, ואז לשנות זווית למצע הגידול ולראות אם הם ישנו את הזווית של גדילת הנצר והשורש בהתאם לשינוי.
- אחרי שהם יראו שאכן הסיבה לצורת הצמיחה של הנצר והשורש הוא כח המשיכה, לתכנן ניסוי שבשלב הראשון שלו ינביטו זרעים על מצע צמר גפן המונח בצורה אופקית (5 מגשים שונים). לאחר הנביטה נשנה את הזווית של מצע הגדילה (כל אחד מ-5 המגשים יוסט בזווית שונה). לאחר זמן מסוים נמדוד את זוויות הכיפוף של הנצר והשורש שימשכו שוב לכוח המשיכה שנמצא עכשיו בזוויות שונות.

## כיצד כיוון הנבטת הצמח משפיע על כיוון גדילתו (נערך מעבודתה של גלית פלינט אשטמקר)

מטרת הניסוי: ניסוי מקדים להכרת כיווניות הצמיחה וגורם הכבידה המשפיע על כיווניות זו.

מטרה אופרטיבית: התלמידים יבצעו ניסוי, התלמידים ישתפו פעולה באיסוף התוצאות, התלמידים ילמדו מהן חזרות בניסוי ואת חשיבותן.

ציוד וחומרים: זרעים מוכנים להנבטה (קטניות-חומוס, שעועית מש, אפונה), 3 צלחות פטרי, רשת גזה עם חורים, נייר דבק (סלוטייפ), מי ברז, צמר גפן, דבק דו צדדי.

מהלך הניסוי:

1. סדרו 3 צלחות פטרי.
2. רשמו על הצלחות: צלחת א'- ישר, צלחת ב'- צד, צלחת ג' – הפוך
3. סדרו על כל צלחת שכבת צמר גפן והרטיבו במי ברז.
4. סדרו על גבי הצלחת 5 זרעים מונבטים.
5. הניחו בד גזה מחורר על הצלחות והדביקו לצלחת עם נייר דבק (על מנת שהזרעים לא יפלו).
6. צלחת א'- ישר – להניח על השולחן, צלחת ב'- צד- להעמיד על שולי הצלחת (לייצב עם כוס או עם דבק דו צדדי לכלי, צלחת ג'- הפוך – להניח הפוך כאשר תחתית הצלחת מופנה למעלה (להיעזר ברשת של תנור אפיה או במכשיר מוגבה שניתן להדביק אליו את הצלחת).
7. השאירו את הצלחות כך במשך שבוע – שבועיים ובדקו כל יומיים לאיזה כיוון השורשים גדלים ולאיזה כיוון הנצרים גדלים.
8. במידה ורוצים לכמת את הניסוי, ניתן למדוד את זווית הנצר ביחס לצלחת הגידול (מד זווית).
8. לאורך שבוע מדדו כל יום את אורך הנצרים ורישמו תצפיות. צלמו את התארכות הנצר.
9. שימו לב להשקות עם מי ברז כל יומיים.

שאלות:

- א. מהי שאלת החקר בניסוי זה.
  - ב. חפשו מידע על כיוון הגדילה של צמחים?
  - ג. על בסיס המידע מה השערתכם לגבי התוצאה שתתקבל?
- בסיום הניסוי: העלו את התמונות במצגת משותפת.
- במידה והניסוי נמדד באופן כמותי (זוויות צמיחה) יש לייצר מסמך Excel משותף להכנסת הנתונים.
- ד. מה המסקנה מניסוי זה? האם איששתם או הפרכתם את השערתכם.
  - ה. מהו הבסיס הביולוגי למסקנה?

- ו. במידה והניסוי כמותי: מהן החזרות בניסוי? איזה סוג גרף ניתן לבנות על בסיס הנתונים? מה הוא מייצג?

סיום ניסוי

שיעור על כיווניות צמיחה ותחושת הגרביטציה – מה הצמח יודע? (שבוע 5 – אתר קורסרה)  
\*הערה: יש לבצע את ניסוי מקדים על מנת להחליט על סוג הצמח שישמש בניסוי זה. אפשרות נוספת היא שימוש בצמח התורדנית (*Arabidopsis Thaliana*)

## ניסויים מקדימים בנושא תגובת צמחים למגע ולאור

### מה הצמח מרגיש? (נערך מעבודתה של אורית לס)

בתחילת שנות השישים של המאה עשרים חקר פרנק סולסברי את הכימיקלים המביאים לפריחה אצל לכיד הנחלים. כדי להבין כיצד גדל הצמח החליטו סולסברי וצוות הטכנאים שלו באוניברסיטת המדינה של קולורדו למדוד את הגידול היומי של אורך העלים: הם יצאו לשדה ומדדו בפועל, בסרגל, את אורכי העלים. למרבה המבוכה, סולסברי הבחין כי העלים שנמדדו לא זכו להגיע לאורך הרגיל. יתר על כן, בהמשך תקופת הניסוי הצהיבו העלים, ובסופו של דבר מתו. אבל עליו של אותו צמח עצמו שלא נמדדו ולא נגעה בהם יד אדם המשיכו לשגשג. (מתוך הספר צמח מה הוא יודע – דניאל חיימוביץ עמודים 61-62)

להנביט או לקנות 5 עציצים של צמח ממין מסוים עם עלים.

לסמן בכל צמח מספר עלים בהם אני נוגעת כל יום ומודדת אותם.

אפשר לעשות טיפולים שונים של מספר נגיעות ביום או משך זמן נגיעה.

לבדוק את ההשערה: ככל שמספר הנגיעות ביום גבוה יותר, אורך העלים קטן יותר.

השערה אלטרנטיבית: ככל שמשך זמן הנגיעה גבוה יותר, משך הזמן עד למות העלים קצר יותר.

### השפעת מגע ואור על פתיחה וסגירה של עלי המימוזה הביישנית (נערך מעבודתה של גלית פלינט אשטמקר)

מטרת הניסוי: להכיר את המימוזה הביישנית כמודל להשפעות מגע ואור על תנועה של צמחים או על זכרון. פעילות תצפית להעלאת שאלות חקר.

מטרה אופרטיבית: התלמידים לומדים דרך תצפית על תופעות בצמח. התלמידים מעלים שאלות חקר אפשריות לביוחקר.

ציוד וחומרים: 2 עציצים של הצמח מימוזה לכל תלמיד, קופסא ליצירת חושך.

מהלך הניסוי- תצפית:

1. כל קבוצה מקבלת 2 עציצים של מימוזה ביישנית. (אל תגעו בצמח)
2. געו בקצה של עלה אחד ותארו מה קרה. רשמו את השעה ואת התצפית
3. בדקו כמה זמן לוקח לעלים לחזור למצב ההתחלתי של הניסוי (פתיחה של העלים).
4. האם כל עלי הצמח נסגרים או רק חלק? איזה חלק של הצמח נסגר?
5. הכניסו את עציץ ב' לקופסא סגורה חשוכה. לאחר 10 דקות הרימו את הקופסא מה קרה למימוזה הביישנית. האם כל העלים נסגרו או רק חלק? איזה חלק?
6. כמה זמן לקח לעלים להיפתח מחדש לאחר המעבר לאור מחדש?
7. היכנסו לחדר חושך יחד עם עציץ המימוזה. חכו שהעלים יסגרו.
8. הפעילו פנס אור אדום רחוק. מה קורה לעלי המימוזה?
9. הפעילו פנס אור אדום. מה קורה לעלי המימוזה?
10. רשמו אילו גורמים השפיעו על פתיחה וסגירה של עלי מימוזה ביישנית.
11. רשמו שאלות חקר אפשריות על בסיס התצפיות שערכתם.
12. צפייה בהרצאה על מגע במימוזה ביישנית – מה הצמח יודע? (שבוע 4 – אתר קורסרה)
13. צפייה על חשיבות האור בהשפעות על הצמח – מה הצמח יודע? (שבוע 2 – אתר קורסרה)

## מהי השפעת המגע על צמח האראבידופסיס? (נערך מעבודתה של דיקלה קורן דיין)

**הקדמה:** שאלת החקר מבוססת על שבוע 4 בקורס, "מה הצמח חש", בו למדנו על תגובות תיגמונסטיות – תנועת צמחים בתגובה למגע. למדנו כי המורפולוגיה של הצמח יכולה להשתנות בהתאם למגעים שהוא חש מהסביבה, למשל רוח.

על מנת לבחון סוגיה זו באראבידופסיס, נבחן כיצד רפרוף יד על הצמח עצמו משפיע על המורפולוגיה שלו. נעשה זאת ב-5 טיפולים שונים, כלומר ניגע בצמחים מספר פעמים שונה במהלך היום (בקבוצה אחת ניגע פעם אחת ביום, בקבוצה שנייה פעמיים ביום, וכן הלאה). הבקרה היא אפס מגע. בכל קבוצה יהיו לפחות 10 צמחים. ננביט אותם לפי פרוטוקול הנבטה של אראבידופסיס (ראו שאלת חקר 1), ולאחר מכן נגדל אותם בעציצי משתלה שחורים קטנים. נבצע את הטיפולים השונים החל מהשלב בו נבחין שהצמחים גידלו עלים אמיתיים. נבצע את הניסוי למשך 3-6 שבועות, כאשר בכל יום ניגע בצמחים בכמות שונה, עד שנבחין בשוני מובהק במורפולוגיה בצמחים בטיפולים השונים.

לפני תחילת הניסוי נבצע ניסוי מקדים בו נבדוק האם אכן מצפה לנו שינוי במורפולוגיה בתגובה למגע.

- א. ניקח 20 זרעי אראבידופסיס (אותם נחלק לשתי קבוצות בהמשך, 10 בכל קבוצה), ונשרה בהם תנאים להנבטה אופטימלית: נזרע 5 זרעים בעציץ משתלות קטן ושחור, המכיל אדמה וחומרי הזנה, כאשר יהיו 4 עציצים כאלו. את העציצים נכניס למקפיא (בטמפ' של  $4^{\circ}\text{C}$ ) למשך יומיים על מנת לסנכרן את זמן הנביטה של כל הזרעים. (Koren et al., 2013)
- ב. לאחר יומיים במקפיא, נוציא את העציצים החוצה למעבדה להמשך נביטה. לאחר שנבחין שהצמחים הוציאו עלים אמיתיים, נדלל את העציצים כך שבכל עציץ יהיה צמח אחד (סה"כ 20 עציצים).
- ג. נחלק את העציצים לשתי קבוצות, כך שבכל קבוצה יהיו 10 עציצים. בקבוצה אחת לא ניגע כלל וניתן לה להמשיך לגדול לפי התנאים המצויים במעבדה (יום ארוך או קצר, בהתאם לעונת השנה), ובקבוצה השנייה ניגע 5 פעמים ביום ע"י רפרוף היד על הצמחים בכיוון מסוים (על מנת לחקות רוח).
- ד. נבצע זאת על בסיס יום-יומי (למעט ימי שבת בהם התלמידים לא מגיעים...) למשך 3-6 שבועות.
- ה. במידה ולא נראה הבדל במורפולוגיית הצמחים לאחר 6 שבועות, נוכל לחזור על הניסוי במתכונת שונה: במקום לגעת בצמחים עם היד מספר פעמים ביום על מנת לחקות רוח, נוכל לשים מאוורר שיעבוד באופן קבוע ליד הקבוצה המטופלת.

## חלק ב': הצעות לחלופה לביוחקר שבו משולבים תכני הקורס

### חלופה מספר 1 (נערך מעבודתה של איה אורון)

#### שעור ראשון: מחקר מדעי ומושגי יסוד

א. צפייה בפרק 1.6- מהו מחקר מדעי. צפייה עד דקה 01:56 והעלאת היפותזות (המרצה משעמם/ אנחנו עייפים) והצעות לניסויים שייבחנו אותן. המשך צפייה עד לסיום הקטע. דיון קצר בשיטה המחקרית: תופעה--> היפותזה--> ניסוי--> תוצאות--> מסקנות (אישוש/ הפרכת ההיפותזה)

ב. צפייה בסרטון שמראה תופעה של תנועה יומית של צמחים בכיוון האור (פרק 2.2)- איך נוכיח באופן מדעי ומדיד את התופעה שאנחנו מזהים?

דיון בכתה או עבודה בקבוצות קטנות: העלאת היפותזה, שאלת מחקר, רעיונות לניסויים שיוכלו לבחון את ההיפותזה

\*העמדת ניסוי: הכתה תתחלק ל-4 קבוצות, כל קבוצה תעמיד 3 מכלים שקופים המכוסים בנייר כסף ובכל אחד 10 נבטים. כל קבוצה תחתוך בכל אחד מהמכלים שלה חלון בגודל 1X1 ס"מ במיקום קבוע (אך יהיה הבדל במיקום בין הקבוצות).

דיון כיתתי במושגים: ריבוי פריטים, חזרות, גורמים זהים (קבועים)- מהם ומה חשיבותם.

המשך צפייה- הניסוי של דרווין, 02:40-03:20. איזה ניסוי ניתן להציע כדי לבחון את ההיפותזה שלו? בקרות אפשריות להצעות שלהם.

המשך צפייה עד 04:54. דיון בנושא הבקרה.

#### שעור שני: מחקר- תהליך ארוך ומתמשך

\*מדידת תוצאות מניסוי 1 (אורך, זווית- חשיבותם של מדדים אובייקטיביים)

צפייה בסרטונים בפרק 5.1 עד לדקה 01:04. (גרואיטרופיזם)

צפייה בפרק 5.2, עצירה להציע תשובות לשאלות בדקה 02:05. הצעת ניסויים שייבחנו היפותזה שכוח המשיכה משפיע על כיוון הצמיחה, הצעת ניסויים שייבחנו את ההיפותזה שהאור אינו משפיע על כיוון הצמיחה.

המשך הצפייה עד לסיום הקטע.

הסבר לגבי המושגים משתנה תלוי ובלתי תלוי. דיון: מה היו המשתנים בניסוי שתואר? מה הייתה שאלת החקר? האם היו כאן חזרות? ריבוי פריטים? בקרות?

צפייה בניסוי של דרווין פרק 5.3 06:02-07:41 (היכן מצוי חיישן הכבידה).



• נסחו שאלת חקר אותה בדק הניסוי של דרווין.

• מה הוא המשתנה התלוי ומה המשתנה הבלתי תלוי?

צפייה וכתובת תשובות בדף העבודה:

צפייה בפרק 5.4 01:34-00:28.

1. המסקנה של דרווין (1800) לגבי השפעת אור צדדי על הגדילה בצמח:  
צפייה בפרק 5.4 01:34-03:04

2. המסקנה של בווסן-ג'נסן (1916):

• מה היו הבקורות בהן השתמש?

• האם הניסוי כלל חזרות רבות?

צפייה בפרק 5.4 03:04-05:27

3. המסקנה של ונט (1926):

דיון בהבדלים בין ניסוי מקומי הבוחן שאלת חקר ספציפית "קטנה" לבין תהליכי מחקר מתמשכים וארוכים הבנויים מניסויים קטנים כאלה.

מדוע לא מוזכרות חזרות? האם בניסויים לא נכללו חזרות?

\* בהתאם לעניין של התלמידים ניתן להמשיך ולצפות בפרק 5.5 ובפרק 5.6 מדקה 04:40.

\* במידה ויש זמן ניתן לערוך ניסוי דומה לניסוי של דרווין (לחתוך את השורש באזורים שונים, לחמם את קצה השורש וכו')

מה היו התופעות אותן חקרו ניסויים אלו? האם נתתם פעם את דעתכם על תופעות אלו או שתפסתם אותן כמובן מאליו? האם הן תופעות "משונות" "מיוחדות"? האם מעניין ללמוד אותן? האם יש לכך חשיבות?

\* העמדת ניסויי אתילן לקראת השיעור הבא: עגבניות/ אבוקדו עם/בלי תפוחים בשקית, ענפי זית במים עם/ בלי תפוחים בשקית

**שעור שלישי: תופעות מיוחדות או תופעות מעניינות וגם סיכום**

חלק ראשון -

צפייה בפרק 3.3 00:07- מהי התופעה? עד 02:16. מהי המסקנה? תוצאות הניסויים שהעמדנו בשיעור שעבר והסבר קצר על תפקידיו של הורמון האתילן בצמח.

ניסויי כשות- צפייה בפרק 3.5 עד דקה 01:18.

• ניסוי 1 (01:21-02:42)

ההיפותזה:

שאלת החקר:

משתנה תלוי:

משתנה בלתי תלוי:

בקרות:

האם התוצאות איששו או סתרו את ההשערה?

מהי המסקנה?

• ניסוי 2 (02:42-03:08)

ההיפותזה:

שאלת החקר:

משתנה תלוי:

משתנה בלתי תלוי:

בקרות:

האם התוצאות איששו או סתרו את ההשערה?

מהי המסקנה?

מהי הדרך שבה נמדד המשתנה התלוי? הציעו דרך מדידה שתבחן את שאלת החקר.

צפייה בקטע 03:08-04:26.

מה המשמעות של הממצא לפיו לא 100% מהתוצאות היו זהות? (חשיבותן של חזרות)

אילו מסקנות ניתן להסיק לגבי תופעה זו?

מסקנות זהירות: התייחסות לאורגניזם שנבדק, ניסויי המשך נדרשים

- תופעה זו מלמדת כי הצמחים "מריחים" או מגיבים לתרכובות כימיות נדיפות ואף

מתקשרים ביניהם באמצעותן. זו תופעה מעניינת, שנדמית לנו ייחודית מאוד אבל

למעשה קיימת כנראה בכל הצמחים.

### חלק שני

תופעה: תמונות של צמח שגדל באזור החוף וצורתו בהתאם לרוח.

מה המנגנון שגורם לתופעה זו? --האם הצמח מרגיש את הרוח?

כל קבוצה מתכננת ניסוי בתודרנית ללמידת תופעה זו (שאלת חקר, משתנים, מהלך חקר,

חזרות, בקרות, גורמים זהים וכו')

ניתן גם לבצע אותו במסגרת הביוחקר/ לצפות בתוצאות הניסוי שנערך (שעור 4 פרק 4.5

04:06-05:03)

- תופעה זו מלמדת כי הצמחים "מרגישים" מגע פיזי ומגיבים לו. זו תופעה מדהימה

שלמעשה אנחנו עדים לה כל הזמן ולכן אנו מתייחסים אליה כמובן מאליו, כמשהו רגיל

ו"לא מעניין".

### חלק שלישי

רשימת התופעות שהכרנו והעלאת רעיונות לביוחקר, הצעות מתוך תופעות ביולוגיות

"יומיומיות" אחרות.

## חלופה מספר 2 (נערך מעבודתה של אפרת ליון)

### חלק א: רקע כללי.

פתיחה:

- א. כתבו כמה שיותר סוגים של צמחים בתוך דקה אחת.
- ב. תנסו לחשוב על צמח שאתם לא יכולים להתקיים בלעדיו.

לקיים דיון ולהסביר שהצמחים חשובים לא רק למזון, אלא גם ללבוש (כותנה), רהיטים, דלק, ויטמינים, תרופות וכו'. ייצור חמצן כמובן.

מתוך הדיון, להגיע למסקנה שיש חשיבות גדולה לחקירה על צמחים, בזה תלוי הקיום שלנו. ללמד את מבנה הצמח - צינורות הובלה, פיוניות, יונקות. תהליך הפוטוסינתזה, פיוניות, דיות.

### חלק ב': לימוד על אתילן

- לשאול: האם לדעתכם לצמח יש הורמונים? (להזכיר את ההורמונים שעליהם למדנו בגוף האדם)
- "תפוח רקוב אחד הורס את כל הערימה" - מדוע?
- לספר על הצמחים שמתו באנגליה הויקטוריאנית בגלל תאורת הנפט.
- לספר שבעבר היו אוספים את הפירות ומבעירים קטורת על מנת שיבשילו.
- מה משותף לשלושת התופעות האלו? אתילן.
- לצפות יחד בהרצאה: "מה הצמח מריח" שיעור 3.3 בנושא אתילן, מתוך הקורס "צמח- מה הוא יודע" באתר קורסרה.
- התלמידים כותבים שאלות שעולות להם.
- דיון: אילו שאלות עולות לכם בקשר לאתילן? מה הייתם רוצים לחקור? להעלות רעיונות יחד.
- דוגמאות:
  - האם אתילן מושפע מאור?
  - האם עצים / פירות / נבטים מסוגים שונים מושפעים במידה שונה מאתילן?
  - אילו פירות מפרישים יותר אתילן?
  - איזה ניסוי אפשר לבצע כדי לבדוק את השאלות האלו?

### שיעור בנושא בקרה ומהימנות ניסוי -

- צפייה בהרצאה 4.8 של הקורס "מה הצמח יודע", העוסק בניסוי של דורותי רטאלאק על העדפה של מוזיקה בצמחים.
- דיון- מה היו הכשלים בניסוי? מה הדרישות לניסוי אמין?

## תכנית הביוחקר לתלמידים:

מתחלקים לשלוש קבוצות.

**ניסוי 1:** כיצד משפיע אתילן על נשירה של עצים מסוגים שונים.

מכינים 6 מערכות:

- 1- ענף הדס, ענף זית וענף עץ תפוח עם בננה בשלה
- 2- ענף הדס, ענף זית וענף עץ תפוח בלי בננה בשלה

### ציוד נדרש:

1. 2 בקבוקי קוקה קולה/קינלי חסרי צבע, ריקים.
2. תחתיות של צלחת פטרי.
3. 2 כוסות לשימוש חד פעמי או כוסות כימיות
4. 2 בננות בשלות
5. מי ברז
6. 2 ענפים דומים (באורכם, במספר העלים שעליהם) מכל סוג עץ.

### איך מכינים:

1. בעזרת מחט או מסמר מחוממים מחוררים בצפיפות את תחתיות צלחות הפטרי.
2. חותכים כל אחד מהבקבוקים לשני חלקים במרחק כ-12 ס"מ מהפקק (בחלקם העליון, בנקודה הרחבה ביותר)
3. מניחים בננה בתחתית אחד הבקבוקים.
4. מניסים את צלחת פטרי לבקבוק שבו הבננה, כשפתחה כלפי מעלה. מכניסים עד לנקודה שבה היא לחוצה היטב בדפנות הבקבוק ומונחת אופקית וישרה. את צלחת הפטרי השנייה – לבקבוק השני (ללא בננה).
5. ממלאים את הכוסות כמחציתן במים. מעבירים ענפים לכל כוס.
6. מניחים כל כוס, עם הענפים שבתוכה, על צלחת הפטרי שבכל אחד מהבקבוקים.
7. "מחזירים" את החלק העליון של הבקבוקים למקומם ומדביקים בסלוטייפ רחב.
8. את הבקבוקים מציבים במקום מואר.
9. כעבור 7 – 10 ימים בודקים את ההבדל במצב העלים בכל המערכות.

**ניסוי 2:** כיצד משפיע אתילן על צמיחת נבטים מסוגים שונים.

מכינים 2 מערכות:

- 1- זרעי שעועית, זרעי עגבנייה וזרעי חמנייה עם בננות
  - 2- זרעי שעועית, זרעי עגבנייה וזרעי חמנייה בלי בננות
- בונים מערכת דומה לניסוי מס' 1, אבל במקום פקק שמים מזרק עם מים, ואוטמים מסביב עם פלסטלינה. בעזרת המזרק משקים את הצלחת עם הצמר גפן והזרעים. כעבור 10-15 ימים בודקים את אורך הנבטים בעזרת חוט וסרגל, ועושים ממוצע לכל סוג זרע.

**ניסוי 3:** כיצד משפיע אתילן על הבשלת פירות שונים.

מכינים 2 מערכות:

- 1- עגבניות ירוקות, אגסים לא בשלים ושזיפים לא בשלים, עם בננה בשלה.
- 2- עגבניות ירוקות, אגסים לא בשלים ושזיפים לא בשלים בלבד.

שמים כל מערכת בשקית ניילון סגורה. מחוררים חורים מעטים בשקית בעזרת מחט, כדי שלא ייווצרו תנאים להתפתחות אורגניזמים על הפירות.

מניחים את השקיות באותו מקום, בתנאי טמפרטורה זהים.

לאחר 5-10 ימים בודקים את רמת הגלוקוז בפירות בעזרת גלוקומטר, ורואים באיזה פרי היה הבדל ניכר בין השקית עם הבננה לפרי בשקית בלי הבננה.

## חלופה מספר 3 (נערך מעבודתה של נצחיה מרקברייט)

### חלק א - מערכי שיעור:

1. **שיעור ראשון (פתיחה)** – שבוע 1 כולו של הקורס "מה הצמח יודע" (כמו שהוא) עם הכריזמה של פרופ' דני חיימוביץ והתכנים המעניינים. אני מאמינה שהתלמידים יהיו מרותקים כפי שכולנו היינו. הפתיחה הזו המציגה את הצמחים בעניין רב ונוגעת נגיעה ראשונה במיומנויות חקר היא פתיחה נפלאה ללימוד הנושא.
  2. **תערוכה במעבדה של תופעות שניתן לחקור אותן**. דרושה הכנה מוקדמת.  
\*ליד כל מיצג כותרת המציגה את התופעה  
\*ליד כל מיצג שתי קבוצות של דפי ממו (בצבעים שונים): 1 - "תאר מה את/ה רואה", 2 – "איזו שאלה היית רוצה לשאול" כל תלמיד שעובר ליד המיצג ממלא את 2 המשימות האלה.
    - א. זרעי מש מונבטים במים לעומת זרעי מש במי מלח
    - ב. נבטי חיטה הגדלים באור לעומת נבטי חיטה הגדלים בחושך
    - ג. נבטי חיטה הגדלים בכיווני אור שונים (הארה מכיוונים שונים להראות כפיפה)
    - ד. חתיכות סלק במים קרים לעומת מים חמים
    - ה. תפיחת בצק בטמפ' שונות/או בריכוזי שמרים או סוכר שונים
    - ו. השחמת תפוח עץ מגורד/תפוח אדמה מגורד
  3. **התכנסות ודיון** בתיאורים ובשאלות (במשימות התלמידים). כאן יתנסו התלמידים בניסוח תיאור התופעה ויותר חשוב בניסוח השאלה.
  4. **חשיפה למיומנויות חקר** בעזרת המצגת "שלבים בחקירה מדעית/מעבדת חקר" שכתבה רינה ליברמן<sup>1</sup>
  - ש. **ב. – דף עבודה העטלפים של ספלנציאני לתרגול המושגים החדשים של מיומנויות החקר.**
  5. **הקרנת השיעור של השבוע השלישי (מה הצמח מריח) מהקורס "מה הצמח יודע"**
    - א. 3.1 – מבנה תא צמחי – אפשר לומר ואפשר גם לא. החזרה היא תמיד טובה והשיעור של דני חיימוביץ תמיד מעניין. לא הייתי מוותרת
    - ב. 3.2 – המכניזם של הרצפטור – מראה לתלמידים. אומנם לא קשור ישירות לביוחקר, אבל נמצא ברצף, שיעור ברור, ריענון קולטנים בקרום התא.
    - ג. 3.3 – מקרינה עד דקה 1.05 ואז מבקשת מהתלמידים להעלות השערות לתופעת ההבשלה של הפירות בעקבות חימום החממות ע"י תנורי נפט. רושמים ההשערות וממשיכים הלאה (אפשר גם לדון כיצד אפשר לבדוק את ההשערות)
    - ד. 3.4 – המכניזם לרצפטור של האתילן – לא מקרינה. לא משרת אותי בשלב הזה. אם יהיה עניין מצד התלמידים אקרין או אשלח קישור בהזדמנות אחרת.
- 3.5, 3.6 ו- 3.7 הם חלקים מצוינים בהם יש תיאורים של 3 ניסויים ומהם התלמידים

יכולים ללמוד על חשיבה מדעית, תכנון ניסוי מבוקר כראוי והסקת מסקנות נכונות/מתאימות מתוצאות הניסוי.

ה. 3.5 – תיאור הניסוי של קונסואלו דה מוראס שבדקה כיצד הצמח הטפיל, כשות, מוצא את הצמח אליו הוא נטפל. במשך 6 דקות מתואר הניסוי החכם שלה בעזרת אנימציה ברורה ויפה. לאחר ההקרנה הזו אתאר בפני התלמידים ניסוי של תלמידים במסגרת הביוחקר שרצו לבדוק את הקשר בין בשלות תפוחי עץ (=ריכוזי אתילן שונים) על הבשלת בנות. מצ"ב עבודת התלמידים

מטרת השוואה בין השיעור 3.5 לבין עבודת הביוחקר –

בעיות בתכנון הניסוי, להראות את הבעייתיות של הסקת מסקנות המבוססת יותר על בסיס ביולוגי מאשר על תוצאות הניסוי. איך אפשר היה לעשות את הניסוי הזה אחרת.

ו- 3.6 – הניסוי של איאן בולדווין וג'ק שולץ שבדקו העברת אות מידע מצמח פצוע לשכניו הצמחים על פגיעתו ממזיק. משפט חשוב המסיים את הפרק הזה הוא: המדע הטוב, המדע שמבוצע באמצעי בקרה נאותים, בסופו של דבר נוטה להפוך מקובל, בעוד שפסאודו מדע, המבוצע באמצעי בקרה לא ראויים, לעיתים קרובות נזרק ל"פח האשפה" של ההסטוריה המדעית.

ו- 3.7 – לא בטוחה שאקרין. הניסוי מורכב מידי. מצד אחד מתוארים ניסויים מורכבים שתלמידים לא יתנסו בהם במסגרת הביוחקר, יחד עם זאת זוהי הזדמנות לחשוף אותם לחשיבה מורכבת של תכנון ניסוי.

## חלק ב - דוגמה לאפשרות אחת של חקר ביוחקר מבוסס הקורס

שאלת החקר: השפעת עוצמת האור על קצב ההתפתחות של נבטי מש (כביטוי לפוטומוורפוגנזה).

המשתנה הבלתי תלוי: עוצמת האור.

דרך השינוי שלו: כיסוי במספר הולך ועולה של רשתות (שימוש בנורת ניאון).

המשתנה התלוי: התפתחות נבטי מש.

דרך המדידה: מספר עלים ירוקים (לא מודדים גובה בגלל אטיולציה)/ אפשר ביומסה/שטח עלים/מספר הסתעפויות.

## חלופה מספר 4 (נערך מעבודתה של רחלי קרוקר)

**שיעור 1: הקדמה לנושא (45 דקות)**

פעילות:

כל התלמידים עומדים במקומות שונים בכיתה או מחוץ לכיתה. כל תלמיד מקבל משימה. החוקים: אסור לזוז מהמקום, אסור לדבר.

דוגמאות למשימות: לשתות מים, להעביר מסר לתלמיד אחר, להוציא ספר מהתיק.....

די מהר התלמידים יגלו שקשה לבצע את רוב הפעילויות מבלי לזוז, התקשורת קשה מבלי לדבר.

בסיום הפעילות נבצע דיון ובו נדבר על המגבלות של הצמח: איך הוא מתמודד עם חום/קור, רעב/צמא, טריפה. איך הם יודעים שיש סכנה או מה תנאי הסביבה על מנת להגיב להם.

בסוף הדיון אחשוף בפני התלמידים שבעקבות הגבלות אלו של הצמחים, הם פיתחו במשך האבולוציה פתרונות מתוחכמים ובמקרים רבים הם מורכבים יותר מבע"ח.

## שיעור 2: חשיבות הצמחים ומבנה הצמח (90 דקות)

נפתח את השיעור בדיון, מה החשיבות האקולוגית של הצמחים. התלמידים יענו חמצן, יתכן וחלקם ידברו על מקור מזון ראשוני כיצרנים ראשוניים.

אסיף באמצעות מצגת דוגמאות שונות לחשיבות הצמחים: מזון, לבוש, תרופות, רהיטים, דלק, ויטמינים.

בנוסף, במחקר על צמחים ניתן ללמוד על ביולוגיה משותפת עם בני האדם, על החשיבות של צמחים מול רעב עולמי.

לאחר מכן נעבור על חלקי הצמח ותפקידם: שורשים, גבעול וצינורות הובלה, עלים, פרחים.

## שיעור 3 : תאי הצמח ופוטוסינתזה (90 דקות)

בשיעור זה נעבור על תאי הצמח, על מרכיבי התא ופוטוסינתזה. שיעור זה לא בא להחליף את נושא הפוטוסינתזה בלימודי התא אלא חזרה על נושא שכבר נלמד. אם הנושא עוד לא נלמד, יש להתייחס אליו בקצרה ולא להיכנס לעומק.

## שיעור 4 : תופעות והכנה לחקר (90 דקות)

בשיעור זה אחשוף את התלמידים לתופעות שונות בהן נתקלתי בקורס "מה הצמח יודע":

- סרטון בו נבטים המקבלים אור מכיוון אחר בכל פעם ונעים לכיוון האור (איפה נמצאת ה"עין" של הצמח, איזה ניסוי אפשר לעשות כדי לבדוק...)
- פירות שהובחלו עם בננה לעומת פירות שהובחלו ללא בננה (מה "מריח" הצמח)
- צמח המימוסה ותנועת העלים (מה הצמח "מרגיש")
- צמח שהוטה על צידו ומתקן את הגדילה כלפי מעלה (איך הצמח "יודע" היכן הוא במרחב, שווי משקל, גרוויטציה)
- נבטים שנבטו בחושך מול האור

בשיעור זה, התלמידים יסתובבו בין התופעות וירשמו להם שאלות. על כל תופעה יש לרשום לפחות תצפית אחת ושאלה אחת הנובעת מהתצפית.

בסוף התערוכה, כל תלמיד יציג את התצפית והשאלה שלו ונרשום על הלוח.

## שיעור 5: בחירת נושא וחיפוש מידע באינטרנט (45 דקות)

כל זוג יבחר נושא מתוך התערוכה, או נושא אחר הקשור לצמח. על כל זוג לחפש מידע באינטרנט בנושא שבחר ולהתחיל לתכנן ניסוי.

1. תוכנית הביחוקר לתלמידים כולל דוגמא לאפשרות אחת של חקר ביוחקר מבוסס הקורס.

כל זוג יכין דף הכנה לניסוי בו ימלא את הפרטים: האורגניזם (2-3 אפשרויות לפי מידע אינטרנטי, עונה, תקציב), שאלת המחקר, השערה. משתנה תלוי ובלתי תלוי.

כל זוג צריך לתכנן ניסוי מקדים בו ימצא את שיטת המדידה המתאימה, את האורגניזם המתאים.

### דוגמה לביוחקר מבוסס הקורס:

הבשלת פירות בעזרת אתילן.  
יש לייצר 3 מערכות סגורות + ביקורת 5 X חזרות  
במערכת הראשונה: בננה + תפוח  
במערכת השנייה: בננה + 2 תפוחים  
במערכת השלישית: בננה + 3 תפוחים  
ביקורת: בננה ללא תפוח  
מהלך הניסוי:  
נמדוד את רמת הסוכר בכל בננה באמצעות גלוקומטר.  
נציב את המערכות.

יש להשאיר את המערכות למספר ימים (מספר הימים יקבע לאחר ניסוי מקדים, תלוי גם בטמפרטורה וברמת הבשלות של הבננות והתפוחים, יש להתייחס לכך בעבודה)  
בסיום פרק הזמן שנקבע, נמדוד שוב את ריכוז הסוכר בבננות.  
שאלת המחקר: מה השפעת ריכוז האתילן על קצב הבשלת בבנות.  
השערה: ככל שריכוז האתילן גבוה יותר, כך קצב הבשלת הבננות יהיה מהיר יותר.  
המשתנה התלוי: ריכוז הסוכר בבננה כמדד לרמת ההבשלה  
המשתנה הבלתי תלוי: כמות התפוחים כמדד לריכוז האתילן  
ביקורת: ללא אתילן

## חלופה מספר 5 (נערך מעבודתה של שולמית בן עוליאל)

### שיעור 1: תאים בצמחים

פתיח מס' אפשרויות :

1. הפתיח של how to grow a planet להבהרת הצמחים ככוח המעצב של כדור הארץ  
או
2. להביא אוסף של דברים הקשורים לצומח (פיזית או תמונות) : בגד, גלולת מניעת הריון, טבליות של ויטמין C, קפה, רהיט בכיתה, ג'ריקן של בידודזל, בלון חמצן, לחם, גלגל של מטוס, זריקת מורפיום, לבקש שיחשבו מה מאחד בין כל החפצים לאחר קבלת התשובה שינסו לחפש את השייך של כל פריט לשם של צמח/ים  
או
3. מחוץ לכיתה לבצע תחרות הגדרת צמחים לא רק עצים ..., יש אפליקציות לנייד להגדרת צמחים ע"י צילום  
או



4. להציג גרף גידול אוכלוסייה, גרף זמינות מים לשימוש האדם וגרף שטח לעיבוד חקלאי לאורך ציר הזמן ולבקש מהתלמידים פתרונות ומתוך כך להגיע לחשיבות מחקר בביולוגיה של הצמח.

גוף השיעור, הכולל: התנסות, המשגה וסיכום:

עבודת מיקרוסקופ על חתכים שונים בחלקים שונים בצמח עם פרפראטים מוכנים (חתך קצה שורש, חתך קודקוד צמיחה, חתך אורך+רוחב של גבעול) תוך ציור הפרפרט, כל תלמיד על פרפרט שונה. והצגת התוצרים לפני הקבוצה.

מתוך ההשוואה בין העבודות השונות לדבר על מבנה תא צמחי על אורכים שונים בתא הצמחי שקשורים למיקומו בחלקי הצמח השונים, על צינורות הובלה בצמח. ולבסוף לחבר את כל ציורי הפרפראטים לצמח כאורגניזם שלם. אפשר ככרזה שתיתלה בכיתה.

## שיעור 2: ראייה - שלב הקליטה

פתיח

<https://www.youtube.com/watch?v=g8mr0R3ibPU>

שאלה בעקבות הסרטון מה מאפיין החיים המופיע כתוצאה, מה היא הסיבה.

יש תהליך של קליטת אותות, העברה ותגובה.

גוף השיעור הכולל התנסות והמשגה:

הצגת הניסוי של דארווין עם הארת הצמח עם כיסוי קודקוד הצמיחה בכיסוי אטום ושקוף והחיתוך ולבקש הסקת מסקנות מהתלמידים

הסבר:

הסבר ברמה המולקולרית על הפיטוטרופיות כמולקולה האחראית על קליטת אור אדום P<sub>r</sub> ואור אדום רחוק P<sub>f</sub>. מולקולה זו היא רק אחת מסט שלם של מולקולות לקליטת אורכי גל שונים

סיכום עם חזרה לרמת אירגון גבוהה יותר:

התועלת ברמת האורגניזם שקליטת אור אדום רחוק יותר מאשר אור אדום לגרום להתארכות כי צמח אחר מצל מעליו.

<https://www.youtube.com/watch?v=d7RCFVCkoZE>

## שיעור 3: ראייה – שלב העברה ותגובה

פתיח: להראות של ציורי התאים של התלמידים מהשיעור הראשון על מנת להדגים את הקיום של אורכי תאים שונים בצמח.

גוף השיעור הכולל התנסות והמשגה:

- להציג את תוצאות הניסוי של פיטר בויוסן גנסן 1913 Boysen-Jensen
- לדון עם התלמידים ולבקש הסקת מסקנה.
- מסקנה: קיים אות מסיס במים שנודד ומשפיע על הצמח להתכופף
- להציג תוצאות של הניסוי של ונט 1926 Frits Went
- לדון עם התלמידים ולבקש הסקת מסקנה.
- מסקנה: האוקסין גורם להתארכות תאים בצד שבו הוא נמצא וכתוצאה הצמח מתכופף.

להסבר מעמיק ברמת האירגון של התא ורמת אירגון מולקולרית אפשר להראות את הסרטון  
הבא: <https://www.youtube.com/watch?v=Wgkoz6Xbg5Y>

לסכם :

- בריכוז גבוה האוקסין מעכב התארכות תאים ובריכוז נמוך מעודד התארכות תאים.
- האוקסין מיוצר בנצר ומועבר לשאר חלקי הצמח.
- תפקידי האוקסין השונים בצמח: גדילה, פוטוטרופיזם גרביטרופיזם, התפתחות הזרע, התפתחות מריסטמה, הסתעפות הצמח, התארכות שורשים.
- השפעת ההורמון שונה כי היא קשורה לריכוז ההורמון כפי שראינו בניסויים, לשלב ההתפתחותי של הצמח ולמקום הפעולה בחלקי הצמח השונים.
- לבקש מהתלמידים להציע הצעות לניסויים על בסיס התפקידים השונים של האוקסין.

### חלק ב: תוכנית ביוחקר

הביוחקר המומלץ בעקבות הרצף של שלושת השיעורים הללו הוא ניסוי הקשור לתפקיד האוקסין בצמח. הניסויים ברמה הבית ספרית יכולים לטפל ביכולות שונות  
1. התארכות שורשים בין אם זה בבטיה ובין ביחורים 2. הסתעפות הצמח.

### דוגמא לאפשרות אחת לביוחקר

שאלת המחקר: מהי השפעת ריכוז האוקסין על יצירת שורשים בייחורים.

ההשערה: קיים ריכוז מיטבי ליצירת השורשים, הבסיס הביולוגי האוקסין מבצע פעילות שונה בהתאם לריכוז בו הוא נמצא.

המשתנה הבלתי תלוי: ריכוז האוקסין.

להשתמש ב 4 ריכוזים שונים של אוקסין + טיפול ללא אוקסין כלל. קיימות מספר שיטות ליישום האוקסין (באבקה בנוזל במשחה), לדעתי בניסוי זה כדאי להשתמש באבקה כי הורמון השרשה מסחרי מגיע בפורמט של אבקה ואפשר להשתמש בו ישירות כך ע"י טבילת הקצה התחתון של הייחור, אך אין ספק שיש לנסות בניסוי מקדים את השיטה העדיפה.

המשתנה התלוי: מספר / אורך השורשים שנוצרים, לספור את מספר השורשים ולמדוד את אורכם הכולל.

האורגניזם: יכול היות רוזמרין או מרווה, הם צמחי גיבון נפוצים וקל למצוא אותם.

מספר החזרות: 10 חזרות, פריט אחד בכל עציץ \*10 עציצים (כי קשה להצליח בייחורים), מקום ביצוע הניסוי: חשוב להקפיד על לחות המצע בגידול, עדיף בחממה מסודרת עם מחשב השקיה מתוכנן לשמירת הלחות.

## חלופה מספר 6 (נערך מעבודתו של שניר שמיר)

**מטרת הפעילות:** יצירה של למידה המשלבת התנסות וחיפיה לשלבי החקר המדעי ולשיטות מדידה שונות (במקרה זה, שימוש במד-אור). התלמידים רוכשים מיומנויות של עבודה בצוות, חשיפה למקורות ידע שונים, כמו גם תהליך של למידת עמיתים תוך השוואה בין התוצאות בשטח של קבוצות החקר השונות.

הפעילות חופפת לנושאים שבתכנית הלימודים של כיתה ח ומופיעים בספר "מדעי החיים לכיתה ח" - הוצאת מט"ח.

מערכי השיעור הללו מהווים בסיס לתצפית ממושכת בשדה ומשלבים העשרה בכיתה מדעית. הם משלבים תכנים שונים מהקורס ומסייעים ליצירת תהליך למידה ספירלי וחוויתי. החלופה לתהליך הביחוק מתקיימת בפועל בפרויקט מדעי חינוכי של גינה לימודית.

### שיעור מס' 1: האור

יש לציין כי נושא האור נלמד תחת המושג "אנרגיה קרינה". הנושאים שילמדו בשיעור הם מבנה האור, אורכי גל וצבע. מטרת השיעור: התלמידים יחשפו לעובדה שהאור הלבן בנוי מאורכי גל שונים. הם יחשפו לשימוש במנסרה לשבירת האור ולתופעת גלגל הצבעים: התלמידים יצפו בגלגל המכיל צבעים רבים שמתלכדים לידי צבע לבן בעקבות סיבוב מהיר של הגלגל. חשוב לציין כי על פי תכנית הלימודים, התלמידים מכירים בחשיבות האור ובמעורבותו בהמרת האנרגיה בפוטוסינתזה.

### שיעור מס' 2-3 - מבנה הצמח, מבנה הזרע ותהליך הנביטה

התלמידים יכירו את חלקי הצמח השונים: שורש, גבעול, עלים ופרחים, במטרה לבסס את הידע והמונחים הדרושים לתהליך גידול הצמחים. אשתמש בתרגיל שהוצג בפתחת הקורס שבו מפעילים את התלמידים בדמיון מודרך, שלפיו הם נטועים במקומם בהקבלה לצמחים. בעקבות הדמיון המודרך נערוך דיון בנושא הצרכים של הצמחים. נתבסס על ספר הלימוד "מדעי החיים לכיתה ח" בהוצאת מט"ח: העובר בצמח ומבנה הזרע (עמוד 131), תהליך הנביטה בצמחים (עמודים 145-146), נושא גדילה והתבגרות בצמחים- מועדי הפריחה של צמחים (עמודים 165 - 166). אציג סרטונים העוסקים בהשפעת האור על תהליך הנביטה (תגובת הנבטים להארה מכיוונים שונים כפי שהופיע בקורס).

### שיעור מס' 4: השפעת האור על הצמח

במהלך השנים, התלמידים נחשפו לנושא של גדילה והתפתחות ביצורים חיים. בהמשך ישיר לכך, נתייחס לתהליכים המתרחשים בצמחים בעקבות השפעת האור: פריחה, ייצור פירות וזרעים, תהליך השלכת ונביטה. נעמוד על ההבדלים בין צמחי יום ארוך לצמחי יום קצר ולתהליכי התפתחותם. אחשוף את התלמידים לסרטונים שונים העוסקים בתהליכים הנ"ל, כדי להדגיש את הצורך של צמחים באור ואת התלות שלהם במרכיב סביבה זה, כצורך חיוני להישרדותם/ לייצור מזון. כפי שהוצג בקורס, האור למעשה משמש כמזון לצמח. התפתחותו תלויה במשאב זה באופן הכרחי. אחשוף את התלמידים לתופעה שבה פרחי החמנייה עוקבים אחר תנועת השמש במהלך היום. בנוסף, אחשוף אותם לתופעה של מיעוט צמחיה מתחת לעצים ביערות בשל היעדר אור שמש ישיר ולתופעות נוספות הקשורות בהשפעת האור על צמחים. נצא לחצר בית הספר והתלמידים יצלמו צמחים באזורים שונים בשטח בית הספר כדי לבחון את השפעת האור על התפתחותם.

### שיעור מס' 5: השפעת האור על התפתחות נבטים - מעבדה

הכיתה תחולק לחמש קבוצות חקר (שבהמשך תעבודנה בגינה המדעית). כל קבוצה תערוך חמש חזרות של הנבטת זרעי שעועית בחשיפה שונה לאור. אור לבן, אור אדום, אור כחול, אור ירוק והנבטה בחושך. לאחר מכן, תיערך השוואה בין התוצאות ויערך דיון בנושא השפעת האור ואורכי הגל השונים על נביטת הצמחים. הניסוי יערוך מעקב של שבוע-שבועיים אחר תהליך הנביטה והתלמידים ימלאו יומן תצפית. התלמידים יבצעו מדידה של הנבטים ובעקבות כך יסיקו מסקנות אודות השפעת האור.

### שיעור מס' 6-7: הכנה לתהליך הביוחקר.

מטרת השיעורים הנה חשיפת התלמידים לשיטות החקר המדעי: תצפית וניסוי. אשתמש בספר הלימוד בעמ' 9-13 העוסקים בשיטות החקר המדעי. בנוסף, אשלב פעילות בילקוט הדיגיטלי. פעילות זו מכוונת את הלומדים בכל שלבי התהליך: תכנון ועריכת תצפית. מדובר בתהליך ממושך האורך כחודשיים-שלושה (מזרע עד זרע) ומלווה את הנלמד בכיתה. בשלב זה, התלמידים לומדים אודות תצפית מעשית. הם מתחילים לבצע הכנות לתצפית משולבת (מונחית ופתוחה) בשדה הגינה הלימודית. תכנון הביוחקר יעשה במסגרת המליאה הכיתתית, אך ניסוח שאלת החקר יעשה בקבוצות העבודה. חמש קבוצות העבודה השונות תיעזרנה במקורות מידע אודות כובע נזיר ואפונה ריחנית, הצמחים שישולבו בביוחקר (מדובר בצמחי יום ארוך). בסופו של התהליך התלמידים נדרשים לתרגל מיומנויות חוצות תחומי דעת, תוך שימוש בגרפים לשם הצגת נתונים על תהליך הצמיחה שאותו בחרו לחקור.

### פרויקט הביוחקר

השטח הכולל של הגינה הלימודית הנו 20 מטרים על 2 מטרים. כל קבוצת מחקר מקבלת שטח מחקר של 2 מטרים על 4 מטרים, כך שנוצר רצף של 5 חלקות. שטח הגינה מוצל בחלקו בכל שעות היום ובחלקו ישנה חשיפה חלקית לאור בשל הימצאותם של עצים גבוהים. פעילות התצפית בשדה נעשית בתקופה שבין סוף החורף (מועד הזריעה) עד לסוף האביב (יציאה לחופש הגדול - מועד פיזור הזרעים). בנוסף לתהליך הלימודי המשלב בתוכו חקר מדעי, עבודה בקבוצות, למידת עמיתים, שילוב מיומנויות חשיבה מסדר גבוה ויצירת זיקה לתחום הביולוגי, תתחזק הזיקה לחצר בית הספר ואף תגבר מעורבותם של הלומדים בתרומתם לחזרת הסביבה בה הם שוהים. השאלות שיתכן שיעלו בקבוצות הלימוד הן:

1. כיצד משפיע האור על קצב הנביטה בהשוואה לחלקות אחרות?
2. מהי השפעת האור על גודל הצמח והעלים?
3. מהי השפעת האור על תהליך הפריחה וכמות הפרחים בהשוואה לחלקות אחרות?
4. מהי השפעת האור על מועדי הפריחה בחלקות השונות?
5. האם מתקיימת תחרות בין כובע הנזיר לבין האפונה הריחנית? (שניהם צמחים משתרעים).

### רשימת המשתנים הקבועים בתצפית המונחית המשולבת

- הקרקע עברה תהליך טיוב והכנה לקראת זריעה.
- כמות מים קבועה בהשקיה באמצעות טפטפות בכל 5 חלקות החקר.
- טמפרטורת הסביבה: מדובר בתצפית הנערכת בשדה, בהתאם לטמפרטורת הסביבה.
- זריעה: כמות הזרעים, עומק הזריעה והמרחקים יהיו קבועים בכל החלקות כדי ליצור אחידות.
- הלחות תהיה משתנה ואחידה עבור כל חלקות המחקר, כיוון שמדובר במחקר המתבצע בשדה.

## חלק ג': הצעות לשילוב תכני הקורס בתוכנית הלימודים

### הצעה מספר 1 (נערך מעבודתה של חרות גור אריה)

הקורס עסק באופן כללי בצמחים כיצורים חיים וביכולתם לקלוט מידע מהסביבה ולהגיב לאותם גירויים. בקורס ניתנו דוגמאות רבות וכן מידע כללי על הביולוגיה של הצומח. תקשורת הצמח הובאה לרוב תוך היכרות והשוואה למנגנונים דומים בגוף האדם.

תוכנית הלימודים העיונית בביולוגיה לא כוללת פרק ייחודי העוסק בביולוגיה של הצומח.

1. תמצית התוכן מהקורס: הובאו נתונים על הרעב בעולם ועל הגידול האוכלוסייה. בעיה - כמות הקרקע הזמינה לחקלאות קטנה אבל צריך יותר מזון. צורך - פיתוח שיטות יעילות ע"מ לייצר כמות גדולה של מזון מזין בפחות משאבים (פחות מים, פחות קרקע). דוגמאות לפתרונות - פיתוח צמחים עמידים לפתוגנים ע"י החדרת גן (מספיק גן אחד!) שיגרום לצמח להיות עמיד יותר. דוגמא נוספת, ניצול צמחי הבר למשל הכלאה של חיטת הבר עם החיטה המעובדת ויצירת חיטת בר בעלת ערך תזונתי עשיר יותר (יותר חלבון ומינרלים).

הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:

\*התא- תורשה- שינויים בדנ"א של אורגניזם

\*אקולוגיה- שרשרת המזון (הצמחים כבסיס שרשרת המזון)

\*אקולוגיה- השפעת האדם על הסביבה

### 2. תמצית התוכן מהקורס:

הצמחים מהווים ביוריאקטור לדלקים (שמנים צמחיים), פיתוח תחום זה הינו בעל חשיבות כלכלית ואקולוגית (אפשר לעשות כסף מצמחים!).

הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:

אקולוגיה- השפעת האדם על הסביבה

### 3. תמצית התוכן מהקורס:

עלים הם בד"כ שטוחים (שטח פנים גדול) ובכך מותאמים לתפקידם בקליטה יעילה של אור לפוטוסינתזה. עליו של צמח הקקטוס הינם קוצים (מה שאנחנו חושבים כעלים אלו הם גבעוליו המעובים), עלי הקקטוס הקוציים הינם בעלי שטח פנים קטן יחסית לנפח ובכך מותאם לסביבתו ונמנע איבוד מים (שמתרחש אף הוא דרך העלים).

הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:

אקולוגיה- התאמת לבתי גידול (דוגמא להתאמה מורפולוגית- עלי הקקטוס מתאימים להתקיים בסביבה חמה)

### 4. תמצית התוכן מהקורס:

חרדל הבר הינו דוגמא לשינויים גנטיים קלים שנגרמו ע"י התערבות בנ"א (שינוי בגן אחד או שניים) או מוטציה טבעית. בעקבות שינויים אלו התפתחו מחרדל הבר כרובית, קייל, כרוב ניצנים ועוד- ירקות בעלי דנ"א זהה כמעט לחלוטין (למעט מוטציות קלות) לזה של חרדל הבר.

### הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:

- \*התא- החומר התורשתי (מבנה הדנ"א בעל הרכב ייחודי לפרט, יכול לעבור שניוניים- מוטציות)
- \*התא- מדנ"א לחלבון+ מוטציות- שינוי קל בדנ"א (לא כל שינוי) עשוי לגרום לייצור חלבונים שונים, פנוטיפ שונה.
- \*התא- השפעת האדם על הסביבה

### 5. תמצית התוכן מהקורס:

- ציטוט של זוכה פרס נובל 1937: "אנחנו חיים בזכות זרזיף קטן של חשמל מהשמש" כלומר, ללא פוטוסינתזה אין חיים. פוטוסינתזה- יכולת הצמח לקחת פד"ח עם מים ולייצר בתגובה אנזימטית חמצן לנשימה וסוכר שהוא בסיס המזון שלנו.
- הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:
- \*התא- חילוף חומרים ושינויים אנרגטיים- תיאור תה' הפוטוסינתזה כממיר אנרגיית לאנרגיה כימית המאפשרת חיים.
  - \*אקולוגיה- מקורות אנרגיה ומעברי אנרגיה וחומרים במע' אקולוגית

### 6. תמצית התוכן מהקורס:

- א. אוטוטרופיים- ייצור עצמי של מזון ע"י יצורים חיים שהם יצרנים (צמחים בעיקר)- בסיס המזון, הטרוטרופיים- האורגניזמים השורדים בזכות אכילה, מציאת מזון וספיגתו (במערכת העיכול).
  - ב. המרצה סוקר את התייחסות המדע לשאלה איך נוצרו החיים? חומר אורגני שהפך לתאים- יחידת החיים הבסיסית ושואל האם התאים הראשונים שנוצרו היו אוטוטרופיים או הטרוטרופיים. מאובנים שנמצאו מעידים שהיו אלו בקטריות הטרוטרופיות (יותר קל לאכול מלייצר אוכל ולכן זה הגיוני שזה קדום יותר).
  - ג. שחרור חמצן ע"י יצורים אוטוטרופיים אפשר ייצור שכבת אוזון שנתנה הגנה מפני קרינת UV ואפשרות לחיים ביבשה- התפתחות יצורים יבשתיים. רואים ירידה בפד"ח באותה תקופה.
- הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:
- \*התא- חילוף חומרים ושינויים אנרגטיים- תיאור תה' הפוטוסינתזה כממיר אנרגיית לאנרגיה כימית המאפשרת חיים.
  - \*אקולוגיה- יחסי גומלין+ מקורות אנרגיה ומעברי אנרגיה וחומרים במע' אקולוגית- אוטוטרופיים והטרוטרופיים, הצמחים כבסיס שרשרת המזון
  - \*אקולוגיה- תהליכים אבולוציוניים- שינויים בסביבה שגרמו להתפתחות מינים בעלי תכונות מסוימות המקנות להם יתרון בסביבה שנוצרה.

### 7. תמצית התוכן מהקורס:

- סרטון נבטי שעועית שצולמו במשך 12 שעות, כל פעם הוארו מכיוון אחר
- מחקרו של דרווין מ1800: כוח התנועה בצמחים. עוסק בפוטוטרופיזם= יכולת הצמח להתכופף לכיוון האור. דרווין הראה בניסוייו בדשא כנריות ובצמחים רבים נוספים שהצמחים מתכופפים לכיוון האור (גם חלש מאוד). בניסויים נוספים הראה דרווין שהמידע אודות האור נקלט בקולטנים המצויים בתאים בחלק העליון של הצמח ומשם מועבר האות (בהמשך נודע, ע"י ההורמון הצמחי- אוקסין) להמשכו של הצמח שם מעובד האות לתגובה, התכופפות הצמח. הגירוי נקלט במקום אחד בצמח והתגובה

באה לידי ביטוי באיבר אחר. כמו אצל האדם, כדור זרק, האות נקלט בעין מועבר למוח, נשלחת יד כתגובה ע"מ לתפוס את הכדור.  
הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:  
\*גוף האדם- מערכת העצבים- קליטת אותות מהסביבה החיצונית (קליטת אור), גירוי- עיבוד- תגובה  
\*התא- מאפייני חיים - תנועה ותגובה לגירויים (הצמח כיצור חי, ניתנו לכך דוגמאות רבות ויפות בקורס, זו אחת מהן)

#### 8. תמצית התוכן מהקורס:

פוטופריודיזם= תגובתו של הצמח לאורך יום משתנה (יותר נכון- אורך הלילה, כפי שהוסבר בהרצאה).  
צמחי יום קצר- לדוג' חרצית, סויה או מרילנד ממות- פורחים רק כשהיום מתקצר  
צמחי יום ארוך- לדוג' אירוס, חיטה- פורחים רק כשהיום מתארך (אביב, תחילת קיץ..)  
צמחים 'מותאמים' בפריחה שלהם למקום שבו צמחו כצמחי בר.  
ניתן לגרום לשינוי מועד הפריחה ע"י הארת פרחי יום קצר באמצע הלילה (קיצור הלילה) או החשכת פרחי יום ארוך באמצע היום (הארכת הלילה).  
ניתן לגרום לפרחים לפרוח כל השנה ע"י שינוי התאורה בחממות שלהם.  
המרצה הביא בתחילה את סיפור חקלאי הטבק במרילנד שגילו צמח - מרילנד ממות' שבמקום לפרוח ולתת זרעים בסוף הקיץ המשיך לגדול ולגדל עלים (לא נתן זרעים ומת בחורף). גרמו לצמחים אלו לפרוח בכך ששמו אותם בסככה אחר הצהריים (קיצור להם את שעות האור).  
הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:  
\*אקולוגיה- התאמה לבתי גידול, מחזור חיים של צמחים (עלים- פרח- פרי-זרע..)  
\*אקולוגיה- השפעת האדם על הסביבה- פעילות לתועלת האדם- דוגמא שינוי מועד הפריחה לקבלת הפרח/ הפרי בעונה המתאימה

#### 9. תמצית התוכן מהקורס:

א. אתילן הוא הורמון צמחי המשפיע על תהליכים רבים בצמח. ביניהם- הבשלת פירות, נשירת עלים- הזדקנות ועוד. אתילן מצוי בעשן, בעבר שמו פירות להבשלה בסככות עם תנורי נפט ובהמשך גילו שהחומר (המיוצר גם ע"י צמח בשל) הגורם להבשלה הוא אתילן. ניתן להאריך חיי מדף של פירות וירקות ע"י מניעת חיכוך עם אתילן, ניתן לגרום למועד הבשלה אחיד ע"י פיזור אתילן וע"י כך לגרום למשיכת מאביקים ופיזור הזרעים בו זמנית.  
ב. בקרום התא של תאי הצמח יש רצפטור לאתילן. הקולטן הוא ייחודי ונדרשת התאמה למולקולה הנקשרת אליו כמו מנעול למפתח. אל החלק התוך תאי של הרצפטור מחובר רפרסור (דכאן).  
הבקרה על המסלולים הביוכימיים המושפעים מאתילן נעשית באופן הבא:  
כאשר לא נקשר אתילן לקולטן (מחוץ לתא), הרפרסור פעיל ומנגנוני השפעת אתילן מעוכבים,  
כאשר נקשר אתילן לקולטן (מחוץ לתא), הרפרסור (חלבון) עובר שינוי מרחבי עובר למצב לא פעיל ומנגנוני השפעת אתילן פועלים.

פעילות הרפרסור גורמת להפעלת שרשרת חלבונים שבסופו של דבר משפיעים על שעתוק גנים/ עיכוב שיעתוק גנים הקשורים להשפעת האתילן (למשל הבשלת פירות).

#### הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:

א. אקולוגיה- השפעת האדם על הסביבה- חקלאות אינטנסיבית- השפעה על מועד ומשך הבשלת הפרי, כמות הצמחים (האבקה בו זמנית- משיכה חזקה יותר).  
ב. \*התא- מדנ"א לחלבון- תהליכי בקרה על פעילות הגנים (הפעלה, השתקה), בקרה ע"י אותות חוץ תאיים (האתילן הוא האות), בקרה ברמת הדנ"א- השפעה על הפעלה/ ניטרול של גנים מסוימים.  
\*התא- מעבר חומרים אל התא וממנו- מבנה קרום התא, דרכים למעבר חומרים דרך קרום התא, קליטת אותות דרך קרום התא

#### 10. תמצית התוכן מהקורס:

תיאור תופעה- עלי המימוזה נסגרים בעקבות מגע בעלים הסבר התופעה- בבסיס העלים של הצמח ישנם תאי 'כריות'. כאשר הכריות מלאות מים העלים נפתחים, כאשר הכריות מאבדות מים (בחלולית) העלים נסגרים. בעקבות המגע ישנו אות חשמלי העובר במורד העלה (באמצעות יונים) ומתרחשת הפרשת אשלגן מתאי הכריות ובעקבות כך יציאת מים באוסמוזה, איבוד קשיחות תאי הכריות וסגירת העלים. כדי שהעלים יפתחו צריכה להיות כניסת יונים לתאי הכריות ובעקבות כך יכנסו מים באוסמוזה.

#### הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:

\*מאפייני חיים- תגובה לגירויים ותנועה אצל צמחים  
\*תא צמח לעומת תא בע"ח  
\*התא- מעבר חומרים אל התא וממנו- דרכים למעבר חומרים דרך קרום התא, קליטת אותות דרך קרום התא- אוסמוזה, דפלסמוליזה

#### 11. תמצית התוכן מהקורס:

תיגומורפוגנזיס= שינוי במבנה הצמח בתגובה לגירוי מכני (מגע רוח, יד...)  
א. עץ על פסגת ההר יהיה נמוך, בעל גזע עבה יחסית, מעט ענפים ומעט עלים יחסית לע מאותו מין המצוי בעמק. העץ המצוי על פסגת ההר חשוף לרוח ומבנהו מותאם לסביבה- עיכוב צמיחה ויצירת גזע עבה המאפשר הגנה/ הישרדות.  
ב. ניתן לראות בניסויים שנעשו במעבדה שצמח ארבידופסיס שנגעו בו (גירוי מכני) צמח פחות, עיכוב התפתחותי. ניסוי של פרופ' בראם הראה שחל שינוי גנטי-מולקולרי מהיר בארבידופסיס בעקבות גירוי מכני. הגנום זהה בכל תאי האורגניזם ואילו גנים מסוימים יופעלו בתא מסוים בהתאם לסוג התא ולגירויים הסביבתיים (קור, חום, אור, מגע...).

'גנים של מגע' (למשל קלמודולין) מופעלים כתגובה למגע.

#### הצעה למיקום התוכן בתוכנית הלימודים:

א. אקולוגיה- תהליכים אבולוציוניים (תוצר ברירה טבעית)+ התאמה מורפולוגית לבתי גידול  
ב. התא- מדנ"א לחלבון (בקרה על פעילות הגנים).



## הצעה מספר 2 (נערך מעבודתו של טל בר)

### שילוב הקורס 'מה הצמח יודע' כקורס Mooc בתוכנית הלימודים:

1. תכני הקורס ואורכו מקשים על המורה להכניסו כמקשה אחת בשנת הלימודים. למרות זאת, מדובר בלמידה שונה ומשמעותית שתפקידה לעורר את סקרנותם של התלמידים. בעידן הנוכחי המידע זמין והידע אינו מוזרם כפירמידה (מהמורה לתלמיד) אלא כרשת, הידע מיוצר בהרבה מוקדים וניתן להשיגו בקלות ולכן, לפי דעתי, קורס mooc יאפשר למידה מותאמת יותר לצרכי התלמיד. הלמידה תתבצע בקבוצות של כ-3 תלמידים כאשר כל קבוצה ממונה על שיעור בקורס (סה"כ 7-6 קבוצות). הרווחים שמופקים מלמידה זו גדולים מאוד. שמדובר בשינוי הפרדיגמה של התלמיד מחשיבה חד מימדית של הוראה קלאסית לחשיבה רב מימדית המכילה בתוכה עבודת צוות, למידה משותפת, תמיכה הדדית, הישגיות, עקרון כיתה הפוכה (לומד מלמד) עקב הזמן המוגבל ותוכנית הלימודים העמוסה קיים קושי לשלב תוכנית זו. לעומת זאת ניתן בשיעורי העשרה להתמקד בלמידת mooc מצומצמת של שיעור או שתיים וליישם את עקרונות אלו.

### שילוב הקורס בנושא גוף האדם בדגש על הומאוסטזיס

2. לאחר לימוד נושא המערכת ההורמונלית בגוף האדם ניתן להעשיר את התלמידים על ידי השוואה בין הורמונים הפועלים בגוף האדם לעומת הורמונים הפועלים בצמחים וזאת על מנת להדגיש את תפקידם של ההורמונים ביצורים חיים כשליחים כימיים. למשל: השוואה בין ההורמון אוקסין להורמון אוקסיטוצין והדמיון בניהם. אפשר לסקור את מנגנון ההורמון ולאחר מכן, ניתן להציג בפני התלמידים את הדמיון להורמון אוקסין בצמחים.  
ייצור: האוקסיטוצין מיוצר בהיפותלמוס בעוד האוקסין מיוצר במריסטמה.  
תפקיד: תפקידו של ההורמון הוא התארכות תאים וכאן בא לידי ביטוי הדמיון בצורה ברורה כיוון שאוקסיטוצין אשר מופרש בעיקר בעת לידה גורם לפעולה דומה - להתרחבות של צוואר הרחם.  
נדידה: האוקסין נודד מן הנצר אל השורש והאוקסיטוצין נודד מן ההיפופיזה אל אזורים שונים בגוף.  
חד כיווניות: ההורמונים נעים באופן חד כיווני מבלוטת ההפרשה לתא המטרה.
3. מערכת העצבים באדם: ניתן ללמד ולהמחיש את פוטנציאל הפעולה במערכת העצבים בעזרת הדיונאה.  
בדיונאה ניתן לראות תהליך דומה לזה הקיים במערכת העצבים.  
בקורס קיים הסבר עקרון הפרש המטענים עקב הפרשת יוני הסיידן ומעבר סף מסוים גם באדם וגם בצמח.  
מנגנון הדיונאה הוא מרתק וקל יחסית להבנה ולכן ניתן לבצע "האנשה" על מנת להציג את מנגנון ההולכה החשמלי בתאי עצב ובעיקר דפולריזציה בתא העצב אשר על מנת לגרום לתגובה צריך לעבור סף מסוים.

## שילוב הקורס בנושא ביולוגיה של התא:

4. תנועת עלים במימוזה כחלק מלימוד נושא האוסמוזה בתאי צמח. בתחילת הלמידה ניתן להציג את תופעת העלים במימוזה כפתיח ועל ידי כך לפתח את סקרנותם של התלמידים לתופעה הנצפית. תאי הכרית במימוזה מאפשרים לנו להבין באופן מוחשי את תפקידו של מצב טורגור – דה פלזמוליזה ופלזמוליזה בתא הצמח. בשיעור יתבצע מעבר על תרחישים של תאי צמח בתמיסות שונות, חזרה לתופעת המימוזה והסברה בצורה מסודרת כתרשים זרימה; מצב דהפלזמוליזה (טורגור) – העלים נפתחים, מצב פלזמוליזה – העלים נסגרים. לאחר מכן ניתן לברר עם התלמידים מה תפקיד משק המים בתאי הצמח כהמשך דיון בכיתה.
5. בשיעורי תורשה, ניתן להשוות בין גנים זהים הקיימים באדם ובצמח והשוואה בניהם. ידוע שבצמחים קיימים גנים אשר קשורים למחלות באדם כגון; BRAC בסרטן השד, רצפטור CFTR הקשור לציסטיק פיברוזיס וחרשות. השוואה זו מעידה על כך שגנים אלו קשורים למנגנונים בסיסיים בתפקוד התא שהיו קיימים ביצורים חד תאיים שהיו אבות הקדמונים של הצומח ועולם החי. אפשר לשלב את נושא זה גם במסגרת בקרה על ביטוי גנים והנדסה גנטית.

## שילוב הקורס בנושא העמקה בקרה על ביטוי גנים והנדסה גנטית

6. במסגרת לימוד נושא העמקה בקרה על ביטוי גנים והנדסה גנטית, ניתן לבצע השוואה בין בקרת גנים חיובית ושלילית באדם לעומת צמחים. ראשית ניתן להראות שמנגנוני הבקרה דומים ומאפיינים את כל התאים האיוקריוטים; תהליכי התעתוק השחבור והתרגום דומים מאוד. ניתן להציג בקרה שלילית על ידי רפרסורים (דכאנים) באורגניזמים שונים למשל – החומר SIR2 בתולעים לעומת אתילן בצמחים; דיכוי הגן *daf-2* בתולעים על ידי החלבון SIR2 מאריך את חיי האורגניזם. בצמחים, דיכוי רצפטור על ידי אתילן מעורב גם הוא בתהליך דומה – תהליך הזדקנות.

## שילוב הקורס בהקשר ללימוד האקולוגיה.

- בקורס ניתנו אין ספור דוגמאות להתאמת הצמחים לגורמים ביוטים (למשל מזיקים) וגורמים א-ביוטים, סוגי התאמות ויחסי גומלין.
7. התאמה לתנאים א-ביוטים ולגורמים ביוטים. בשיעור "מה הצמח רואה" מסביר המרצה על חיישני האור בצמח ועל חשיבותם. הוא מפרט את השפעת האור האדום (R.L) והאור האדום הרחוק (F.R.L) על הפריחה. בשיעור אקולוגיה העוסק בהתאמת יצורים חיים לגורמים א-ביוטים. ניתן לציין את הדוגמא של נבט המוצל בחופת עלים. נבט זה יקלוט אור אדום רחוק אשר יגרום לו להגיב בהתארכות שתאפשר לו לצאת מן הצל לטובת אור השמש. ניתן להוסיף גם כי מודבר בהתחמקות מתנאי סביבה לא נוחים. התאמה לגורמים ביוטים ניתן להמחיש למשל בשיעור "מה הצמח מריח". בשיעור זה מציג המרצה דוגמא של עלי צמח שהותקף על ידי זחלים (הניסוי של הייל) וכתוצאה מכך העלים המותקפים הפרישו חומרים כימיים נדיפים אשר "אותתו" לעלים באותו הצמח ולעלים שכנים על ההתקפה. כתוצאה מכך ייצרו הורמון הגנה בצמח (חומצה סליצילית). זוהי דוגמא יפה ומפורטת להפליא להתאמה להקטנת טריפה ופגיעה ממזיקים.

## 8. סוגי התאמות.

בקורס מצוינות דוגמאות רבות להתאמות של הצמחים לבית הגידול שלהם.

ניתן לערוך שיעור המשלב דוגמאות מן הקורס להתאמות אלו.

- התאמה מורפולוגית : קיימת דוגמא להסתגלות הצמח לסביבה בהשוואת עץ על פסגת הר לעומת עץ הנמצא בתוך עמק . העץ בפסגת ההר חשוף לרוח ולכן מייצר גזע עבה ועלים מעטים. לעומת זאת, העץ הנמצא בעמק מייצר גזע דק וגבוה יותר עם חופת עלים גדולה.
- התאמה פיזיולוגית כימית: קיימות דוגמאות רבות בקורס ( צוינה הדוגמא של ההגנה מפני טריפה ). דוגמא יפה ומוצלחת היא הדוגמא של ייצור האתילן. האתילן מופץ ומעודד הבשלת פירות וזאת על מנת שהצמח ינצל את הזמן ככל האפשר כדי להפיץ את זרעיו.
- התאמה התנהגותית: בשיעור מה הצמח זוכר מציין המרצה את הניסוי של תלייה אשר גרם לפגיעה במריסטמה הקודקודית. ניסוי זה מעלה דיון מעניין האם מדובר בהתאמה התנהגותית של הצמח או שמא מדובר בהתאמה אחרת? כאמור, כאשר "דקר" החוקר את פסיג בצמח ולאחר מכן הסיר את כל הפסיגים, גילה שהצמח "זכר" את הפגיעה ולא הצמיח ניצן לכיוון בו התבצעה הפגיעה.

## 9. יחסי גומלין.

בקורס קיימות דוגמאות ליחסי גומלין בצמחים.

דוגמא יפה שניתן לשלב בנושא היא התקשורת בין העגבנייה והכשות.

כשות הוא דוגמא לטפיל כיוון שאינו מסוגל לבצע פוטוסינתזה ולכן כורך את עצמו סביב צמח אחר ומוצץ את הנוטריינטים שלו.

באותו נושא מציין המרצה גם את החיטה שאינה מנוצלת על ידי הכשות כיוון שהיא מפרישה כימיקלים הדוחים את הטפיל. זו דוגמא יפה להתחמקות הצמח ממזיקים.

## שילוב הקורס כמבוא לעבודת הביוחקר : לימוד גישות כלליות במדע.

10. כחלק מהצגת הניסויים בקורס מוזכרים גישות כלליות במדע.

קיים הסבר על 2 גישות אותן ניתן להסביר בכיתה.

i. שימוש באינדוקציה ושימוש בנתונים על מנת לבחון רעיונות חדשים. (למשל

מחקרי דארווין במסעותיו)

ii. הגישה הדדוקטיבית: בחינת היפותזות מרובות ותכנון ניסויים לבדיקתן.

(הגישה בא משתמשים רוב המדענים כיום)

ניתן לבחון ולהיעזר בדוגמאות של הניסויים השונים כמבוא לעבודת הביוחקר.

למשל, אפשרות לתת לתלמידים לנתח את הניסוי של דארווין שבוחן פוטוטרופיזם.

ניתן להציג את המחקר מהקורס ולהראות לתלמידים ולנתח אותו כמחקר לדוגמא שבו קיימים המאפיינים אותם יש ללמד טרם ביצוע הביוחקר:

תיאור התופעה הנצפית והצגת שאלת המחקר, ניסוח השערה, תכנון ניסוי, ריבוי פרטים, בקורות, תוצאות, הצגת מסקנות ודיון.

### הצעה מספר 3 (נערך מעבודתה של נעמי פור אפרתי)

מספר נושאים שנכללו בקורס מתקשרים לנושאים רבים בתכנית הלימודים, וניתן לשלב אותם גם כדרך לחזור עם התלמידים על נושאים שנלמדו בעבר.

לדוגמה:

ניתן ללמוד על הדיונאה במסגרת לימודי האקולוגיה, כחלק מהדיון בחשיבות חנקן (וחומרי דשן אחרים) לצמחים, ובהתאמות של צמחים לקרקעות דלות בנוטריינטים. אם נושאי "התא" ו"גוף האדם" כבר נלמדו, ניתן לשלב את הסרטון העוסק במנגנון הסגירה של "מלכודת" עלי הדיונאה, וכך לחזור על נושא מעבר מים ומומסים דרך הממברנה. לסיכום, ניתן להשוות בין מנגנון זה לבין אופן הפעולה של תאי עצב.

לחילופין, ניתן להדגים בעזרת הסרטון את המשמעות של מעבר מים ומומסים דרך הממברנה ברמת האיבר והאורגניזם השלם. במועד מאוחר יותר, בזמן לימודי האקולוגיה, ניתן להזכיר לתלמידים את המנגנון שכבר נידון, ולהתמקד רק בהשלכות לגבי בתי הגידול של הצמח.

סרטונים רבים כוללים התייחסות לניסויים ולאופן הסקת מסקנות במחקר מדעי. בסעיף השני בעבודתי פרטתי כמה מסרטונים אלה, המתאימים במיוחד כדוגמאות לתלמידים במהלך תרגול עקרונות מחקר מדעי.

א. המלצות לשילוב סרטונים הנכללים בקורס המקוון, בהתאם לסעיפים בפירוט תכנית הלימודים.

#### גוף האדם בדגש הומיאוסטזיס

מערכות תקשורת, ויסות ותיאום: מערכת העצבים

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס'	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
האדם קולט גירויים אותות מהסביבה החיצונית והפנימית, באמצעות איברי חוש ותאי חישה, מעבד אותם ומגיב עליהם תוך תיאום בין המערכות והאיברים	תאי חישה, קולטנים (רצפטורים) ייחודיים.	2.1	הקדמה לחישה אור בצמחים	מבנה העין באדם	מאפשר חזרה והדגשה של מבנה איבר החוש באדם, וכן העשרה ועניין לגבי צמחים. כדאי לבחור רק חוש אחד או שניים.
		2.6	מה רואה הצמח		
		3.2	קולטנים	חושים כימיים, קולטנים	
		4.1	חוש מישוש בצמח ובאדם	חוש מישוש, חוש חיישני מגע בעור	
		4.9	גנים של חרשות בצמחים	שמיעה וחרשות	

	פרופיוספציה ושווי משקל באדם – מבנה האוזן הפנימית, תאי חוש	שיווי משקל בצמחים	5.1		השונים.
	מבנה האוזן באדם – תחושת גרביטציה	תחושת גרביטציה - עמילופלסטים	5.7		
מאפשר חזרה והעשרה.	הולכה עצבית, דפולריזציה	חוש מישוש בצמח ובאדם	4.1	תא עצב/נוירון, דחף עצבי, נוירטרנסמיטר, קולטן.	תאי העצב (נוירונים) התאמה בין מבנה לתפקוד. העברת אותות בתאי עצב: אות חשמלי, אות כימי.
	הולכה עצבית	דיונאה	4.2		
	גירוי סף	זיכרון טווח קצר- דיונאה	6.2		

**מערכות תקשורת, יסות ותיאום: המערכת ההורמונלית (מערכת הפרשה פנימית)**

הערות	מתאים לנושא	נושא הסרטון	סרטון מס'	מונחים ומושגים רלוונטיים	מפרט תכנים
הרחבה לכיתה ברמה גבוהה.	פוטופריודיזם באדם – מלטונין ובלוטת הפינאל.	פוטופריודיזם בצמחים	2.3	איבר מטרה, הורמונים, משוב שלילי, קולטן.	מערכת המווסתת פעילות מערכות שונות באמצעות הורמונים.
	ייחודיות של קולטנים	קולטנים	3.2		
	מנגנוני פעולה של הורמונים והשוואה להורמון צמחי מרכזי.	הובלת אוקסין	5.5		

**התא - מבנה ופעילות**

**מאפייני החיים ומבנה התא - מבט על**

הערות	מתאים לנושא	נושא הסרטון	סרטון מס'	מונחים ומושגים רלוונטיים	מפרט תכנים
דוגמא מסקרנת ולא צפויה בהקשר זה.	מבנים ותפקידים מגוונים של פלסטידות בצמח.	תחושת גרביטציה - עמילופלסטים	5.7	פלסטידות	אברוני התא ותפקודם
				עמילן	חומרי תשמורת: חשיבות, מאפיינים, דוגמאות בצמחים ובבעלי חיים.

### מעבר חומרים אל התא וממנו

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס' 4.2	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
דרכים למעבר חומרים דרך קרום התא.	אוסמוזה העברה פעילה, מפל ריכוזים	4.2	דינאמה	אוסמוזה ואקווריונים, מפלי ריכוזים, משאבות	מתאים כגיוון, וכדרך להדגים תהליכים תאיים ברמת הרקמה והאורגניזם.
		4.3	מים בתאי צמח		
		4.4	מימוזה		
קליטת אותות מהסביבה החיצונית אל תוך התאים נעשית דרך קרום התא.	קולטנים יחודיים	3.2	קולטנים בחוש כימי	דוגמה לחשיבות קשר עם הסביבה החוץ-תאית באמצעות קולטנים.	
		3.4	מנגנון קולטן האתילן		העשרה: מתאים לכיתה ברמה גבוהה.

### החומר התורשתי

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס' 4.9	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
מאפייני ה-DNA: נשמר (ברובו) במעבר בין הדורות; יציב מאוד.			גנים של חרשות בצמחים	גנים דומים בכל עולם החי. תפקידי יסוד בתא משפיעים בצורה שונה ברמת האיבר והאורגניזם.	דוגמה למחקר גנטי מודרני

### מ-DNA לחלבון

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס' 4.5	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
באאוקריוטים – בקרה על ביטוי גנים יכולה להיות בכל אחד מהשלבים במסלול מ-DNA לחלבון.	הורמונים, קולטנים	4.5	תגובת הצמח למגע, גנים של "מגע"	אוקסין והשרשה	לכיתה ברמה גבוהה
		4.6			
		5.6			

### מוטציות

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס' 2.5	נושא הסרטון	הערות
מוטציה היא שינוי ברצף הבסיסים ב-DNA.		2.5	מוטנטים עיוורים בארבידופסיס	העשרה: עבודה עם מוטנטים
		7.4	מחקר במעבדה	

## אקולוגיה

### מאפייני הסביבה

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס'	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
גורמים אביוטיים: אור וקרנה	גורם מגביל	2.1	הקדמה לחיבת אור בצמחים	חשיבות גורם אביוטי והשפעתו על יצורים חיים.	מאפשר להמחיש לתלמידים את המורכבות של בית גידול, ואת העובדה שלא כל האורגניזמים משתמשים בצורה דומה במשאבי הסביבה. כהעשרה לכיתה ברמה גבוהה
		2.2	תגובת צמחים לאור: הניסוי של דארווין		
		2.3	פוטופריודיזם		
		2.5	מוטנטים עיוורים בארבידופסיס		
		2.6	מה רואה הצמח		
		4.5	תגובת הצמח למגע (רוח)		
גורמים אביוטיים: רוח					
גורמים אביוטיים: טמפרטורה		6.4	זיכרון לטווח ארוך – תגובה לקור	השפעת הטמפרטורה על פריחה: חיתת חורף וחיתת קיץ	
העשרה בנושא גורמים אביוטיים: גרביטציה		5.1	שיווי משקל בצמחים	גורמים אביוטיים שהשפעתם לא מובנת מאליה.	העשרה

### יחסי גומלין

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס'	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
טריפה, הימלטות מטריפה.		3.6	צמחים מגיבים לפגיעה בעלים שכנים ע"י טורפים	מעברי אנרגיה וחומרים בבית גידול, מארגי מזון. התאמות להימלטות מטריפה.	מדגיש את העיקרון שגם צמחים נטרפים במובן האקולוגי. ניתן לשלב קריאת טקסט מדעי מבחינת בגרות תשע"ד.
		3.7			
		4.2	דיונאה		

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס'	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
יחסי שיתוף (סימביוזה) מסוגים שונים.	טפילות	3.5	כשות נמשכת לפונדקאי בעזרת חומרים המופרשים לאוויר.	התאמות ייחודיות טפיל-פונדקאי (עגבניה לעומת חיטה).	צמח טפיל מאפשר העמקה בנושא מארגי מזון, פוטוסינתזה ועוד. ניתן לקשר גם לצמחים מזיקים לחקלאות.

מקורות אנרגיה, מעברי אנרגיה ומעברי חומרים במערכת אקולוגית

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס'	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
מחזורי חומרים בטבע: מחזור חנקן	חומר אי-אורגני, מפרקים	4.2	דיונאה	התמודדות צמחים עם קרקעות דלות חנקן.	דרך ליצור עניין בנושא מורכב.

התאמה לבתי גידול

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס'	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
סוגים שונים של התאמות: פיזיולוגית-ביוכימית.		2.3	פוטופריודיזם	התאמה לתנאי בית הגידול: צמחי יום ארוך/קצר	לכיתה ברמה גבוהה
		6.4	זיכרון לטווח ארוך – תגובה לקור	התאמה לתנאי בית הגידול: חיסת חורף וחיסת קיץ	
מחזור חיים של צמחים	זרע, נביטה, פרח, פרי.	2.2	תגובת צמחים לאור + ניסוי של דארזין	נביטה	
		5.4	גילוי האוקסין		
		3.3	אתילן והבשלת פירות	פירות והבשלתם	העשרה לכיתה ברמה גבוהה
		3.4	מנגנון קולטן האתילן		

השפעת האדם על הסביבה

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס'	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
פעילות לתועלת האדם לדוגמה: שינוי מועד פריחה, השפעה על קצב הטלת ביצים		2.3	פוטופריודיזם	שימוש בפוטופריודה בחקלאות	לכיתה ברמה גבוהה



### בקרה על ביטוי גנים והנדסה גנטית

מפרט תכנים	מונחים ומושגים רלוונטיים	סרטון מס'	נושא הסרטון	מתאים לנושא	הערות
בקרה על ביטוי גנים בתאים. בקרה ברמת התעתוק; בקרה חיובית ובקרה שלילית (אופרון הלקטוז).	אתר מקדם (Promoter), גנים מבניים	5.6	אוקסין והשרשה	בקרה באמצעות אתר מקדם	דוגמה מאוקריוטים, קישור להורמונים
בקרה ברמת מבנה DNA (שיתוק כרומוזום X)	הרחבה: אפיגנטיקה	6.4	זיכרון טווח ארוך 2 – לקור תגובה	מתקשר להשתקת גנים, מתלציה.	הרחבה: אפיגנטיקה
במהלך ההתמיינות (דיפרנציאציה) מושתקים גנים מסוימים ומופעלים גנים אחרים.		6.5			
ביטוי גן בתא מהונדס מתאפשר בעזרת חיבור בין הגן המבני לאתר בקרה האחראי לביטוי של הגן המבני.	יצורים טרנסגנים	5.6	אוקסין והשרשה	שימוש בהנדסה גנטית לצורך מחקר	

### ב. סרטונים מהקורס שניתן להשתמש בהם כדוגמאות מסייעות ללימוד עקרונות תהליך החקר המדעי:

סרטון מס'	נושא	הערות
2.2	הניסוי של דארווין בפוטוטורפיזם	ניסוח השערה ע"ס תצפיות, זהירות בהסקת מסקנות, חשיבות הבקרה, חשיבות בידוד משתנים.
3.5	תגובת נבטי כשות לחומרים נדיפים של עגבנייה וחיטה.	סדרת ניסויים הבוחנים השערה, חשיבות הבקרה.
3.6	צמחים מגיבים לפגיעה בעלים שכנים ע"י טורפים	תצפיות בשדה המובילות להשערה, סדרת ניסויים הבוחנים השערה, חשיבות בידוד משתנים, חשיבות הבקרה, חילוקי דעות בין מדענים, חשיבות חזרות ובידוק חוזרת של תוצאות.
3.7	צמחים מגיבים לפגיעה בעלים שכנים ע"י טורפים	סדרת ניסויים הבוחנת השערות חלופיות, חשיבות הבקרה, קריאת תוצאות בגרף. (לכיתה ברמה גבוהה)
4.8	האם צמחים מגיבים למוזיקה?	חשיבות בידוד משתנים, חשיבות ריבוי פריטים, חשיבות חזרות, גישה ביקורתית לתוצאות, זהירות בהסקת מסקנות.
4.9	גנים של חרשות בצמחים	העשרה: ניסויים מדעיים ודיווחים לא מדויקים בעיתונות.
5.4	גילוי האוקסין	ניסויים לבירור תופעה מוכרת, חשיבות הבקרה חשיבות בידוד משתנים. מתאים ללימוד יחד עם הניסוי של דארווין.

הערות	נושא	סרטון מס' 5.6
ניסויים לביורור תופעה מוכרת, חשיבות הבקרה חשיבות בידוד משתנים. מתאים כהמשך לגילוי האוקסין. דוגמה למחקר בשיטות גנטיות מודרניות.	אוקסין והשרשה.	5.6
השערות חלופיות ובחינתן. איסוף מידע ממחקרים שונים. חשיבות בידוד משתנים – ניסוי בתחנת החלל.	תחושת גרביטציה	5.7
השערות חלופיות ובחינתן. איסוף מידע ממחקרים שונים.	"תנועה סיבובית" בצמחים	5.8

## הצעה מספר 4 (נערך מעבודתה של שירי כהן גינוסר)

### א. ביוחקר:

1. פתיח לביוחקר – ללמד על ההיסטוריה של המדע, על התהליך המדעי ועל הגישה הדדוקטיבית תוך מתן דוגמאות למחקרים המוצגים בקורס. ניתן להציג מחקרים פשוטים מול מחקרים מורכבים יותר מבחינה טכנולוגית, להראות שיטות עבודה ישנות מול חדשות, להציג חוקרים ותיקים כדארווין ואת עבודותיהם של חוקרים עכשוויים. העיקרון הוא להראות כיצד הידע הביולוגי נבנה נדבך על גבי נדבך, להסביר את המשמעות של שאלות שאלות מתוך תוצאות ומסקנות מחקר מסוים, ולהוביל את הדרך למחקר הבא, שישפוך אור נוסף על התופעה הכללית אותה אנו מנסים להסביר.

### ב. גוף האדם בדגש על הומיאוסטאזיס:

1. מערכת העצבים באדם – ניתן להמחיש גם בעזרת הניסויים שנערכו בצמחים את התהליך שבו מתקבל גירוי באמצעות תאי החישה, חל עיבוד שלו ובעקבותיו מגיעה תגובה. נדגיש כי אין מדובר על מערכת עצבית בצמח, אך העקרונות זהים. לדוגמה, ניתן להציג את הניסוי של דארווין בו הוא כיסה קצה של צמח בכובע אטום לאור, וקצה של צמח אחר בכובע זכוכית, ובחן את תגובת הצמח לאור שהוקרן מן הצד. בשלב זה של הלמידה, אמליץ להסביר זאת כתגובה לגירוי בלבד, ולהעמיק בכך מבחינת המנגנון ומבחינה הורמונלית כאשר נגיע לנושא התא, או לנושא ההורמונים. כך תיווצר לי המחשה "ספיראלית" – אוכל להשתמש בכל פעם בדוגמה זו ולהעמיק בה את ההבנה. בנוסף, ניתן להמחיש את תפקודם של הקולטנים בגופנו בהעברת המידע למערכת העצבים, בדוגמה מעולם הצומח – נשווה בין קולטני האור באדם לבין קולטני האור בצמחים. נבחין בכך שישנם קולטנים הייחודיים רק למצחים, למשל, אך ישנו קולטן המשותף למצחים ולבני האדם – קריפטוקרום, המשפיע על השעון הביולוגי באורגניזמים השונים באמצעות קליטת אור כחול. אם אפשר, כהרחבה (כי שעון ביולוגי אינו חלק מהחומר לבגרות) – נדבר על פוטופריודיזם בצמחים, וניתן דוגמאות לתגובה לאורך יום משתנה גם בבעלי חיים.

2. **עוד במערכת העצבים** – נדגיש כאן את העיקרון הביולוגי של אחידות ושוני בעולם החי, בדגש על אחידות במה שלמעשה מעורר תגובה בעקבות גירוי מסוים – יצירת מתח חשמלי בקרומי התאים, ממנו נוצר פוטנציאל הפעולה, שמאפשר תגובה. כדוגמה, נציג את מנגנון הסגירה של הדיינאה, החשה היכן טרפה נמצא על העלה, ונסגרת רק אם הטרף נגע בשתי נקודות שונות תוך טווח זמן מסוים. נציג את החוקר ברדון סנדרסון, אשר יישם במחקריו על צמחים טכנולוגיה ששימשה במחקר על בעלי חיים.

3. **מוח, זיכרון ולמידה** – נדגים כיצד לצמחים יש תגובה מאוחרת להתרחשות מוקדמת, כלומר נדגים את שלושת המרכיבים המרכזיים בזיכרון: קידוד המידע, אחסון שלו ושליפה שלו. כשנלמד על סינפסות ועל חומרים המשפיעים על מעבר המידע בהן, נית להציג כדוגמה את קולטני הגלוטומט במוח, שלהם תפקודים רבים ושונים במוחו. גם כאן עיקרון האחידות בעולם החי מצליח להפתיע – נסביר על קולטני הגלוטומט בצמחים, ובקווים כלליים כיצד הם משפיעים על הצמיחה. גם בבני האדם וגם בצמחים יש קולטנים המושפעים מאותו החומר, אך תוצאת הקישור של גלוטומט אליהם שונה בכל אחד מהאורגניזמים.

4. **המערכת ההורמונלית** – כאשר נלמד על העקרונות המרכזיים בפעולת ההורמונים, נסביר, כדבריו של פרופ' חיימוביץ', שהשפעתו של הורמון תלויה במספר גורמים: במקום בו הוא פועל, בתזמון של פעולתו מבחינה התפתחותית באורגניזם ובריכוז ההורמון (ייתכן שהשפעתו שונה בריכוזים שונים שלו). ניתן להמחיש עקרונות אלה באמצעות פיתוח הורמונים: נסביר על האתילן המעודד הבשלה (לא נותר, כמובן, על ההיסטוריה שהובילה לגילויים הקושרים באתילן ובהבשלה, כפי שתוארה בקורס), ונתעכב על מנגנון פעולתו – קשירתו של האתילן לקולטן מעוררת סיגנל מסוים בתא, בדיוק כפי שהורמונים באדם נקשרים לקולטנים על גבי תאים מסוימים וגורמים לשרשרת פעולות תוך תאיות. נחזור לדוגמה זו בפרק ההרחבה, בבקרה על ביטוי גנים. בנוסף, נציג את המחקרים שהובילו להבנת מנגנון הפעולה של אוקסין, המעודד התארכות של תאים המאפשרת לצמח להתכופף כתגובה לגירוי אור. נציג את מחקריו של דארווין בפוטוטורפיזם, ואת הניסוי של פיטר בוין-ג'נסן, שהוביל למסקנה כי חומר מסיס כלשהו נוצר בקצהו העליון של הגבעול, ומשפיע על הכיפוף במורד הגבעול, כתגובה לאור. נעסוק שוב באוקסין בהמשך, בפרק ההרחבה, כדוגמה להנדסה גנטית ולשימושה.

## ג. התא:

1. **קרומ התא ומעבר חומרים דרכו** – כשאנו מלמדים על סוגים שונים של תמיסות, פלסמוליזה, דהפלסמוליזה, לחץ טורגור, פיוניות ואוסומזה – כל זאת ניתן להמחשה בצורה נהדרת בעזרת הדוגמה של סגירת העללים של המימוזה הרגשנית כתגובה למגע. נסביר על אקוופורניס כהרחבה, וכמובן נחזור על מבנה התא ואברוניו, בדגש על דופן התא והחלולית ותפקודן בתאי הצומח. נשווה בין הכריות בבסיס העלים של המימוזה ומנגנון הפתיחה והסגירה של העללים, לבין מנגנון סגירת ופתיחת הפיוניות, המושפע גם הוא משינויים בריכוז המלחים, בכמות המים ובלחץ הטורגור. נזכיר כי מה שמוביל לשינויים בכריות שבמימוזה בעקבות מגע הוא פוטנציאל הפעולה שהתפתח, עליו למדנו במערכת העצבים באדם.

2. **מוטציות** – בניסויים רבים שהוצגו בקורס יש שימוש בזנים מוטנטיים של צמחים. ניתן להמחיש מהם גורמים מוטגנים בצמחים ובאדם, ולדבר על מוטציות בגנים ספציפיים. לדוגמה, ניתן ללמד על המיזין והשפעתו על מבנה התא בבעלי החיים (למשל על מבנה

השערות באופן הפנימית) ועל השפעתו בצמחים. נלמד כיצד מוטציה בגן זה משפיע על מבנה השערות ביונקים, ומוטציה בגן זה בצמחים, המשפיעה על צמיחת היונקות בשורשיו של ארביסופסיס, כדוגמה. נלמד על גנים מסוימים המופיעים הן בבעלי חיים והן בצמחים, שבאדם האלים המוטנטיים שלהם עלולים לגרום למחלות שונות. בנוסף, נשלב את הידע של התלמידים בנושא חלבונים, והידע שלהם בנושא השעון הביולוגי אותו הצעתי ללמד כהעשרה במערכת העצבים, ונלמד על החלבון פיטוכרום בארביסופסיס, המאוקטב על ידי אור אדום. נסביר את משמעות הפיטוכרום כמתג מולקולרי, שלו שני מצבים והוא מאקטב או מדכא רצף של אירועים תאיים, בהתאם לאור שהוא קולט.

\*בנקודה זו אפשר לחזור על עניין הזיכרון, ועל ההשוואה בין זיכרון באדם לזיכרון בצמחים. בנוסף, ניתן לחזור לדוגמה זו, שכבר תהיה מוכרת לתלמידים, גם באקולוגיה, כאשר מלמדים על התאמה לתנאי הסביבה, ולהסביר את ההבדלים ברמת המנגנון בין צמחי יום-קצר לצמחי יום-ארוך.

### ד. אקולוגיה:

1. **יחסי גומלין** – הייתי מציגה את הנושא הבא כשאלה פילוסופית למחשבה, בדומה לאופן שבו הציג פרופ' חיימוביץ' את הסוגיה של תקשורת בין צמחים. בנוסף, ניתן לחקור את הנושא במסגרת הביוחקר. נציג את הקוסקוטה הצומחת לכיוון שיחי העגבנייה, אך דוחה את נבט החיטה. נלמד כיצד עצים בסביבתו של עץ שנפגע מזחלים, מפתחים עמידות לאותם הזחלים. האם מדובר ביחסי גומלין? נסביר כיצד החומצה המתיל-סליצילית, העוברת לחלקי הצמח השונים דרך האוויר, מהווה איתות ומפעילה את מערכות ההגנה של הצמח בעקבות פגיעה. מתוך כך נצא לשאלה האקולוגית – האם ההתפתחות של מנגנוני ההגנה בקרב העצים הסמוכים היא סוג של תקשורת? של יחסי גומלין? \*בנקודה זו אפשר לחזור למערכות ההגנה באדם, ולהיזכר באיתותים הגורמים להפעלתן.

\*נזכיר את האתילן ואת השפעתו על הפירות הסמוכים לפרי שהבשיל ומפיץ אותו. נראה כי מועד הבשלת הפירות מסונכרן בכל העצים בפרדס מסוים – מהי המשמעות האבולוציונית של תהליך זה?

### ה. פרק ההעמקה – בקרת ביטוי גנים והנדסה גנטית:

1. **בקרה על ביטוי גנים** – נושא המופיע לא מעט פעמים בתכני הקורס. לדוגמה, ניתן ללמד את מנגנון פעולת האתילן, אותו התלמידים כבר יכירו מהנושאים הקודמים. נלמד כיצד הקולטן לאתילן משמש כרפרסור של מסלול תגובת האתילן, וזאת בהיעדר אתילן. כאשר יש אתילן, הוא נקשר לקולטן על גבי קרום התא, והקישור גורם לעיכוב הקולטן, דבר המאפשר לתגובות התאיות השונות הקשורות באתילן להתרחש.

דוגמה נוספת לבקרה על ביטוי גנים, שניתן לחזור אליה בנושא האקולוגיה, היא תיגמומורפוגנסיס – שינוי קבוע בתגובה לגירוי מכני. באקולוגיה ניתן לציין את העצים בני אותו המין הצומחים בצורה פיזית שונה בהר לעומת העמק (כתגובה לגירוי הרוח), וזאת כדוגמה להסתגלות לתנאי הסביבה. כשנלמד על בקרת ביטוי גנים, ניתן להמחיש זאת בעזרת הניסוי בארבידופסיס, בו מגע יום-יומי גרם לצמח כמעט ולא לצמוח לגובה, לעומת הצמח המקביל שלא עבר טיפול זה. מדובר על שינוי בביטוי הגנים, בהתאם לשינויים שחלים בסביבה. נלמד על החלבון קלמודולין ועל קישורו לסידין, מה שמאפשר השפעה על המתח החשמלי בקרום התא, ועל יצירת פוטנציאל הפעולה גם בתאים הסמוכים.

\*ניתן לציין מהי אפיגנטיקה ולהדגים באמצעות הניסוי עם הקפאת זרעי החיטה לפני החורף,

וכך עידוד פריחתה באביב. לצערי, אפיגנטיקה איננו נושא שנכלל בתכנית הלימודים, אך לדעתי לא ניתן להתעלם ממנו כשלומדים על בקרת ביטוי גנים.

2. **הנדסה גנטית** – נראה כיצד מניפולציה של גן מסוים מאפשרת לנו לבחון מתי או היכן הוא פועל. בנוסף לדוגמאות המצוינות בתכנית הלימודים, ניתן להוסיף את הניסויים הנערכים עם הגן ליצירת אוקסין. נסביר את השימוש בגן המדווח GUS, ונראה מאיזה גן אנו לוקחים את אזור הבקרה, ומאיזה גן את האזור המקודד לחלבון – עניין קריטי בהבנת עקרונות ההנדסה הגנטית. נלמד כי הגן המדווח מאפשר לנו לראות תחת המיקרוסקופ את המיקום בו הצטבר האוקסין בצמח.

### לסיכום,

ניתן לראות כי חרף העובדה שהמקום של מדעי הצמח בתכנית הלימודים הוא שולי, יש אפשרות להדגים ולהמחיש את החומר הנלמד באמצעות תכנים שונים מתוך הקורס, וכך להעמיק את הידע וההבנה של התלמידים בנושאים שבתכנית הלימודים. כערך מוסף, ייתכן שנחיל בתלמידים את אהבת הצומח ואת הרצון להתעניין ולערוך מחקרים בצמחים, מה שיהיה לנו לעזר רב בהוראת הביוחקר, ואולי יפתח בפני התלמידים ובפנינו אפשרויות נוספות ומעניינות לחקירה.

## הצעה מספר 5 (נערך מעבודתה של שירי-רבקה מסה)

1. **מה היו חיינו ללא הצמחים? ניתן לשלב בתכנית הליבה. בנושא התא, פרק: התא הצימחי.**  
במבוא לפרק זה ניתן להדגיש את חשיבות הצמחים ואף את תלותנו בצמח, שהרי חיינו לא היו חיים ללא צמחים: רהיטים, קפה, ביגוד, נייר, צמיגים, תרופות, החיטה והתפוח-אדמה, והשלווה שהם נוסכים בנו. שילוב מעניין זה, מעורר בתלמיד סקרנות ורלוונטיות לתכני הלימוד של הפרק בהמשך.
2. **אחידות במבנה ובתפקוד הבסיסי של התא הצימחי אל מול תא אנימלי ותא חיידקי. ניתן לשלב בתכנית הליבה, נושא: התא, פרק: הכרת מבנה התא.**  
ממש כפי שפרופ' חיימוביץ עשה בשיעור הראשון ובו סקר את התא הצימחי לזיהוי הדומה והשונה בינו לבין תא אנימלי, ניתן לעשות בפרק הראשון להכרות הבסיסית של התלמידים עם מבנה התא. שילוב זה, מאפשר אצל התלמידים להניח את הנחת היסוד כי בבסיסו, ביחידת התא, בהיבטים של מבנה ותפקוד - כולנו די דומים. כמו כן, דמיון זה מהווה את התשתית להשוואה החזקה שנעשית בקורס בין מודעות הצמח למודעות האדם בהקשר של חושים ובהמשך לדיון מערער בקשר הזה.
3. **השפעת האור על גדילת צמחים. ניתן לשלב בתכנית הליבה, נושא: התא, פרק: התא הצימחי – פוטוסינתזה, או בנושא: אקולוגיה, פרק: פוטוסינתזה.**  
בלימוד נושא הפוטוסינתזה לומדים על משמעות האור וחשיבותו לתהליך הפוטוסינתזה (בחלק הראשון של התהליך). כאן ניתן לשלב, להרחיב מעט וללמד על משמעות "הצמח הרואה". עוד לפני שלומדים על תהליך הפוטוסינתזה עצמו, דווקא ניתן לפתוח את פרק הפוטוסינתזה בתיאור הניסויים שדארווין ביצע בהשפעת האור על גדילת הצמחים – נטיית הצמחים לגדול לעבר האור – פוטוטרופיה. כאן, ניתן לדון במשמעות ה"צמח הרואה" אל

מול הראיה שלנו ומדוע הצמח התפתח עם מערכת חישת אור כל-כך רגישה? או אז ניתן ללמד על משמעות האור לצמח עצמו בתהליך הפוטוסינתזה. חשוב לציין, כי נושא זה ניתן לשילוב גם בתכנית הליבה בהקשר של מאפייני החיים: תנועה. כל היצורים החיים נעים, גם אם אינם זזים ממקום למקום. לדוגמא, תנועת הצמחים לכיוון האור.

**4. הצמח והתא הצמחי כדרך נוספת להתפתחות אבולוציונית. ניתן לשלב בתכנית הליבה, בנושא אבולוציה.** הבסיס לברירה הטבעית הוא שבכל אוכלוסייה יש מגוון פרטים עם שונות גנטית והיא היא המאפשרת לעתיד לבוא את ההתפתחות המותאמת לסביבה. אולם, כאן גם המקום ללמד, כי שונות זו אף מאפשרת התפצלות של דרך חדשה ולתת לדוגמא את הצמח. כלומר, כאן נצל את הצמח ללימוד תורת האבולוציה. ברמה הרחבה, אנו שותפים לביולוגיה אחת לא רק עם בעלי החיים אלא גם עם הצמחים. יש לנו עימם גנים משותפים. הם, למעשה, תוצאה אפשרית אחרת של האבולוציה שלנו! יש לנו עבר גנטי משותף ודורי דורות של אבולוציה נפרדת. כאן המקום להדגיש את הדמיון בחישה ובמודעות הצמחית אל מול חישה ומודעות אנימלית.

**5. העברת אותות תוך תאית. כיצד הצמח "רואה"? ניתן לשלב בתכנית הליבה, בנושא: מערכות גוף האדם, בפרק: מערכת ההפרשה הפנימית, תקשורת אנדוקרינית ותקשורת פאראקרינית.** בחלק של תקשורת פאראקרינית לומדים שכל פעולות התא הן למעשה תוצאה של תקשורת עם הסביבה. כאן המקום להרחיב ולהסביר כיצד זה קורה. במיוחד זה מתאים, מאחר ובפרק זה כבר לימדנו על המנגנון לפעולת האינסולין (בתחילת הפרק) והתלמידים כבר מכירים את המושג קולטן (הרצפטור לאינסולין) ואת המושג ליגנד (אינסולין בעצמו) וכן את התוצאה של קישור שניהם יחד (מעבר אותות תוך תאי להגדלת החדירות של התא לגלוקוז). אם כן, זהו המקום ולהרחיב על משמעות חישת הצמח לאור בהקשר של קליטת האור דרך קולטנים, העברת אותות תוך תאית אל הגרעין או אל הציטופלסמה ותגובה לאור בהתאם על-פי אור אדום רחוק או חזק (רגישות לאורך היום).

**6. פעולות החיים כתלות בתגובה לסביבה. ניתן לשלב בתכנית הליבה, בנושא מאפייני החיים (תגובה לסביבה), בתקשורת פאראקרינית (קולטן וליגנד) או בפרק התא בנושא ממברנות וקולטנים.**

כאשר לומדים על קולטן, לא תמיד התלמיד מצליח להבין את משמעותו של הקולטנים בחיי הצמח, שהרי כל פעולות החיים הם תוצאה של תגובה לסביבה. חלוקה, הישרדות, מוות (בדרך כלל אפופטוטי), תנועה ופעולה (כמו הפרשת חומרים כתגובה) הם תוצאה של איזה שהוא אות שמגיע מחוץ לתא בדרך כלל. כאן, המקום לשלב כמעט כל נושא שלמדנו בקורס: חישת אור, הרחה, התמצאות ואפילו זיכרון. כל הנ"ל מדגימים את התגובה של התא הצמחי לסביבה באמצעות קולטן המצוי בממברנה והעברת האות פנימה לתא. לדעתי, זה אפילו יותר מעניין לראות איך מתקיים דמיון בין פונקציות התאים לבין חישת האורגניזמים את סביבתם.

**7. הדיון על אפיגנטיקה ודטרמינזם גנטי. ניתן לשלב בתכנית הליבה, בנושא: התא, סוף פרק: גרעין התא או לאחר לימוד נושא גנטיקה.**

זה עתה, סיימנו ללמוד גנטיקה ועל משמעות הגן לתפקוד התאי. כאן המקום לעלות דיון שקיים בציבור המדעי הביולוגי בנושא דטרמינזם גנטי או אפיגנטיקה. אסכולה שלמה טוענת, כי ה"מוח" של התא הוא בגרעין והוא הוא הקובע מה יהיו חיינו. לעומת זה, האסכולה השנייה טוענת, כי "מוח" התא דווקא מצוי בממברנה והוא הוא הקובע את תפקוד התא הסופי תוך שימוש במידע המצוי בגרעין. גם בקורס שלנו נושא זה עלה ואף "קיבל"

תגובות רבות הפורום ההשתלמות בנושא "מה הצמח זוכר?". לדוגמא, עקה סביבתית גורמת לשינוי תורשתי המועבר לדורות הבאים. כלומר, ה"זיכרון הצמחי" מבוסס על צורה כל שהיא של תורשה אפיגנטית. שווה ללמד את התלמידים, בשלב הזה ובקצרה, מהי תורשה אפיגנטית ומשמעותה לדיון הנוכחי. דיון זה מעניין בכל גיל ובכל אדם מאחר והוא מעלה שאלה שורשית יותר ואף קשה יותר: האם יש לאדם בחירה או בחירה מוסרית?

8. **בקה על ביטוי גנים. ניתן לשלב בתכנית הליבה, בנושא: התא, בפרק: גרעין התא.**

לאורך כל הקורס למדנו על דוגמאות בהן תוצאת החישה היא בעצם הפעלה או כיבוי של ביטוי גנים צמחיים. כאן המקום לשלב דוגמאות אלו בהקשר של מנגנוני ביטוי גנים ובקרת ביטוי גנים בגרעין התא. תמיד אנו מלמדים בהקשר זה את הדוגמא להורמונים אסטרוגניים. למה לא ללמד דוגמא מצמח על תגובתו לאתילן או תגובת הצמח לאור או למגע וכיו"ב – כפי שלמדנו בקורס. בצמח, ניתן למצוא את כל הדוגמאות.

9. **מוטאגנזה. ניתן לשלב בתכנית הליבה, בנושא התא, בפרק: גרעין התא – מוטציות, או בתכנית העמקה, בנושא: חיידקים ונגיפים, בפרק: אנטיביוטיקה – ההיסטוריה ליצירת הפניצילין בן ימינו (תוצאה של מוטאגנזה).**

בכמה מקומות בקורס למדנו על השימוש במוטנטים בשביל המחקר ולמידה על תהליכים שונים בצמח. לדוגמא, קבלת מוטנטים שנובטים בחושך כאילו היו באור (נמוכים עם עלים). צמחים שהדגימו פנוטיפ של צמיחה באור למרות שגדלו בחושך ואפיון גנטי של אותם צמחים עד למיפוי הגנים האחראים על הצמיחה באור. תוכן מהותי זה ניתן לשלב בנושא מוטציות. מהן מוטציות, סוגי מוטציות, איך יוצרים מוטנטים, מהי מוטאגנזה ובשביל מה? במה זה כרוך? וכו'. התחום הוא מעניין ומסקרן ואף מעורר חדות מחקר וסקרנות אצל התלמיד. הייתי מגדילה לעשות ו"מעלה" באופן מתקשב לשיעור זה חוקר/סטודנט מחקר אמיתי שמבצע מוטאגנזה על מנת שיכיר לתלמידים את הקושי העצום שבדבר במיוחד בהיבטים של זמן וסריקה אינסופית של מוטנטים.

10. **איכות המזון - השפעת האדם על עולמו. ניתן לשלב בתכנית הליבה, בנושא: אקולוגיה,**

**השפעת האדם על תהליכים ביולוגיים המתרחשים בעולם.** כפי שפרופ' חיימוביץ סיפר בסוף הקורס, גם עלינו לשאול את השאלה: מה אנחנו עושים בשביל שיהיה מספיק מזון לדורות הבאים? כאן המקום לשלב בין משמעות האדם בעולמו לבין אספקת המזון לדורות הבאים בהיבטים של הנדסה גנטית ומניעת הנזק שנגרם לצמחים בכדור הארץ. כאן יש מקום לדיון עם התלמידים ובניית רשימת רעיונות שהתלמידים מציעים ואולי אף ישנה אפשרות לפתחם מעבר ולבנות קבוצה ייחודית לשם הדבר.