

## ממה צמחים ניזונים- ניסוי השפעת פחמן דו-חמצני, עוצמת תאורה על קצב

### הפוטוסינתזה

### דף עזר למורה

### **\*\*\* הערות למורים כתובות בכחול**

חוקרים את 4 האלמנטים: ניסוי השפעת ריכוז פד"ח/קרינת אור על קצב הפוטוסינתזה

#### מבוא:

במהלך השיעורים אנו מלמדים את התלמידים שפה מקצועית פשוטה, 4 האלמנטים החיוניים לצמחים על מנת לשגשג. דבר זה יעזור מאוד בהבנה של מערכות הגידול בהמשך. רמות והעמקה- התאימו את רמת הלימוד לתלמידים, ניתן לפשט מאוד את הנושאים לערוך את הניסוי כתצפית, אך מומלץ לאתגר ולעבוד על מיומנויות נוספות מתחום ה-STEM, עקרונות מחקר מדעי, יצירת גרפים, לימוד עצמאי של נושאים חדשים וכן העמקה בעולם הפיזיולוגיה של הצמח- ביולוגיה (הקשר בין מבנה לתפקיד וכדומה).

למדנו כי צמחים זקוקים ל- 4 אלמנטים כדי לשגשג, אחת הסיבות לצורך זה הוא תהליך הפוטוסינתזה, בו צמחים מייצרים מזון בעזרת אנרגיית האור.

ראינו כי צמחים הם יצורים אוטוטרופיים ברובם, הם מסוגלים ליצור תרכובות אורגניות כמו: פחמימות, שומנים, חלבונים וחומצות גרעין מחומרים אנ-אורגניים (מים, פד"ח ויסודות הזנה). תהליך יצירת החומר האורגני בזרת אנרגיית אור נקרא פוטוסינתזה. בתהליך זה מרכיב הצמח מפד"ח ומים, בעזרת אנרגיית אור, גלוקוז (סוכר). לאחר מכן ישתמש הצמח בגלוקוז ליצירת אנרגיה כימית בתהליך הנשימה התאית וכן הגלוקוז ישמש כחומר בניין לכלל החומרים האורגניים המרכיבים את הצמח.

העלים הינם האיברים העיקריים בהם מתרחש תהליך הפוטוסינתזה. המבנה שלהם מותאם לתפקיד זה- הם מכילים רקמה מאווררת (מזופיל) המאפשרת מעבר גזים, יש להם פתחים לחילוף גזים (פיוניות), בעלים מצוי ריכוז גדול של כלורופלסטים וכלורופיל הקולטים את אנרגיית האור וממירים אותה לאנרגיה כימית, כל מנת שהצמח לא יאבד כמות גדולה של מים יש לו שכבת הגנה משעווה (קוטיקולה).

בניסוי זה נמדוד את ההשפעה של ריכוז סודה לשתייה ועוצמת אור על קצב הפוטוסינתזה בעזרת ציפה של דיסקיות עלים.

#### מקורות מידע:

[מזרע לזרע- ספר לימוד](#)

[סרטון הסבר איך עושים את הניסוי](#)

[מצגת 4 האלמנטים](#)

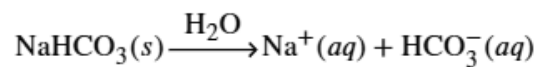
## פרוטוקול הניסוי בעמוד הבא

בחרנו להציג ניסוי זה כי ניתן לבצע אותו גם עם חומרים מאוד פשוטים, אם אין לכם כוסות כימיות, ניתן לבצע אותו עם כוסות רגילות. את חיתוך העלים ניתן לבצע באמצעים פשוטים כמו מספריים או מחורר משרדי. בנוסף אם אין לכם מקור אור, בצעו את הניסוי באור שמש בחממה (זה ימשך קצת יותר זמן, אבל יכול להצליח).  
מזרקים- בדרך כלל יש במעבדות ביולוגיה (אני מצאתי במקס סטוק)- בהצלחה!

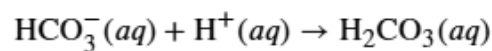
## פרוטוקול הניסוי

בניסוי נבדוק את ההשפעה של אור ו/או פחמן דו חמצני על קצב הפוטוסינתזה בדיסקיות עלים. נבדוק את קצב הפוטוסינתזה על-ידי מדידת הקצב של ציפת דיסקיות עלים שקועות. דיסקיות העלים יצפו בזכות יצירת חמצן גזי. ככל שדסקיות העלים יצופו מהר יותר, נניח כי ייצור החמצן היה מהיר יותר ולכן נסיק כי קצב הפוטוסינתזה היה מהיר יותר. הניסוי יערך בתמיסה מימית והמקור לפחמן דו-חמצני בתמיסה הוא אבקת סודה לשתייה (ממש כמו באפיה), הפחמן הדו-חמצני מופק בתהליך הכימי הבא:

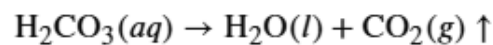
סודה לשתייה מומסת במים ומתפרקת לשני יונים נתון ובי קרבונאט:



יון ביקרבונט מגיב עם המים ונוצרת חומצה פחמתית:



החומצה הפחמתית אינה יציבה במים והיא מתפרקת וכך נוצר פחמן דו חמצני:



## **חומרים:**

- עלים מהחממה (עדיף עלים לא מאוד דקים לדוגמה מנגולד, תרד, קייל, ברוקולי, כרובית)
- אבקת סודה לשתייה
- 3 כוסות כימיות (500 מ"ל - 1 ליטר)
- מזרק 50 מ"ל
- מחורר משרדי/ גליל קשיח לחריצת עיגולי עלים
- כפית
- סבון כלים
- מנורה משרדית
- נייר אלומיניום / ארגז קרטון (להחשכת הכלי)
- צלחת פטרי/ צלחת

## מהלך הניסוי:

### 1. הכנת דיסקיות:

- קטפו עלים דומים מהחממה (עלי ירקות כמו קייל, תרד, מנגולד)
- חוררו דיסקיות מהחלק החלק של העלים (לא מעורקי העלה) בגודל דומה בעזרת מחורר או בכל דרך אחרת (אפשר גם עם מספריים). ככל שיש יותר דיסקיות הניסוי יהיה מהימן יותר. מומלץ לחורר לפחות 20 דיסקיות (10 לכל טיפול).

- שיקוע: שימו בכוס

כימית 500 מ"ל מים

והוסיפו כפית סבון כלים

(הסבון ימיס את

הקוטיקולה השומנית).

הוציאו את בוכנת

המזרק והוסיפו את דיסקיות העלים למזרק. דוגמה בתמונה:



החזירו את הבוכנה ושאו 30 מ"ל מי סבון. הוציאו שאריות אוויר.

פקקו את המזרק (אפשר עם פקק או עם האגודל) ומשכו את הבוכנה מספר

פעמים. תהליך זה יוצר תת לחץ במזרק- אתם תראו בועות אוויר קטנות

יוצאות מהעלים. חזרו על הפעולה עד שהדיסקיות שוקעות.

חשוב לראות את שקיעת העלים (זה מצריך קצת כוח) עודדו את התלמידים,

חלקם קצת מתקשים בהתחלה. בדרך-כלל מצריך מספר ניסיונות עד לשקיעת

הדיסקיות.



- הוציאו את הדיסקיות מהמזרק והניחו אותן על צלחת
- 2. הכנת כוסות הטיפול:
- רשמו על הכוסות הכימיות את הטיפול:
- ניסוי השפעת פד"ח-ללא סודה לשתייה / עם סודה לשתייה.
- ניסוי השפעת אור: אור / ללא אור.
- מלאו את הכוסות ב-500 מ"ל מי ברז. הוסיפו 3 גרם סודה לשתייה לכל כוס (חוץ מהטיפול ללא סודה לשתייה).
- עטפו את כוס הניסוי ללא אור בנייר כסף, אבל השאירו את החלק בעליון גלוי שתוכלו לראות אם הדיסקיות צפות

### סעיף 3 בעמוד הבא

### 3. מדידת זמן הציפה:

הוסיפו באותו זמן 10 דיסקיות לכל כוס ומקמו אותן במרחק דומה מהמנורה, הדליקו את האור.

פתחו סטופר ורשמו כל פעם את הזמן וכמה דיסקיות צפות, בטבלה הבאה:  
המתינו לפחות 10 דקות.

דוגמה לתוצאות:

| מספר דיסקיות צפות |     | מספר דיסקיות צפות |                 | זמן מתחילת הניסוי בדקות |
|-------------------|-----|-------------------|-----------------|-------------------------|
| חושך              | אור | עם סודה לשתייה    | ללא סודה לשתייה |                         |
| 0                 | 0   | 0                 | 0               | 1                       |
| 0                 | 1   | 1                 | 0               | 2                       |
| 1                 | 3   | 3                 | 0               | 3                       |
| 1                 | 6   | 6                 | 0               | 5                       |
| 2                 | 10  | 10                | 0               | 10                      |



## ניסוי דסקיות העלה הצפות: מדריך שלב-אחר-שלב

בניסוי נבדוק את קצב הפוטוסינתזה בעזרת מדידת הזמן שיקח לדסקיות העלה השקועות לצוף. הדסקיות צפות בזכות בועות חמצן הנוצר בתהליך הפוטוסינתזה



הכניסו את הדסקיות למי הסבון ואספו אותם למזרק

הכנת תמיסת סבון ודסקיות עלים-  
מלאו מים בכוס והוסיפו כפית סבון כלים,  
ערבבו היטב.



**חיתוך דסקיות העלה:**  
חתכו 10 דסקיות אחידות מעלים טריים,  
תוך הקפדה על הימנעות מעורקים  
מרכזיים.



**יצירת ואקום במזרק:**  
השתמשו במזרק כדי  
לשאוב את האוויר  
מהדסקיות עד שהן  
שוקעות בתמיסה.



הכינו כוסות ניסוי לפי שאלת המחקר שלכם (תמיסות סודה  
לשתיה- מקור הפד"ח במים)



**תצפית וספירת  
דסקיות צפות:**  
ספרו כמה דסקיות  
עולות לפני השטח  
בכל דקה כתוצאה  
מהצטברות חמצן.

טבלת מעקב עבור התלמידים  
לרישום תוצאות הניסוי בזמן אמת.

| מספר דסקיות צפות | זמן (דקות) |
|------------------|------------|
|                  | 5          |
|                  | 10         |
|                  | 15         |
|                  |            |
|                  |            |

## משימות בעקבות הניסוי:

### כתיבת סקירת ספרות קצרה (15 נקודות):

(מומלץ להיעזר במקורות המידע המובאים במבוא)

1. מלאו את הטבלה: התאמת מבנה ותפקיד בעלים (2\*5=10 נקודות)

| מבנה                                                                                                                  | תפקיד                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| עלים צומחים ונעים לכיוון האור                                                                                         | קליטת אנרגיית אור לתהליך הפוטוסינתזה                                                                                    |
| בעלים יש פתחים-פיוניות וכן הרקמה הפנימית בעלה מלאה בחללים כמו ספוג                                                    | חילוף גזים עם הסביבה                                                                                                    |
| פיוניות בצמחי יבשה יהיו בדרך כלל רק בחלק התחתון של העלה, בחלק העליון שכבת אפידרמיס וקוטיקולה שומנית המונעת איבוד מים. | מניעת התייבשות                                                                                                          |
| כלורופלסטים ממוקמים בחלק החיצוני של התאים ומרוכזים בעיקר ברקמת העמודים העליונה.                                       | הכלורופלסטים הם האברונים בהם מתרחש תהליך הפוטוסינתזה. הם ממוקמים בחלקים אלה על-מנת לקלוט אור באופן אופטימלי ללא הסתרות. |
| בעלים יש צינורות הובלה וכן פתחים-פיוניות דרכם מתאדים המים. בכוח האידוי עולים המים מהשורש.                             | העלאת מים וויסות מאזן מים בצמח                                                                                          |

2. רשמו השערה לניסוי על-פי מה שידוע לכם על פוטוסינתזה. (5 נקודות)

### שיטות מחקר (31 נקודות):

3. רשמו מה המשתנה הבלתי תלוי (משפיע), מה המשתנה התלוי (מושפע) (4 נקודות)

4. רשמו כיצד תבדקו את המשתנה התלוי ובלתי תלוי שלכם, באילו כלי מדידה? (4 נקודות)

### (נקודות)

5. רשמו בטבלה מה הטיפולים שביצעתם בניסוי. (3 נקודות)

6. על אילו גורמים קבועים תשמרו בניסוי? מדוע זה חשוב? (4 נקודות)

7. מלאו את הטבלה: (12 נקודות 3\*4)

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| פעולה בפרוטוקול   | הסבירו מדוע עושים פעולה זו?         |
| הוספת סודה לשתייה | מספקת פחמן דו-חמצני בתמיסה המימית   |
| הוספת סבון        | פירוק השכבה השומנית בעלה (קוטיקולה) |

|                                   |                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| הוספת דיסקיות למזרק ויצירת וואקום | הוצאת גזים מפנים העלה על-מנת שהעלים ישקעו |
| מיקום הדיסקיות תחת מקור אור       | מקור אנרגיה לתהליך הפוטוסינתזה.           |

### **תוצאות (35 נקודות):**

8. הוסיפו 3 תמונות המתארות את תוצאות הניסוי, לכל תמונה הוסיפו כותרת ותיאור

קצר. (12 נקודות)

9. הוסיפו טבלת תוצאות גולמיות בהתאם לניסוי שערכתם/ן (פד"ח/קרינה) (5 נקודות)

ניסוי השפעת פד"ח

קבוצה 1 -בלי סודה לשתייה

קבוצה 2 - 3 גרם סודה לשתייה

| מספר דיסקיות צפות |          | זמן בדקות |
|-------------------|----------|-----------|
| עם סודה           | ללא סודה |           |
|                   |          |           |
|                   |          |           |
|                   |          |           |
|                   |          |           |
|                   |          |           |
|                   |          |           |

ניסוי השפעת עוצמת אור-לא מבצעים

טיפולים -חושך לעומת אור

| מספר דיסקיות צפות |      | זמן בדקות |
|-------------------|------|-----------|
| אור               | חושך |           |
|                   |      |           |
|                   |      |           |
|                   |      |           |
|                   |      |           |
|                   |      |           |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

10. חשבו את הזמן בו לקח ל- 50% מהדיסקיות לצוף. (7 נקודות) ניתן לחשב במדויק או

להאריך פחות או יותר

11. הציגו בטבלה את ההשוואה בזמן 50% ציפה בין שני הטיפולים. תנו שם לטבלה והסבירו מה רואים בטבלה, ללא פרשנות (כמו לאדם עיוור). כמו כן בדקו מדוע אנו נתון

זה חשוב להבנת התוצאות. (5 נקודות)

12. הציגו את תוצאות המחקר מסעיף 11 בגרף: ציר ה-X טיפול, ציר ה-Y זמן שחצי הדיסקיות צפו.

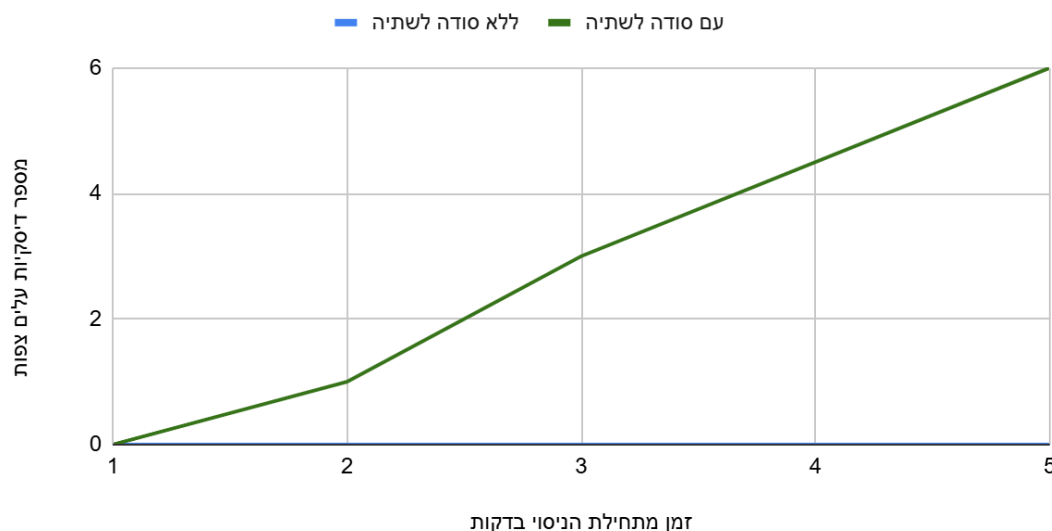
רשמו בגרף: (6 נקודות)

- כותרת לגרף

- כותרות צירים (כולל יחידות מידה)

שימו לב כי זה מבלבל- ככל שהזמן קצר יותר זה אומר שקצב הפוטוסינתזה היה מהיר יותר. בניסוי בחושך וללא סודה לשתייה הזמן הוא לא אפס, אלא שלא הגענו ל-50%. אפשר להתמודד עם הבעיה הזו בהצגת גרף של קצב (ציר ה-X זמן, ציר ה-Y כמות דיסקיות צפות), להלן דוגמה לגרף:

השפעת ריכוז סודה לשתייה (פחמן דו-חמצני) על קצב הפוטוסינתזה (ציפת דיסקיות עלים)



ניתן לראות בגרף כי ללא סודה לשתייה דיסקיות העלים לא צפו כלל, לעומת זאת בטיפול עם הסודה לשתייה, כל הדיסקיות צפו בתוך 10 דקות.

**פרק דיון ומסקנות (19 נקודות)**

חלק זה הינו חלק מסכם והוא יחזור על החלקים הקודמים וימזג אותם למסקנה.

13. האם השערת המחקר שלכם אוששה או הופרכה? **(3 נקודות)**

14. הסבירו כיצד השפיע ריכוז הפד"ח/עוצמת קרינה על קצב הפוטוסינתזה בניסוי. הביאו הוכחות מתוצאות הניסוי.

חלק זה הינו חלק מסכם והוא יחזור על החלקים הקודמים וימזג אותם למסקנה.

**(10 נקודות)**

15. אם היינו בודקים את ריכוז הסוכרים בדיסקיות העלים בתום הניסוי, מה היו התוצאות?

נמקו. **(3 נקודות)**

16. הציעו דרכים לשיפור בניסוי לשנים הבאות. **(3 נקודות)**