



מדריך למורה

פיתוח וכתביבה אתר ראשוני: חגית ברגמן, טובה מרזר, יערה שויד, לאה יפרח, מירב

כפיר וגליה זר כבוד

פיתוח וכתביבה אתר ראשי: לאה יפרח, נעמי רייבשטיין, גליה זר כבוד ופרופ' ענת ירדן

עיצוב ועריכה גרפית: זיו אריאלי

תמיכה טכנית: מרינה ארמיאץ'

פיתוח אתר Moodle: הילה שהם וגליה זר כבוד

קראו והעירו: רותי מנדלוביץ', ד"ר רונית רוזנשיין, גלית כראדי, גלילה אלדאג, נילי

גילוני, רומי ישראלי, עינת פילר, ענת לוי, מוריה אריאלי וד"ר יוסי מחלוף.

פיתוח וכתביבת המדריך למורה: נעמי רייבשטיין, לאה יפרח וגליה זר כבוד

לתמיכה, ייעוץ והכוונה נא לפנות ל:

גליה זר כבוד

08-9342273

galia.zerkavod@weizmann.ac.il

תוכן עניינים

4.....	פתח דבר
5.....	רציונל התכנית
6.....	פתרונות לפעילויות
6	פתרון לפעילות פתיחה – השוואת דרכי דיווח על מחקרים מדעיים
7	פתרון לפעילות – מאפייני המאמר המדעי
12	פתרון לפעילות – הכרת מבנה המבוא
14	פתרון לפעילות – מבוא לשיפור
19	פתרון לפעילות – הכרת מרכיבי החקר
20	פתרון לפעילות – מערך החקר - שאלות רב בררתיות
23	פתרון לפעילות – ניתוח מערך ניסוי מתועד בצילום
25	פתרון לפעילות – תוצאות גולמיות ומעובדות
29	פתרון לפעילות – דרך הצגת התוצאות
33	פתרון לפעילות – הכרת פרק הדיון והמסקנות במאמר מדעי
36	פתרון לפעילות – מיזוג מקורות מידע
39	מדריך מקוצר לכתיבה מדעית

פתח דבר

"מכ"ם לביוחקר" (מכ"ם = מיומנויות כתיבה מדעית) הוא סביבת למידה מתוקשבת שפותחה במטרה לתת מענה לקשיים של תלמידי תיכון בביולוגיה בכתיבת עבודת חקר וקשיי המורים בהנחיית כתיבה ז.

האתר פותח במסגרת [תכנית רוטשילד-ויצמן למצוינות בהוראת המדעים](#) במכון ויצמן למדע. בהנחיית פרופ' ענת ירדן וגליה זר כבוד.

מבנה האתר

האתר מחולק לשני חלקים עיקריים:

1. לומדים לכתוב עבודת חקר
2. עבודת הביוחקר שלי

בחלק הראשון, התלמידים לומדים באמצעות פעילויות אינטראקטיביות, המבוססות על שימוש במאמרי מחקר מעובדים, מהי כתיבה מדעית וכיצד לכתוב את פרקי העבודה השונים. חלק זה מחולק על פי מבנה עבודת הביוחקר והמאמר המדעי: מבוא, שיטות וחומרים, תוצאות, מסקנות ודיון ומקורות מידע. בנוסף, התלמידים לומדים בחלק זה אסטרטגיות כתיבה חשובות כגון: תכנון ושכתוב.

בחלק השני, התלמידים כותבים את עבודת הביוחקר שלהם בשלבים על פי פרקי העבודה, כאשר בכל שלב התלמידים מתכננים מה יכתבו, כותבים טיוטה של הפרק ומשכתבים את מה שכתבו בעזרת רשימות ביצוע. לבסוף התלמידים מגישים את הטיוטה למורה ומקבלים משוב.

רציונל התכנית

תלמידי תיכון הלומדים מדעים נחשפים בדרך כלל לטקסטים מדעיים בספרי הלימוד ולמאמרים מדעיים פופולאריים. טקסטים אלו כתובים ב"שפה" מדעית המאפשרת להציג, להדגים ולסכם ומאפשרת פחות להעלות טיעונים והוכחות התומכות ומבססות טיעונים אלו. טקסטים אלו שונים באופן ניכר ממאמרים מדעיים ו/או ממאמרי מחקר מעובדים הכתובים בשפה טיעונית. ממחקרים עולה כי על מנת ללמד תלמידים כתיבה מדעית, יש לחשוף את התלמידים לדוגמאות נכונות של כתיבה מדעית, כגון מאמרי מחקר, וזאת לפני שהתלמידים מתחילים לכתוב בעצמם. כתיבה מדעית היא מיומנות נרכשת הדורשת הכוונה ותרגול מתמשך. לאור זאת, יתכן כי שיפור איכות הכתיבה המדעית של תלמידים תתאפשר באמצעות חשיפה למאמרי מחקר מעובדים ופעילויות המתרגלות מיומנויות כתיבה שונות (כגון תכנון ושכתוב). על-ידי כך התלמיד יבנה בעצמו את הידע אודות כללי הכתיבה המדעית ויפתח מיומנויות לניהול עצמי של תהליך הכתיבה.

העקרונות המנחים לפיתוח האתר הם:

- חשיפה לכתיבה מדעית תקינה (כמו מאמרים מדעיים).
- חסכון בזמן באמצעות פעילויות הקשורות לתכנית הלימודים.
- תרגול מתמשך של כתיבה מדעית וקבלת משוב.
- פעילויות מודולריות, לעבודה עצמית או בהנחיית המורה.
- דגש כל אסטרטגיות כתיבה.

פתרונות לפעילויות

פתרון לפעילות פתיחה – השוואת דרכי דיווח על מחקרים מדעיים

בפעילות זו נעשית היכרות ראשונה עם המאמר המדעי והכתיבה המדעית. התלמידים משווים בין כתבה פופולארית ובין מאמר מדעי מעובד בנושא פתרון לעמידות תאים סרטניים לתרופות כימותרפיות (נושא המוכר לתלמידים מאנסין תשנ"ח). באמצעות השוואה זו מגלים התלמידים את המאפיינים העיקריים של המאמר המדעי.

המלצות פדגוגיות

- מומלץ לבצע את הפעילות כפעילות שיתופית במסגרת כיתתית באמצעות יצירת מסמך גוגל דוקס, אותו ימלאו תלמידי הכיתה. מומלץ לערוך דיון במליאה לאחר מילוי הטבלה.

מאמר מדעי	כתבה מדעית פופולארית	קטגוריה
עניינית-מדעית	פיקנטית	כותרת
מחולק לפרקים: מבוא, שיטות, תוצאות ודיון	אין חלוקה לפרקים	מבנה (חלוקה לפרקים)
גילוי נוגדן המפחית עמידות תאים סרטניים	גילוי נוגדן המפחית עמידות תאים סרטניים	נושא המאמר/כתבה
שפה מדעית טיעונית ושימוש נרחב במונחים מדעיים, כתיבה אובייקטיבית, בהירה וממוקדת	שפה יום-יומית עם שימוש מועט במונחים מדעיים	סגנון הכתיבה
איורים, גרפים בליווי תיאור מאמר מחקר מדעי (מעובד)	תמונה ללא פירוט מדור מדע בעיתון הארץ	ייצוגים (טבלאות, איורים, גרפים)
פירוט רב הכולל תיאור והסבר מנגנונים ביולוגיים	פירוט מינימלי, ללא העמקה במנגנונים ביולוגיים	מקור הכתבה
מדענים ואנשים המבינים מדע	כלל האוכלוסייה	מידת הפירוט וההעמקה
תיאור מחקר מדעי ותוצאותיו	הצגת תגלית מדעית לקהל היעד	קהל היעד
		מטרת כתיבת הטקסט

פתרון לפעילות – מאפייני המאמר המדעי

נוגדן לחלבון Pgp מפחית עמידות של תאים סרטניים לתרופות כימותרפיות

עובד ע"י דר' גילת בריל, יערה שויד, לאה יפרח, טובה מרזר, חגית ברגמן וגליה זר כבוד עפ"י המאמר:
E. B. Mechetner, I. B. Roninson (1992): Efficient inhibition of P-glycoprotein-mediated multidrug resistance with a monoclonal antibody. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Vol. 89, pp. 5824-5828.

תקציר

חולי סרטן מפתחים לעיתים עמידות לטיפול הכימותרפי. אחד ממנגנוני העמידות הוא יכולת התאים הסרטניים לסלק מתוכם את התרופות הכימותרפיות. החלבון P-גליקופרוטאין (Pgp) משובץ בקרום התא ומשמש כמשאבה ונמצא כי הוא מעורב בעמידות של תאים סרטניים לתרופות אנטי-סרטניות. מטרת מחקר זה הייתה מציאת פתרון לעמידות התאים הסרטניים על ידי שימוש בנוגדן ייחודי ל-Pgp, בשם UCL2. נבדקה השפעת הנוגדן על שגשוג תאים סרטניים בנוכחות תרופות כימותרפיות. מתוצאות המחקר עולה שהקישור של הנוגדן UCL2 לחלבון Pgp צמצם מאוד את עמידות התאים הסרטניים לתרופה הכימותרפית וינבלסטין, וכתוצאה מכך, כבר בריכוזים נמוכים יחסית של התרופה נגרם הרג מוחלט של התאים. בנוסף, נמצא שהנוגדן מעכב גידול של תאים שעמידים למגוון של תרופות כימותרפיות המסולקות מהתאים באמצעות Pgp. תוצאות הניסויים מעלות את האפשרות של שילוב נוגדן ייחודי ל-Pgp עם תרופות כימותרפיות כשיטת טיפול יעילה בחולי סרטן.

מבוא

אחת הבעיות בטיפול בחולי סרטן המקבלים תרופות כימותרפיות, היא שתאים סרטניים מפתחים עמידות כנגד התרופות הכימותרפיות. אחד ממנגנוני העמידות הוא יכולת התאים הסרטניים לסלק מתוכם את התרופות, ועל ידי כך נמנעת פעילות התרופות.

הצגת
הבעיה

החלבון P-גליקופרוטאין, או בקיצור: Pgp משובץ בקרום התא ומשמש כמשאבה. חומרים מסיסים בשומן שחודרים לתא מבחוץ מוצאים ע"י המשאבה Pgp בתהליך שדורש אנרגיה (1). בין החומרים ש-Pgp מוציא קיימות גם תרופות שבהן משתמשים בטיפולים כימותרפיים לחולי סרטן (1). נמצא שבתאים שעמידים לתרופות כימותרפיות פעילות ה-Pgp הייתה מוגברת. כמו כן, נמצא שבגידולים רבים רמת הביטוי של הגן שמקודד לחלבון Pgp גבוהה יותר (2). במחקרים נוספים נמצא שיש קשר בין רמת ביטוי גבוהה של הגן שמקודד לחלבון Pgp אצל חולי סרטן לכישלון של הטיפול הכימותרפי (3).

רקע ציוני
– מהכסף
אל הפרט

ההבנה ש-Pgp מעורב בהקניית עמידות של תאים סרטניים לתרופות אנטי-סרטניות, גרמה לחוקרים רבים וציקלוספורין מעכבים את הפעילות של Pgp (4). לשימוש בחומרים אלה יש מספר מגבלות: 1. חלק מהחומרים האלה נקשרים בעצמם ל-Pgp ומסולקים על ידו מן התא. 2. לחלקם יש השפעות נוספות שאינן קשורות לעיכוב של Pgp, כמו רעילות לשריר הלב או דיכוי של מערכת החיסון. עקב כך, יש להשתמש בהם בריכוזים נמוכים יחסית, אולם בריכוזים אלה עיכוב Pgp פחות יעיל (4).

לאור בעיות אלו, יש למצוא פתרון אחר לעיכוב Pgp. אחד הפתרונות האפשריים הוא עיכוב ספציפי של Pgp באמצעות נוגדן. ההשערה הייתה שנוגדן שייקשר באופן ייחודי לחלבון Pgp ינטרל את פעילותו, והתרופה תישאר בתוך התא.

השערה
+ בסיס
ביוכימי

במחקר זה יצרו החוקרים נוגדן (5) בשם UCL2, שנקשר באופן ייחודי לחלבון Pgp, במטרה לעכב את פעילות המשאבה. מטרת החוקרים הייתה לבחון את יעילות הטיפולים הכימותרפיים בשילוב הנוגדן UCL2. במחקר נבדקה מידת שגשוג התאים הסרטניים כמדד לעמידות התאים לתרופות כימותרפיות שונות בנוכחות הנוגדן UCL2.

מטרת
המחקר

שיטות וחומרים

תאים: לתרבית התאים השתמשו החוקרים בתאים סרטניים של עכבר שאליהם הוחדר באופן מלאכותי הגן המקודד ל-Pgp של אדם. החדרת הגן גרמה לביטוי מוגבר של Pgp בתאים אלה. התאים גודלו בצלוחיות של תרבית תאים בתוספת של מצע גידול נוזלי. התרופות והנוגדנים ששימשו בניסויים הוספו למצע הגידול.

תיאור
האורגניזם

נוגדנים: הנוגדנים UCI2 ו-UPC10 פותחו על ידי החוקרים, כחלק מההכנות למחקר, על פי שיטת העבודה המקובלת ליצירת נוגדנים בעכברים. הנוגדנים הופקו מסרום העכברים.

חומרים

תרופות כימותרפיות: התרופות הכימותרפיות וינבלסטין, וינקריסטין, קולכיצין, טקסול, דוקסאורוביצין, אטופוסייד, בדיקת שיגשוג התאים בספקטרוטומטר - בדיקה זו מבוססת על תהליך ביוכימי, המתרחש במיטוכונדריה של תאים חיים. ניתן לעקוב אחר התהליך הביוכימי בעזרת אינדיקטור שמשנה את צבעו מצהוב לסגול. כמות הצבע הסגול בתרבית נמדדת באמצעות מכשיר ספקטרוטומטר, והיא נמצאת ביחס ישר לכמות התאים החיים והמתרבים בתרבית.

שיטות
מדידה

בדיקת שיגשוג התאים ע"י ספירת מושבות - היווצרות מושבות תאים בצלחת פטרי מעידה על יכולת ההתרבות והשיגשוג של התאים בתנאים הנבדקים.

מהלך הניסויים

משתנה תאורי

משתנה פתאומי

ניסוי 1 - בדיקת שיגשוג תאים סרטניים בנוכחות וינבלסטין באמצעות ספקטרוטומטר -

תאים סרטניים של עכברים חולקו לשתי קבוצות, כאשר בכל קבוצה נשמר ריכוז זהה של תאים. בכל קבוצה חולקו התאים הסרטניים לששה טיפולים כאשר בכל טיפול ניתן ריכוז שונה של וינבלסטין (0,200,400,600,800,100 ng/ml). דרך שניו המשתנה הפתאומי

לקבוצת טיפולים אחת הוסף הנוגדן הייחודי לחלבון Pgp (הנוגדן UCI2), ולקבוצת הטיפולים השנייה, ששימשה כבקרה הוסף נוגדן שאינו נקשר לחלבון Pgp (הנוגדן UPC 10). שני הנוגדנים הוספו לתרביות בריכוז זהה (20ug/ml). הניסוי נערך בשלוש חזרות.

דרך
מדידת
נת.

נמדדה בליעת אור באמצעות ספקטרוטומטר כמדד לכמות התאים החיים. אחוז התאים המשגשים חושב ביחס למספר התאים המשגשים בתרבית הבקרה שבה הוסף רק הנוגדן UPC 10 ללא התרופה וינבלסטין.

ניסוי מס. 2 - בדיקת שיגשוג תאים סרטניים בנוכחות וינבלסטין ע"י ספירת מושבות -

בשיטה נוספת נבדק עיכוב שיגשוג תאים סרטניים באמצעות הנוגדן UCI2 בנוכחות התרופה וינבלסטין. בכל אחת מ-3 צלחות פטרי נזרעו 200 תאים סרטניים של עכברים. התאים גודלו בנוכחות התרופה וינבלסטין בריכוז 350ug/ml. בצלחת אחת הוספו נוגדנים מסוג UCI2 (20ug/ml), בצלחת שנייה - נוגדנים מסוג UPC10 (20ug/ml). הצלחת השלישית שמשה כבקרה ולא הוסף נוגדן לתאים. לאחר 11 ימים נספרו המושבות.

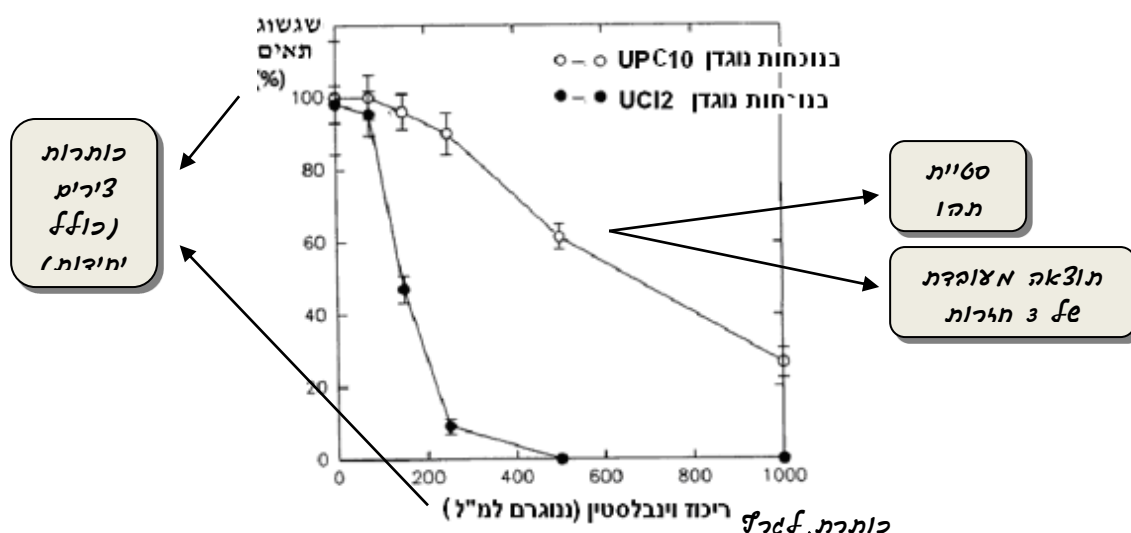
ניסוי מס. 3 - בדיקת שיגשוג תאים סרטניים בנוכחות תרופות כימותרפיות שונות באמצעות ספקטרוטומטר -

בניסוי זה, נבדק שיגשוג תאים סרטניים שגדלו בתרבית בנוכחות תרופות כימותרפיות שונות והנוגדן UCI2 (20ug/ml) ובקרה גודלו התאים הסרטניים בנוכחות התרופות הכימותרפיות והנוגדן UPC10 (20ug/ml) שאינו ייחודי ל-Pgp.

להלן התרופות: וינבלסטין, וינקריסטין, קולכיצין, טקסול, דוקסאורוביצין, אטופוסייד, אקטינומיצין, פורומיצין וגרמיצידין. הניסוי נעשה בשלוש חזרות (שלוש תרביות שונות). שיגשוג התאים נמדד באמצעות ספקטרוטומטר וחושב ביחס לשיגשוג התאים בבקרה (בנוכחות הנוגדן UPC10 וללא תרופה).

תוצאות

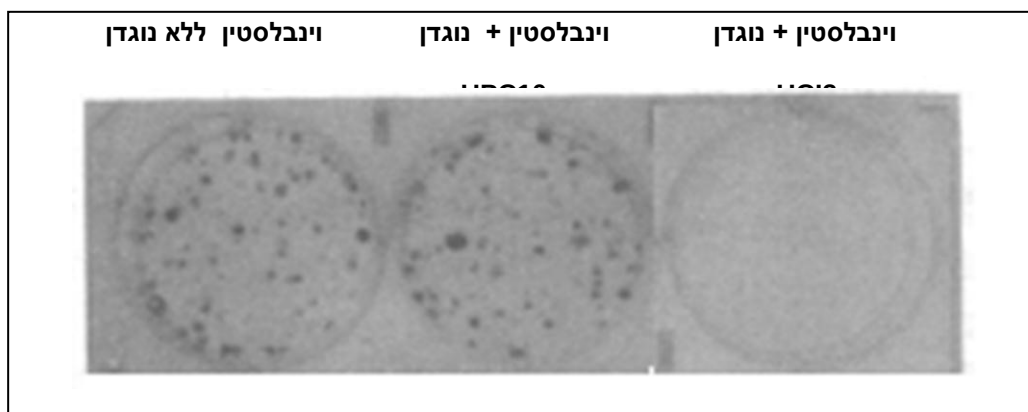
בניסוי מספר 1 בדקו החוקרים את ההשפעה של הנוגדן UCI2 על יכולת התאים להמשיך להתחלק ולהתרבות (שיגשוג התאים) בנוכחות תרופה כימותרפית וינבלסטין. התוצאות מוצגות באיור מס. 1.



איור 1: שגשוג תאים סרטניים בריכוזים שונים של וינבלסטין: הערכים בציר ה-y מייצגים את אחוז התאים המשגשגים בניסוי (בתוספת וינבלסטין). מספר התאים הסרטניים המשגשגים בתרבית שבה הוסף הנוגדן UPC 10 אך ללא וינבלסטין הוגדר כ-100 אחוזים.

כפי שניתן לראות באיור 1, ללא התרופה (ריכוז 0 נוגדן למ"ל) לא הייתה לנוגדן UCI2 כל השפעה על שגשוג התאים. עם עליית ריכוז הוינבלסטין נצפה עיכוב משמעותי בשגשוג התאים בנוכחות הנוגדן UCI2. בריכוזים גבוהים ביותר של התרופה וינבלסטין נצפה עיכוב בשגשוג התאים הסרטניים גם בנוכחות הנוגדן UPC10.

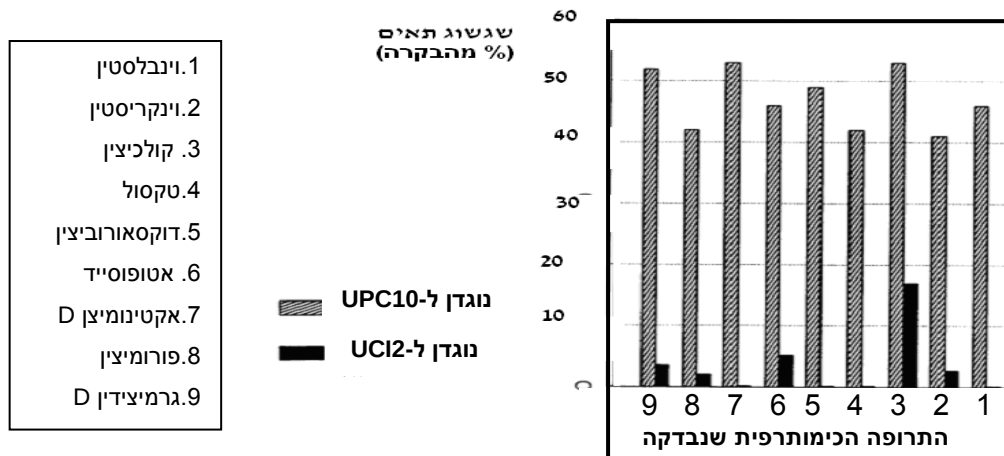
ניסוי מס. 2. החוקרים בדקו את השפעת הנוגדן UCI2 על היווצרות של מושבות של תאים סרטניים בתרבית בנוכחות התרופה וינבלסטין. התוצאות מוצגות באיור 2.



איור 2: עיכוב שגשוג תאים סרטניים באמצעות הנוגדן UCI2: בצלחות פטרי נזרעו 200 תאים בנוכחות וינבלסטין בהוספת נוגדן UCI2, UPC10 או ללא נוגדן. לאחר 11 ימים נספרו המושבות.

באיור 2 ניתן לראות שבתרבית התאים בנוכחות הנוגדן UCI2, שנקשר באופן ייחודי לחלבון Pgp - חל עיכוב מוחלט של היווצרות מושבות של תאים בתרבית (צלחת ימנית). לעומת זאת בתרבית התאים בנוכחות הנוגדן UPC10 (צלחת אמצעית) ובתרבות התאים ללא נוגדן (צלחת שמאלית) נוצרו מושבות של תאים. מושבות אלו מעידות על יכולת ההתרבות והשגשוג של התאים בתנאים אלה.

בניסוי מס. 3 בדקו החוקרים האם העיכוב של שגשוג התאים באמצעות הנוגדן UCI2 יעיל גם לגבי תרופות כימותרפיות נוספות, לא רק וינבלסטין. לשם כך הוסיפו החוקרים את הנוגדן לתרביות שגודלו עם מגוון של תרופות כימותרפיות שידוע שהן מסולקות מהתאים על ידי החלבון Pgp. התוצאות מתוארות באיור מס. 3.



איור 3: שגשוג תאים סרטניים בנוכחות מגוון תרופות כימותרפיות: תרבויות גודלו עם מגוון של תרופות כימותרפיות ושגשוג תאים נמדד באמצעות ספקטרופוטומטר.

באיור 3 ניתן לראות כי בנוכחות הנוגדן UCI2 ותרופות כימותרפיות שונות חל עיכוב משמעותי ביותר בשיגשוג תאים סרטניים. חלק מהתרופות גרמו לעיכוב מוחלט בשיגשוג התאים. בתרבויות שהוסף להן הנוגדן הלא ייחודי UPC10 נצפה שגשוג גבוה של התאים.

דיון

בתאים סרטניים התגלתה תופעה של עמידות לתרופות כימותרפיות. ממחקרים בספרות המדעית היו עדויות לכך שהחלבון Pgp, שהוא משאבה בקרום התא, מסלק באופן אקטיבי את התרופות הכימותרפיות שחדרו לתאים (2). מטרת המחקר הייתה מציאת פתרון לעמידות התאים הסרטניים לתרופות כימותרפיות ע"י שימוש בנוגדן ייחודי למשאבה Pgp. במחקר זה נבדקה השפעת הנוגדן UCI2 על שגשוג תאים סרטניים בנוכחות תרופות כימותרפיות.

מתוצאות המחקר עולה שהקישור של הנוגדן UCI2 לחלבון Pgp צמצם מאוד את העמידות של תאים סרטניים לתרופה הכימותרפית וינבלסטין, וכתוצאה מכך, כבר בריכוזים נמוכים יחסית של התרופה נגרם הרג מוחלט של התאים (איור 1 ו-2). בנוסף, נמצא שהנוגדן UCI2 מעכב גידול של תאים שעמידים למגוון של תרופות כימותרפיות המסולקות מהתאים באמצעות Pgp (איור 3).

תוצאות המחקר הנוכחי מעידות שהנוגדן UCI2 שפיתחו החוקרים הוא מעכב ייחודי ומשמעותי ל-Pgp. לאור זאת, יתכן שהנוגדן UCI2 יכול להוות תחליף לעיכוב פעילות המשאבה Pgp באמצעות מעכבים כימיים כגון הורמונים סטרואידים וציקלוספורין ולהקטין את העמידות של תאים סרטניים לתרופות כימותרפיות.

לשימוש בנוגדן ייחודי המעכב את Pgp יכולים להיות יתרונות בהשוואה לעיכוב Pgp באמצעים כימיים:

1. בניגוד לרוב המעכבים הכימיים, לנוגדנים אין השפעה רעילה על תאי הגוף.
2. פגיעה ברקמות בריאות בגוף החולה תהיה קטנה יותר בשימוש בנוגדן בהשוואה לחומרים כימיים. Pgp מבטא באופן נורמאלי בעיקר ברקמות הפנימיות של צינור העיכול. חומרים כימיים עוברים בדיפוזיה בגוף ויכולים להגיע בקלות למערכת העיכול ולפגוע בתאים. לעומת זאת, לנוגדנים כמעט ואינם מגיעים בדיפוזיה למערכת העיכול ולכן הפגיעה ברקמות הבריאות של צינור העיכול קטנה יותר.
3. רוב המעכבים הכימיים של Pgp נקשרים אליו לזמן קצר בלבד, ואז מסולקים מהתאים על ידי Pgp עצמו. לכן עיכוב העמידות הנגרם על ידי המעכבים הכימיים הוא זמני בלבד. לעומת זאת, הקישור של לנוגדנים ל-Pgp הוא יחסית יציב, והנוגדנים אינם מסולקים מהתא על ידי Pgp. לכן, השימוש בנוגדנים אמור ליצור עיכוב לזמן ארוך יותר.

תוצאות הניסויים מעלות את האפשרות של שילוב נוגדן ייחודי ל-Pgp עם תרופות כימותרפיות כשיטת טיפול יעילה יותר לחולי סרטן מאשר שימוש במעכבים כימיים. לצורך כך, יש לבצע מחקרי המשך בהם ייבדקו בין היתר:

השפעת הנוגדן על עיכוב Pgp בתאים סרטניים מסוגים שונים וכן בתאים סרטניים ממקור אנושי. בהמשך יש לבדוק את ההשפעה ברמת האורגניזם השלם ולבסוף לבצע מחקרים קליניים בחולי סרטן. מחקר נוסף שיבחן את יציבות קישור הנוגדן למשאבה ואת הגורמים המשפיעים על קישור זה יכול להוביל לשיפור ביעילות השימוש בנוגדן כדרך טיפול.

חסרה התייחסות ביקורתית למחקר האחר ותוצאותיו

מקורות

1. Roninson, I. B., ed. (1991) Molecular and Cellular Biology of Multidrug Resistance in Tumor Cells (Plenum, New York).
2. Goldstein, L. J., Galski, H., Fojo, A., Willingham, M., Lai S.-L., Gazdar, A., Pirker, R., Green, A., Crist, W., Brodeur G. M., Lieber, M., Cossman, J., Gottesman, M. M. & Pastan I. (1989) Expression of a multidrug resistance gene in human cancers. *J. Natl. Cancer Inst.* 81, 116-124
3. Chan, H. S. L., Thorner, P. S., Haddad, G. & Ling, V. (1990) Immunohistochemical detection of P-glycoprotein: prognostic correlation in soft tissue sarcoma of childhood. *J. Clin. Oncol.* 8, 689-704
4. Ford, J. M. & Hait, W. N. (1990) Pharmacology of drugs that alter multidrug resistance in cancer. *Pharmacol. Rev.* 42, 155-199
5. Kearney J. F., Radbruch A., Liesegang B. and Rajewsky K. (1979) A New Mouse Myeloma Cell Line that Has Lost Immunoglobulin Expression but Permits the Construction of Antibody-Secreting Hybrid Cell Lines. *The Journal of Immunology* 123, 1548–1550.

מקורות
מידע

רשימת מושגים

משאבה: מבנה חלבוני הממוקם בקרום התא ומאפשר מעבר ברירני של חומרים הייחודיים לו מצד אחד של הקרום אל הצד השני, בניגוד למפל הריכוזים תוך שימוש באנרגיה.

טיפולים כימותרפיים: שימוש בחומרים כימיים על מנת לפגוע בתאים סרטניים. החומרים ניתנים לחולים באופן כזה, שהם מגיעים לזרם הדם ומשם לכל הגוף. החומרים הכימיים פוגעים בתאים בעלי קצב חלוקה גבוה, ולכן בטיפולים כימותרפיים נפגעים גם תאים נורמליים בגוף שהם בעלי קצב חלוקה גבוה.

תאים סרטניים: תאים שעברו סידרה של מוטציות וכתוצאה מכך מתחלקים ללא בקרה ויוצרים גידול. תאים כאלה יכולים לעזוב את הגידול ברקמת המוצא שלהם, לנוע בגוף, לפלוש לרקמות אחרות וליצור שם גידולים חדשים הנקראים גרורות.

גידול: גוש של תאים שהתחלקו ללא בקרה.

ביטוי מוגבר של גן: יצירה מוגברת של RNA על פי הקוד הגנטי ב-DNA.

תרופות אנטי סרטניות: מגוון של חומרים כימיים או ביולוגיים שיכולים לפגוע בהתקדמות מחלת הסרטן. תרופות אנטי סרטניות יכולות לפגוע במגוון תהליכים של מחלת הסרטן: בחלוקה של תאים סרטניים, או ביכולתם לנוע ולהגיע לזרם הדם, או בהספקת הדם לגידול, או שהן יכולות לגרום להרג של התאים הסרטניים וכדומה.

הורמונים סטרואידים: חומרים שומניים בעלי מבנה מולקולרי אופייני של ארבע טבעות, המצויים בבעלי חיים ובצמחים המשפיעים על תהליכים תוך תאיים. לדוגמה: הורמוני המין, כולסטרול.

ציקלוספורין: תרופה שגורמת לדיכוי מערכת החיסון וניתנת לחולים שעברו השתלת איברים.

נוגדן: אחד ממיליוני טיפוסים של חלבונים (מקבוצת אימונוגלובולינים) המיוצר בתאים של המערכת החיסונית, מזהה רכיב זר (אנטיגן) באופן ייחודי, נקשר אליו ומעורב בנטרולו.

פתרון לפעילות – הכרת מבנה המבוא

לפניכם פרק המבוא מתוך המאמר: השפעת החמצת האוקיינוסים וההתחממות העולמית על אלמוג ים תיכוני, שהתפרסם בכתב העת אקולוגיה וסביבה, 2014, 5(1), 53-57.

א. ענו בקצרה על השאלות הבאות:

1. מהי התופעה או הבעיה שהובילה את החוקרים?

תמותת אלמוגים בעקבות עלייה בטמפרטורת מי הים והחמצת האוקיינוסים.

2. תארו את האלמוג *B. europaea*

זהו אלמוג בעל פוליפ יחיד, צורתו סגלגלה (אליפטית) וקוטרו עד 20 מ"מ. הוא מאופיין בסימביוזה על אצות חד-תאיות שיתופיות בשם זואוקסנטלות. לאלמוג זה חשיבות רבה במארג האקולוגי בים התיכון. הוא נפוץ בבתי גידול סלעיים בים התיכון, וניתן למצוא אותו בצפיפות גבוהה של עד 100 פרטים ל-1 מ"ר.

[מידע נוסף: הזואוקסנטלות מבצעות פוטוסינתזה באמצעות פיגמנטים קולטי אור ובכך מנטרלות את החומצה הפחמתית שהאלמוג מפריש בעת נשימתו, מספקות לו חומרי הזנה ומקנות לו את צבעו. מוות של הזואוקסנטלות גורם להלבנת האלמוג ולמוותו ברעב]

3. תארו את התופעות הבאות: החמצת אוקיינוסים והתחממות עולמית

החמצת אוקיינוסים: עלייה בחומציות מי הים (ירידה בערך ההגבהה – pH), המתרחשת בעקבות עלייה בריכוז הפחמן בדו-חמצני במים. ריכוז הפד"ח במי הים עולה בגלל פליטת פד"ח לאטמוספירה על ידי מפעלים תעשייתיים.

התחממות עולמית:

עליית הטמפרטורות בכל העולם, כולל התחממות מי האוקיינוסים. התחממות זו נגרמת בעקבות שחרור פחמן דו חמצני לאטמוספירה ממפעלים תעשייתיים.

4. רשמו שלושה גורמים המשפיעים על החמצת אוקיינוסים

א. ריכוזים גבוהים של פחמן דו-חמצני ממקור אנושי

ב. שיעור תחלופת מים גבוה

ג. אלקליניות – יכולת וויסות החומציות של המים

5. מהי שאלת המחקר? מהי השערת החוקר? על איזה מידע מבוססת השערת החוקר?

שאלת המחקר: כיצד משפיעות מידת החומציות ועליית הטמפרטורות של מי-הים על תמותת האלמוג *B. europaea*?

השערת החוקר: עלייה במידת החומציות ובטמפרטורת מי הים ישפיעו על תמותת האלמוג *B. europaea*.

השערת החוקר מבוססת על כך שאלמוגים מותאמים לטווח צר של תנאי טמפרטורה וחומציות המים.

ב. מיינו את התשובות לכותרות הבאות:



ג. קראו שוב את קטע המבוא ובחרו את התרשים המתאים ביותר למבנה המבוא.



נימוק: המבוא כתוב במבנה מהפרט^{כלל} אל הפרט^{הכלל} (הקיפו את התשובות הנכונות).

ד. ציינו שלושה מאפייני נוספים של פרק המבוא:

1. כתוב ברצף, כחיבור, ללא כותרות משנה
2. מכיל הפנייה למקורות מידע
3. מכיל איור
4. מכיל הפנייה לאיור מתוך הטקסט
5. ניתן לראות קישור בין הפסקאות ("שינויים אלה", "ההשפעות הללו").

פתרון לפעילות – מבוא לשיפור

רציונל:

הכתיבה המדעית שונה בתכלית מן הכתיבה היומיומית. היא אוסף של עובדות, נטולת "רגש" (קצת יבשה..) ותלמידנו לא פעם, מוסיפים לנו הערות, כמו: קריאה נעימה וכו'...

בנוסף, הכתיבה המדעית דורשת כתיבה רציפה, כאשר כל רעיון מובא בפסקה נפרדת.

לא אחת אנו עסוקים בלתקן את עבודותיהם של תלמידנו היקרים. בפעילות זו התלמידים יתקנו עבודה, שבה כמעט כל הטעויות האפשריות כתובות. אנו מקוות שעצם החוויה (תמיד נחמד לבקר אחרים...) תשפוך אצלם אור מה **לא** לכתוב בעבודה (על מה כן צריך, הדרך ארוכה).

בפעילות זו מוצג מבוא של עבודת ביוחקר שנכתב ע"י תלמידים. בעזרת שאלות מנחות התלמידים מבקרים את המבוא וכותבים בעצם את המדריך "לכתיבת פרק המבוא".

מטרות

קריאה ביקורתית

הבחנה בין כתיבה מדעית לכתיבה שאינה מדעית

הכרת מאפייני המבוא : כתיבה רציפה, מודל המשפך



לפניכם מבוא לעבודת ביוחקר בנושא נשימה תאית בשמרים. קראו את המבוא וענו על השאלות שאחריו.

אנו בחרנו לכתוב את העבודה על תסיסת שמרים. בכל פעם שאנחנו אופים חלה אנחנו רואים שבשלב מסוים הבצק תופח וגדל. חשבנו שיהיה מעניין לגלות מה משפיע על התסיסה של השמרים ובאיזו מידה. לכן החלטנו לבדוק את ההשפעה של שלושה גורמים שונים: סוג הסוכר (חד-סוכר, דו-סוכר ועמילן), טמ"פ ואופן שימור השמרים (שמרית ושמרים יבשים).

שמרים הם פטריות חד-תאיות אשר רובם משתייכים למערכת הפטריות Ascomycota וחלקם למערכת פטריות הבסיסה (Basidiomycota). השמרים הם פקולטיביים, כלומר, הם פטריות המסוגלות לבצע נשימה אווירנית ואל-אווירנית (ארובי ואנארובי). השמרים מפרקים סוכר בסביבתם ובכך מפיקים אנרגיה. השמרים יכולים לפרק את הסוכר בשתי דרכים שונות - [תסיסה כוהלית](#) ו**נשימה אווירנית**. הנשימה האווירנית יעילה בהרבה מהתסיסה הכוהלית בהפקת אנרגיה ממולקולת הגלוקוז אך היא זקוקה ל**חמצן**. התסיסה הכוהלית היא תהליך פירוק של מולקולות [גלוקוז](#) בלא נוכחות חמצן על ידי שמרים. בתהליך זה מולקולת הגלוקוז מפורקת לשתי מולקולות [פירובט](#) ([גליקוליזה](#)), שמפורקות לאחר מכן למולקולות אתנול. בסך הכול נוצרות בתהליך מכל מולקולת גלוקוז שתי מולקולות [אתנול](#), שתי מולקולות [ATP](#) ובנוסף נפלטות גם שתי מולקולות [פחמן דו-חמצני](#). ככל שכמות השמרים גדלה כך קצב פליטת הפחמן הדו-חמצני גדל. השמרים גורמים לבצק לתפוח בכך שבמהלך תהליכי ייצור האנרגיה שלהם מהסוכר הם פולטים [פחמן דו-חמצני](#). הגז מנסה להיפלט לאוויר ויוצר כך מעין בועות בבצק - וכך גורם לבצק לתפוח.

השפעת הטמפרטורה על תסיסת השמרים

הטמפרטורה משפיעה על תסיסת השמרים מכיוון שהיא משפיעה על קצב הדיפוזיה של הסוכר לתוך השמרים. לכן, שאלת הניסוי השנייה שלנו היא: באיזו כמות משפיע הטמפרטורה על קצב תסיסת השמרים? צורת הבדיקה נעשתה בדומה לשאלה הראשונה אלא שבשאלה זו שמנו אותו סוג סוכר בכל החלקים (רק שלושה חלקים) וכל חלק שמנו באזור עם טמפרטורה שונה - מקרר, חדר ותנור. ההשערה היא שהטמפרטורה האידיאלית לתסיסת השמרים תהיה טמפרטורת חדר מכיוון שבמקרר הפעילות השמרים תוקפא ותד ובחמם השמרים יתחממו יותר מדי וקצב התסיסה ירד.

במחקר זה אנו מקוות למצוא את התשובות לשאלות שלנו על תסיסת השמרים. החומר שאספנו כאן במבוא יישמש אותנו לאורך הדרך בנוסף לחומר נוסף שנמצא במקרה הצורך. אנו מחכות בכיליון עיניים לתחילת הניסויים (בעיקר בגלל שנזכה ללוש בצק במסגרת הבית ספר) ומקוות שהניסויים יצליחו.

חלק א. העריכו את המבוא שקראתם על פי הקריטריונים בטבלה הבאה:

קריטריון	פירוט	ציון (1-5)	נימוק (ציטוט/דוגמא)
כתיבה רציפה	המבוא כתוב באופן רציף כחיבור ולא כקטעים שבניהם כתורות משנה	3	הקטע הראשון כתוב כרצף, דבר מוביל לדבר, אם כי אפשר לשפר אותו. אך יש כותרת משנית בין הקטע הראשון לשני, שלא צריכה להופיע.
	יש קשר בין פסקה לפסקה	3	שתי הפסקאות הראשונות מקושרות. הראשונה מציגה את העבודה ומציינת שהאורגניזם הנבדק הוא השמרים והשנייה מגדירה מהם השמרים והקשר שלהם

לתסיסה. הפסקה השלישית נקשרה רק באמצעות כותרת משנית ואינה רציפה לשתי הפסקאות הראשונות. הפסקה הרביעית שאמורה לסכם ולקשור את המבוא למחקר עצמו, אינה רלוונטית ומיותרת כפי שנכתבה.			
אין שום אזכור למקורות המידע.	0	האם מופיעים מקורות מידע?	מקורות מידע
	0	האם ההפניה למקורות ע"פ הכללים?	
יש שימוש במושגים מדעיים, אך הניסוח אינו מדעי ובוודאי לא רשמי: "חשבנו שיהיה מעניין", "אנחנו מקווים", "אנו מחכות בכליון עיניים".	1-2	שימוש במונחים מדעיים ושפה רשמית, ללא שימוש בשפה יום-יומית, האנשה או רגשות	שפה וניסוח
כפי שכבר נאמר, הקטע ה"מדעי" הוא תוצר של "העתק-הדבק" מתוך מקור המידע. הכותבים אפילו לא טרחו להוריד את הקישורים להגדרת המושגים.	0-1	ניסוח עצמאי או "העתק-הדבק"	

חלק ב. מבוא טוב לעבודת חקר כתוב בדרך כלל מהכלל אל הפרט (כמו משפך) וכולל את החלקים המופיעים באיור שלפניכם. גזרו חלקים מהמבוא והדביקו במקום המתאים בתרשים:

נקודת מוצא לחקר

בכל פעם שאנחנו אופים חלה אנחנו רואים שבשלב מסוים הבצק תופח וגדל.

מידע על האורגניזם הנחקר

שמרים הם פטריות חד-תאיות אשר רובם משתייכים למערכת הפטריות Ascomycota וחלקם למערכת פטריות הבסיסה (Basidiomycota). השמרים הם פקולטיביים, כלומר, הם פטריות המסוגלות לבצע נשימה אווירנית ואל-אווירנית (ארובי ואנארובי). השמרים מפרקים סוכר בסביבתם ובכך מפיקים אנרגיה. השמרים יכולים לפרק את הסוכר בשתי דרכים שונות - [תסיסה כוהלית](#) ו**נשימה אווירנית**.

מידע על התהליך/התופעה

השמרים יכולים לפרק את הסוכר בשתי דרכים שונות - [תסיסה כוהלית](#) ו**נשימה אווירנית**. הנשימה האווירנית יעילה בהרבה מהתסיסה הכוהלית בהפקת אנרגיה ממולקולות הגלוקוז אך היא זקוקה ל**חמצן**. התסיסה הכוהלית היא תהליך פירוק של מולקולות [גלוקוז](#) בלא נוכחות חמצן על ידי שמרים. בתהליך זה מולקולות הגלוקוז מפורקות לשתי מולקולות [פירובט \(גליקוליזה\)](#), שמפורקות לאחר מכן למולקולות אתנול. בסך הכול נוצרות בתהליך מכל מולקולת גלוקוז שתי מולקולות [אתנול](#), שתי מולקולות [ATP](#) ובנוסף נפלטות גם שתי מולקולות [פחמן דו-חמצני](#). ככל שכמות השמרים גדלה כך קצב פליטת הפחמן הדו-חמצני גדל. השמרים גורמים לבצק לתפוח בכך שבמהלך תהליכי ייצור האנרגיה שלהם מהסוכר הם פולטים [פחמן דו-חמצני](#). הגז מנסה להיפלט לאוויר ויוצר כך מעין בועות בבצק - וכך גורם לבצק לתפוח.

אורגניזם המשפיע על התהליך ופירוט על האורגניזם הנחקר

הטמפרטורה משפיעה על תסיסת השמרים מכיוון שהיא משפיעה על קצב הדיפוזיה של הסוכר לתוך השמרים. שבשאלה זו שמנו אותו סוג סוכר בכל החלקים (רק שלושה חלקים) וכל חלק שמנו באזור עם טמפרטורה שונה - מקרר, חדר ותנור. ההשערה היא שהטמפרטורה האידיאלית לתסיסת השמרים תהיה טמפרטורת חדר מכיוון שבמקרר הפעילות השמרים תוקפא ותרד ובחממום השמרים יתחממו יותר מדי וקצב התסיסה ירד.

שאלת החקר השערה + בסיס היופואי להשערה

באיזו כמות משפיע הטמפרטורה על קצב תסיסת השמרים? ההשערה היא שהטמפרטורה האידיאלית לתסיסת השמרים תהיה טמפרטורת חדר מכיוון שבמקרר הפעילות השמרים תוקפא ותרד ובחממום השמרים יתחממו יותר מדי וקצב התסיסה ירד.

א. איזה מידע לא רלוונטי מופיע במבוא (מה נשאר בצד?)

חשבנו שיהיה מעניין לגלות מה משפיע על התסיסה של השמרים ובאיזו מידה. לכן החלטנו לבדוק את ההשפעה של שלושה גורמים שונים: סוג הסוכר (חד-סוכר, דו-סוכר ועמילן), טמ"פ ואופן שימור השמרים (שמרית ושמרים יבשים).

צורת הבדיקה נעשתה בדומה לשאלה הראשונה אלא שבשאלה זו שמנו אותו סוג סוכר בכל החלקים (רק שלושה חלקים) וכל חלק שמנו באזור עם טמפרטורה שונה – מקרר, חדר ותנור.

במחקר זה אנו מקווים למצוא את התשובות לשאלות שלנו על תסיסת השמרים. החומר שאספנו כאן במבוא ימשש אותנו לאורך הדרך בנוסף לחומר נוסף שנמצא במקרה הצורך. אנו מחכות בכיליון עיניים לתחילת הניסויים (בעיקר בגלל שנזכה ללוש בצק במסגרת הבית ספר) ומקווים שהניסויים יצליחו.

ב. איזה מידע חסר במבוא?

גורמים המשפיעים על גדילה של השמרים ועל קצב תהליך התסיסה. התייחסות מעמיקה יותר להשפעת הטמפרטורה על קצב תהליך התסיסה.

ג. תנו 5 המלצות לשיפור המבוא:

1. לנסח את המידע בניסוח עצמאי.
2. להתייחס לכל הגורמים המשפיעים על האורגניזם/על התהליך.
3. לכתוב פסקאות רצופות שאחת מובילה לשנייה.
4. להציג את שאלת המחקר בצורה מדעית, את ההשערה ואת הבסיס הביולוגי להשערה בסוף המבוא, כך שיהיה קשר בין השאלה לרקע התיאורטי.
5. לנסח ניסוחים רשמיים ולהימנע מניסוחים לא מדעיים הכוללים ציפיות, רגשות, תקוות והאנשה.
6. להוסיף הפניות למקורות המידע.
7. להשתמש ביותר ממקור מידע אחד ולשלב את המקורות זה בזה.
8. לא להתייחס לדרך הבדיקה של שאלת המחקר במבוא.

פתרון לפעילות – הכרת מרכיבי החקר

1. האנזים עמילאז מזרז פירוק של מולקולות הרב סוכר עמילן לדו סוכרים.
תלמידים בדקו את השפעת הטמפ' על קצב הפעילות של עמילאז. בכל מבחנה שמו עמילאז ועמילן וטבלו את המבחנות במים בטמפ' שונות למשך 10 דקות. לאחר 10 בדקו את כמות העמילן שנותרה במבחנה.
כדי לבחון את נוכחות עמילן במבחנה השתמשו התלמידים בתמיסת יוד.
יוד בלא נוכחות עמילן בעל צבע צהוב, יוד בנוכחות עמילן בעל צבע כחול, ככל שהצבע כחול כהה יש יותר עמילן .
- א. מי האנזים ומי הסובסטרט בניסוי המתואר? אנזים – עמילאז, סובסטרט - עמילן
- ב. מה תפקיד תמיסת היוד בניסוי זה? היוד הוא אינדיקטור לעמילן, באמצעותו מודדים את כמות העמילן בתמיסה
- ג. השלם את הטבלה הבאה ע"י הוספת הסימן + במקומות המתאימים:

המשתנה התלוי	דרך מדידת המשתנה התלוי	גורם קבוע	המשתנה הבלתי תלוי	אופן שינוי המשתנה הבלתי תלוי
☐	☐	☒	☐	☐
☒	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☒	☐	☐
☐	☒	☐	☒	☐
☐	☐	☐	☒	☐
☐	☐	☒	☐	☐
☐	☐	☒	☐	☐
☐	☐	☒	☐	☐

נפח תרחיף העמילן

קצב פעילות האנזים

ריכוז תמיסת האנזים במבחנות

עצמת צבע היוד

טמפרטורה

משך הטבילה בטמפ' שונות

ריכוז תמיסת הסובסטרט במבחנות

דרגת הpH - בתמיסה

פתרון לפעילות – מערך החקר - שאלות רב בררתיות

תלמידים מבית ספר הראל ביצעו את הניסוי הבא במסגרת עבודת ביוחקר. שאלת המחקר הייתה, האם יש קשר בין קצב הבשלה של בננות לבין מספר תפוחי העץ (מקור לאתילן) בסביבתן? ואם כן, מהו הקשר? התלמידים שיערו שימצא קשר בין מספר תפוחי העץ לבין מידת ההבשלה, עד גבול מסוים. ההשערה מבוססת על כך שמספר תפוחי העץ קובע את כמות האתילן הנפלט והמזרז את הבשלת הבננות, עד מצב בו כמות האתילן אינה הגורם המגביל את קצב ההבשלה.

מהלך הניסוי:

לתוך שקית נייר הוכנסה בננה אחת, וכן 0-3 תפוחי עץ. לתחתית כל שקית הוכנסו גרגרי KOH עטופים בגזה, לספיחת פחמן דו חמצני. לשקיות שהכילו יותר תפוחי עץ הוכנסה כמות גדולה יותר של גרגרים.

כל השקיות הונחו, במרחק ז' מזו, על מדף במעבדת ביה"ס, בתאריך 1.1.09, ונבדקו במשך חמישה ימים. נמדדו: צבע, רכות, ריכוז גלוקוז, ומספר גרגרי עמילן בתא. הניסוי בוצע שוב בתאריך 10.1.09.

סכמה של חזרה אחת:

קבוצה א	קבוצה ב	קבוצה ג	קבוצה ד
1	1	1	1
0	1	2	3
4	4	4	4

ענו על השאלות הבאות (תתכן יותר מתשובה אחת נכונה):

1. המשתנה התלוי בניסוי הוא:

- ☐ מספר הבננות בשקית
- ☐ מספר תפוחי העץ השקית
- ☐ מספר גרגרי KOH בשקית
- ☒ מידת הבשלת הבננות

2. המשתנה הבלתי תלוי הוא:

- ☐ מספר הבננות
- ☒ מספר תפוחי עץ בשקית
- ☐ מספר גרגרי KOH
- ☐ מידת הבשלת הבננות

3. מדידת המשתנה התלוי נעשתה באופן הבא:

- ☐ צבע ורכות הבננה
- ☐ ריכוז הגלוקוז בבננה
- ☐ מספר גרגרי עמילן בבננה
- ☒ כל התשובות נכונות

4. בניסוי זה כלולה בקרה פנימית והיא:

- ☐ שקית ללא תפוחים
- ☐ שקית עם תפוח אחד
- ☒ השוואה בין השקיות שהכילו כמות שונה של תפוחים
- ☐ אין בניסוי בקרה פנימית

5. גרגרי KOH הוכנסו לכל שקית על מנת:

- ☐ להגביר את קצב הבשלת הבננות
- ☒ לבודד משתנים כך שרק גז האתילן ישפיע על ההבשלה
- ☐ להוסיף פחמן דו חמצני לכל שקית
- ☐ לשמור על כל הגורמים בניסוי קבועים

6. מי מהבאים הינו גורם קבוע הנשמר בניסוי?

- ☒ זן הבננות
- ☐ מספר תפוחים
- ☒ טמפרטורה בה הונחה השקית
- ☒ לחות האוויר
- ☒ מספר הבננות בכל שקית
- ☐ מספר גרגרי KOH
- ☒ סוג השקית

7. כל מערך הניסוי נעשה פעמיים באותו זמן ובאותה צורה. המשפט מתאר:

- ☒ חזרות
- ☐ בקרות
- ☐ ריבוי פריטים
- ☐ גורמים קבועים

8. סמנו את התיאור הנכון לריבוי פריטים בניסוי:

- ☐ בכל טיפול הייתה בננה עם מספר תפוחים שונה
- ☒ בכל טיפול היו 4 שקיות עם אותו הרכב של בננות ותפוחים
- ☐ בכל טיפול היה מספר פירות שונה
- ☐ הניסוי בוצע בשני מועדים שונים

9. בידך בלון עם גז אתילן ואתה יכול לרסס מידות קבועות של גז זה על פירות. בלון הגז יכול להחליף בניסוי את:

- ☐ הבננות
- ☒ התפוחים
- ☐ גרגרי KOH

10. האורגניזם הנבדק בניסוי הוא:

- ☐ תפוחי עץ מזן סמית
- ☐ בננות מזן קוונדיש
- ☒ תפוחי עץ מזן סמית ובננות מזן קוונדיש

11. מה לדעתך ניתן לבדוק בניסוי מקדים לניסוי הנ"ל (תתכן יותר מתשובה אחת)?

- ☒ הבשלת בננה בשקית נייר, עם ובלי תפוחי עץ
- ☒ מדידת כמות סוכר בבננות בשלבי הבשלה שונים
- ☐ זמן עד לריקבון של הבננה והתפוח
- ☒ הבשלת בננות בנוכחות פירות שונים
- ☐ מדידת pH בבננות

פתרון לפעילות – ניתוח מערך ניסוי מתועד בצילום

בניסוי שלפניך מתוארות תוצאות ניסוי ביוחקר שבוצע ע"י תלמידים בבית ספר בתל מונד.
בניסוי נעשה שימוש באינדיקטור פנול אדום.
פנול אדום הוא אינדיקטור לחומצה / בסיס צבעו אדום בסביבה ניטרלית ובסיסית – וצהוב בסביבה חומצית (פחמן דו חמצני במים יוצר חומצה).

צפה/י בסרטון וענה/י על השאלות:

http://www.youtube.com/watch?v=4gR_hWAl6j4

1. מהי שאלת המחקר של התלמידים?

- ☒ מה הקשר בין ריכוז הדטרגנט בתרחיף השמרים לקצב נשימתם?
- ☐ מה הקשר בין הדטרגנט לנשימת השמרים?
- ☐ מה הקשר בין ריכוז הדטרגנט להשתנות הצבע של פנול אדום?

2. מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי?

- ☐ הזמן שלוקח לפנול להפוך מצהוב לאדום
- ☒ ריכוזים שונים של דטרגנט
- ☐ ריכוזים שונים של שמרים
- ☐ קצב נשימת השמרים

3. מהו המשתנה התלוי בניסוי?

- ☐ הצבע הצהוב
- ☐ הזמן שלקח לפנול להפוך מאדום לצהוב.
- ☐ נשימת השמרים
- ☒ קצב נשימת השמרים

4. מהי דרך מדידת המשתנה התלוי בניסוי?

- ☐ הצבע הצהוב
- ☒ הזמן שלקח לפנול להפוך מאדום לצהוב.
- ☐ נשימת השמרים
- ☐ כמות פחמן דו חמצני שנפלטה בנשימת השמרים

5. מהי השערת התלמידים?

- ☐ ככל שריכוז הדטרגנט גבוה, קצת נשימת השמרים יגדל
- ☐ הדטרגנט פוגע בקרומי התאים ולכן יפגע בנשימת השמרים
- ☒ ככל שריכוז הדטרגנט גבוה, קצת נשימת השמרים יקטן
- ☐ ריכוז הדטרגנט משפיע על קצב נשימת השמרים

השבי/י על השאלות הבאות:

1. מהו הבסיס הביולוגי להשערת התלמידים?
 2. האם תוצאות הניסוי תומכות בהשערה שהעלית בשאלה הקודמת? נמק
 3. העלה מספר אפשרויות להסבר התוצאות שהתקבלו
 4. הכנס בקישור "למידע על הסרטון " והסבר את תוצאות הניסוי
- לידיעתך! הסבר התוצאות שניתן ע"י התלמידים בסרטון יהיה חלק מהדיון המתאר, בין היתר את מגבלות המחקר

פתרון לפעילות – תוצאות גולמיות ומעובדות

רציונל

אחד הקשיים המצויים בחלק התוצאות הוא **ההבנה לצורך** בהעברת תוצאות גולמיות למעובדות וכן **היכולת לתרגם** את תוצאות הניסוי הגולמיות לתוצאות מעובדות.

מטרות הפעילות

- התלמידים יבחינו בין תוצאות גולמיות לתוצאות מעובדות.
- התלמידים יבינו את חשיבות העברת תוצאות גולמיות לתוצאות מעובדות.
- התלמידים יתנסו בהעברת תוצאות גולמיות למעובדות.

הפעילות

חלק א - הבחנה בין תוצאות גולמיות למעובדות והבנת הצורך בהמרת תוצאות גולמיות למעובדות

תוצאות גולמיות - תוצאות הכוללות את כל החזרות לפני חישוב הממוצע

תוצאות מעובדות - תוצאות שבוצעו בהן חישובי ממוצע וסטיית תקן

בסעיפים א' ו ב' מוצגות תוצאות של ניסוי חקר הבודק את השפעת משך זמן הרתחת שום על גדילת חיידקי E. coli. דרך מדידת המשתנה התלוי נעשתה באמצעות מדידת קוטר עיכוב גדילת החיידקים (אזור ללא חיידקים) בצלחות בהם גודלו חיידקי E. coli.

א. השפעת משך זמן הרתחת שום על גדילת חיידקי E.coli

משך זמן הרתחה (דק')	ממוצע קוטר עיכוב חיידקים (ס"מ)	סטיית תקן
0	3.3	0.577
3	2.11	1.018
6	0.33	0.289
9	0.55	0.256
12	0.42	0.518
15	0.372	0.34

ב. השפעת משך זמן הרתחת שום על גדילת חיידקי E.coli

משך זמן הרתחה (דק')	קוטר עיכוב חיידקים (ס"מ)			ממוצע
	חזרה 1	חזרה 2	חזרה 3	
ללא הרתחה	4.16	2.83	2.83	3.273
3 דק'	2.33	3	1	2.11
6 דק'	0.667	0.166	0.166	0.33
9 דק'	0.833	0.33	0.5	0.55
12 דק'	0	1	0.266	0.42
15 דק'	0.45	0	0.667	0.372

1. בסעיף א מוצגות תוצאות גולמיות/מעובדות כי בטבלה מופיעות תוצאות ממוצעות של החזרות וחושבה גם סטיית התקן.

2. בסעיף ב מוצגות תוצאות גולמיות/מעובדות כי מוצגות בטבלה תוצאות של החזרות השונות.

3. אילו נתבקשתם להעביר את התוצאות הנ"ל לגרף, אילו מבין התוצאות - גולמיות או מעובדות - יציגו לקורא את התוצאות בצורה ברורה יותר? נמקו

התוצאות המעובדות מציגות את הממוצע של החזרות. תוצאה זו מייצגת את המגמה הכללית של ההשפעה של המשתנה הבלתי תלוי על המשתנה התלוי ולא בדיקה בודדת, שיכולה להיות יוצאת דופן. התוצאה הממוצעת יחד עם סטיית התקן מראות לקורא את המגמה הכללית של קבוצות הניסוי ואת פיזור התוצאות סביב המוצע, נתון המאפשר לדעת עד כמה התוצאות אחידות או לא.

4. במאמר מדעי מציגים בחלק התוצאות את התוצאות הגולמיות/מעובדות ובחלק הנספחים את התוצאות גולמיות/מעובדות. נמקו

בחלק של המאמר מוצגות התוצאות המעובדות מהסיבות שפורטו בסעיף הקודם. הקורא מעוניין לראות בצורה ברורה מה הייתה ההשפעה של המשתנה הבלתי תלוי על המשתנה התלוי בניסוי בכללותו. אם הקורא יהיה מעוניין לראות את התוצאות הגולמיות וכיצד הגיב כל נבדק באופן פרטי למשתנה הבלתי תלוי, הוא יוכל לעיין בנספח.

חלק ב - העברת תוצאות גולמיות למעובדות

בעבודת ביוחקר נבדקה השפעת ריכוז המלח במצע גידול, על גדילת חיידקי E.coli. המדד לגדילת החיידקים הוא מידת העכירות של המצע, הנמדדת באמצעות מכשיר ספקטרופוטומטר. כל ריכוז מלח נבדק בארבע מבחנות בהם גודלו חיידקי E.coli.

לפניכם מוצגות תוצאות הניסוי שהופיעו בנספחי עבודת הביוחקר:

השפעת ריכוז המלח על גדילה של חיידקי E.coli

עכירות התמיסה (O.D)				ריכוז המלח (%)
חזרה 4	חזרה 3	חזרה 2	חזרה 1	
0.088	0.072	0.004	0.159	0
0.028	0.054	0.14	0.098	0.5
0.653	0.545	0.635	0.549	0.9
0.104	0	0.068	0.018	1.2
0.064	0.007	0.022	0.096	1.5
0.023	0.016	0.03	0.083	2
0.015	0.133	0.14	0.174	2.5

1. התוצאות המוצגות הן גולמיות/מעובדות. נמקו

הטבלה מציגה את התוצאות של החזרות השונות ללא הצגת ממוצע, כלומר ללא עיבוד של התוצאות.

2. חשבו ממוצע לחזרות.

השפעת ריכוז המלח על גדילה של חיידקי E.coli

ריכוז המלח (%)	עכירות התמיסה (O.D)				
	חזרה 1	חזרה 2	חזרה 3	חזרה 4	ממוצע*
0	0.159	0.004	0.072	0.088	0.08
0.5	0.098	0.14	0.054	0.028	0.08
0.9	0.549	0.635	0.545	0.653	0.60
1.2	0.018	0.068	0	0.104	0.05
1.5	0.096	0.022	0.007	0.064	0.05
2	0.083	0.03	0.016	0.023	0.04
2.5	0.174	0.14	0.133	0.015	0.12

3. חשבו את אחוז סטיית התקן.

השפעת ריכוז המלח על גדילה של חיידקי E.coli

ריכוז המלח (%)	עכירות התמיסה (O.D)					סטטית התקן*
	חזרה 1	חזרה 2	חזרה 3	חזרה 4	ממוצע	
0	0.159	0.004	0.072	0.088	0.08	0.06
0.5	0.098	0.14	0.054	0.028	0.08	0.05
0.9	0.549	0.635	0.545	0.653	0.60	0.06
1.2	0.018	0.068	0	0.104	0.05	0.05
1.5	0.096	0.022	0.007	0.064	0.05	0.04
2	0.083	0.03	0.016	0.023	0.04	0.03
2.5	0.174	0.14	0.133	0.015	0.12	0.07

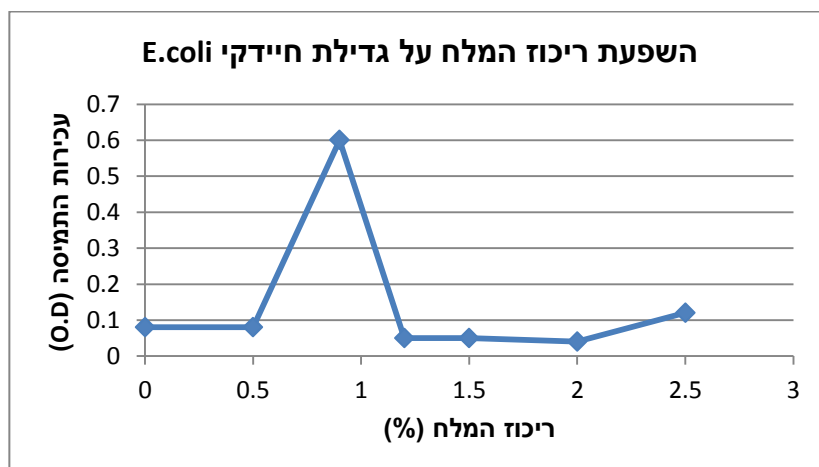
4. הציגו את התוצאות בטבלה חדשה.

השפעת ריכוז המלח על גדילה של חיידקי E.coli

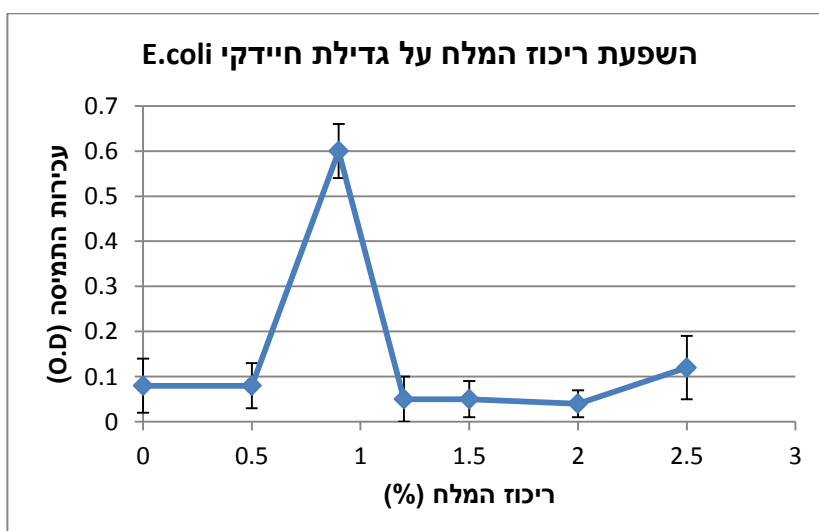
ריכוז המלח (%)	ממוצע עכירות התמיסה (O.D)	סטטית התקן
0	0.08	0.06
0.5	0.08	0.05
0.9	0.60	0.06
1.2	0.05	0.05
1.5	0.05	0.04
2	0.04	0.03
2.5	0.12	0.07

5. העבירו את התוצאות לגרף.

ללא סטיית התקן *



עם הצגת סטיית התקן *



* החישובים והגרפים בוצעו באקסל, לאחר העברת הטבלה לגיליון.

פתרון לפעילות – דרך הצגת התוצאות

בפעילות זו מוצגות תוצאות מניסוי במעבדה. אתם תבחנו דרכים שונות להצגת התוצאות ותחליטו על הדרך הנכונה. כמו כן, תשימו לב לכותרות, יחידות, צירים ועוד.

חלק א

בניסוי בדקו השפעה של ריכוז תמיסת סוכרוז על המשקל של גלילי תפוח אדמה. תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניכם:

א	ב	ג	ד	ה	ו
מספר מבחנה	ריכוז תמיסת הסוכרוז (M)	משקל הגלילים בתחילת הניסוי (גרם)	משקל הגלילים בסוף הניסוי (גרם)	השינוי במשקל הגלילים (גרם)	השינוי היחסי במשקל הגלילים (אחוזים)
1	1.0	3.81	2.89	-0.92	-24.15
2	0.7	3.91	3.39	-0.52	-13.30
3	0.5	3.86	3.51	-0.35	-9.07
4	0.3	4.01	3.95	-0.06	-1.52
5	0.2	3.88	3.98	0.10	2.58
6	0.1	3.85	4.07	0.22	5.71
7	0.0	4.09	4.45	0.36	8.80

1. מהי הכותרת המתאימה לטבלה?

א. השפעת ריכוז תמיסת הסוכרוז על משקל גלילי תפוח אדמה.

ב. השפעת ריכוז תמיסת הסוכרוז על שיעור האוסמוזה בגלילי תפוחי אדמה.

ג. האם ריכוז תמיסת הסוכרוז משפיע על משקל גלילי תפוח אדמה?

ד. השפעת המשקל ההתחלתי של גלילי תפוח אדמה על שינוי במשקלם בריכוזים שונים של תמיסת סוכרוז.

2. כיצד התקבלו התוצאות בעמודות ה ו-ו?

השינוי במשקל הגלילים (עמודה ה) חושב ע"י חיסור משקל הגלילים בתחילת הניסוי (עמודה ג) ממשקל הגלילים בסוף הניסוי (עמודה ד).

השינוי היחסי במשקל הגלילים (עמודה ו) חושב ע"י חישוב היחס בין השינוי במשקל הגלילים (עמודה ה) למשקל הגלילים בתחילת הניסוי (עמודה ג) והכפלה ב-100.

3. נתונים המופיעים באלו עמודות נציג בתצוגה גרפית? נמקו

א. עמודה א ועמודה ד.

ב. עמודה א ועמודה ו.

ג. עמודה ב ועמודה ה.

ד. עמודה ב ועמודה ו.

4. איזה סוג גרף מתאים להצגת התוצאות?

א. גרף פיזור XY.

ב. גרף קווי.

ג. גרף עמודות.

ד. גרף עוגה.

5. איזה משתנה יופיע בציר x?

א. מספר המבחנה.

ב. ריכוז תמיסת הסוכרוז.

ג. השינוי היחסי במשקל הגלילים (%).

ד. ריכוז תמיסת הסוכרוז (M).

6. איזה משתנה יופיע בציר y?

א. משקל הגלילים בסוף הניסוי (גרם).

ב. השינוי במשקל הגלילים (גרם).

ג. השינוי היחסי במשקל הגלילים (%).

ד. ריכוז תמיסת הסוכרוז (M).

חלק ב

התאימו בין הגרף ובין הטעות המצויה בו:

הגרף

גרף א

גרף ב

גרף ג

גרף ד

גרף ה

גרף ו

הטעות

סוג הגרף לא מתאים

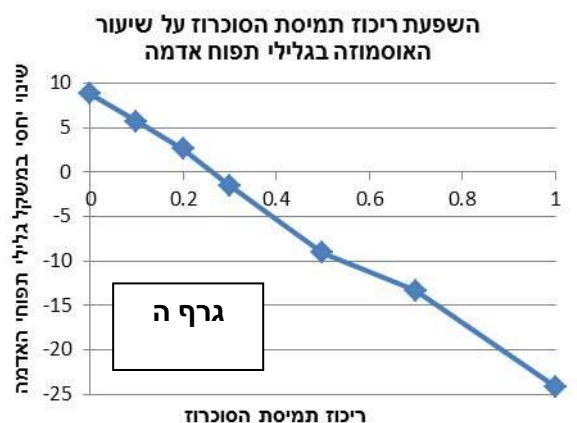
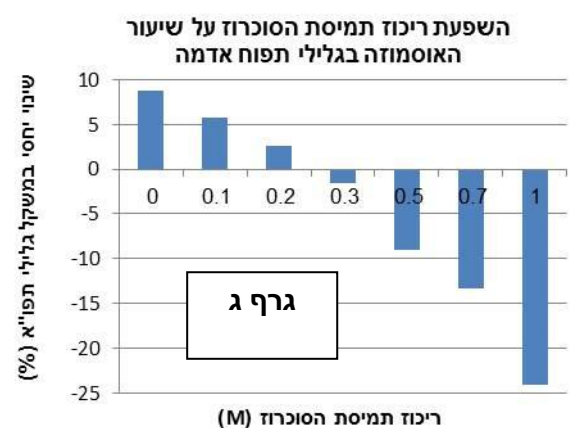
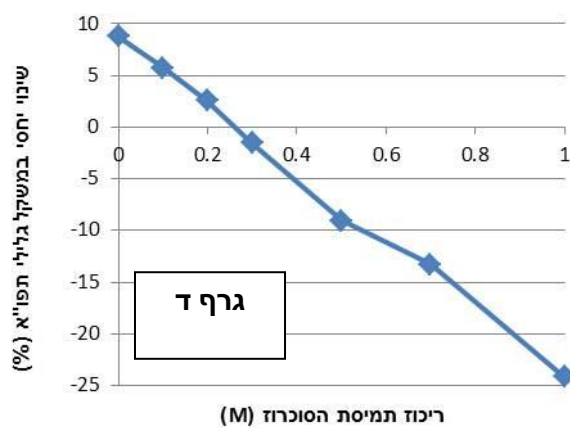
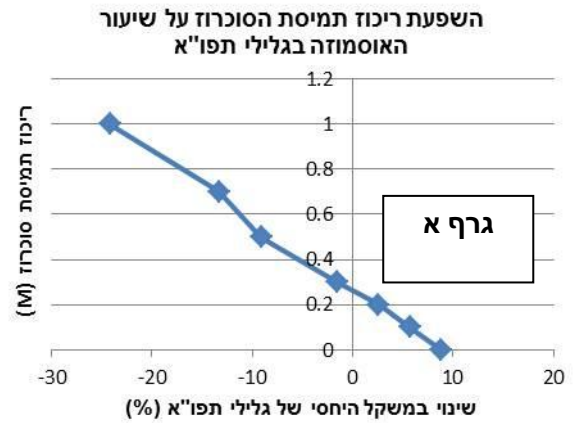
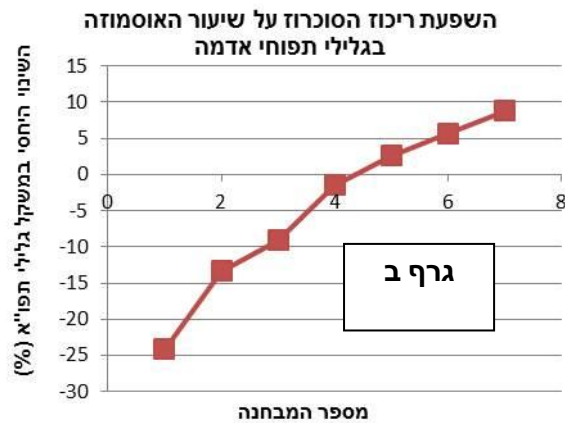
ציר ה-X אינו בקנה מידה מתאים

ציר x מופיע כציר y ולהיפך

חסרה כותרת לגרף

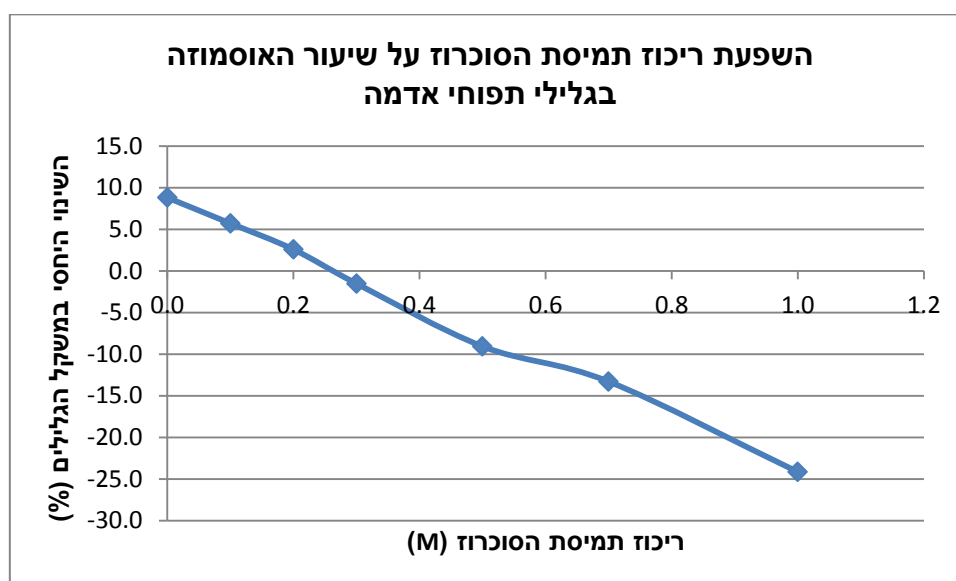
חסרות יחידות בצירים

ציר x אינו מתאים



חלק ג

- העתיקו את הנתונים בטבלה לתוך גיליון אקסל.
- בנו גרף מתאים לתוצאות. הקפידו על כל הפרטים הנחוצים.
- תארו את התוצאות המופיעות בגרף, על פי הדגשים הבאים:
 - תארו את מגמת השינוי בגרף בטווחים של ערכי ציר x, ללא פירוט של הערכים בכל נקודה ונקודה.
 - תארו שינויים במגמת הגרף (מתון/תלול יחסית ל...) וצינו את הערך בו חל השינוי במגמה.
 - ציינו את נקודות המקסימום/מינימום בגרף.
 - אל תכללו הסבר של התוצאות בתיאורן.
 - הקפידו לציין יחידות מתאימות.



3. תיאור התוצאות:

מריכוז 0M עד 0.2M של תמיסת הסוכרוז השינוי היחסי במשקל גלילי תפוחי האדמה היה חיובי (9% עד 2.5%, בהתאמה). מריכוז 0.3M ואילך השינוי היחסי במשקל תפוחי האדמה היה שלילי והלך וגדל (יותר שלילי) ככל שריכוז תמיסת הסוכרוז היה גבוה יותר, עד לריכוז 1M בו השינוי היחסי במשקל גלילי תפוחי האדמה היה 24%-. בריכוז 0.275M לערך לא היה שינוי במשקל גלילי תפוחי האדמה (0%).

פתרון לפעילות – הכרת פרק הדיון והמסקנות במאמר מדעי

בפעילות זו תכירו את המבנה והמאפיינים המיוחדים של פרק הדיון והמסקנות במאמר מדעי.

1. לפניכם פרק הדיון מתוך המאמר: **צמצום של המגוון הביולוגי עשוי לשנות את התפקוד של מערכות אקולוגיות.**

א. הדיון שלפניכם מחולק לפסקאות. סדרו את הפסקאות על פי הרצף הנכון.

ב. תנו לכל פסקה כותרת המתארת את תוכן הפסקה (העזרו בתרמילון).

ג. מבנה פרק **המבוא** במאמר מדעי הינו בצורת "משפך" , כלומר המבוא בנוי מהכלל אל הפרט – מהצגת נושא המחקר באופן כללי ועד לתיאור ספציפי של מטרת המחקר. מהו מבנה פרק הדיון במאמר מדעי? הסבירו

מבנה פרק הדיון במאמר מדעי הוא מהפרט אל הכלל. בתחילת פרק הדיון מתמקדים בתוצאות המחקר הנוכחי ובמסקנה העולה מהתוצאות. בהמשך מרחיבים על השלכות המחקר ומגבולותיו ולבסוף מעלים שאלות חדשות למחקר מעבר לשאלות שנבדקו במחקר הנוכחי.

2. לכתובת דיון במאמר מדעי יש מאפיינים שונים. חלקם מובאים לפניכם.

תארו בעזרת דוגמאות מתוך הדיון (ללא פירוט תוכן) או ע"י סימון בדיון, כיצד באים לידי ביטוי מאפיינים אלו (סמנו מילות מפתח). היעזרו בדוגמא.

• במחקר זה נבדק... • ממצאי המחקר מראים...	חזרה על שאלת המחקר ותוצאות ציקריות
• לאור תוצאות אלו... • למרות זאת,	מיילת קישור בין הפסקאות
• לניסוי יש מגבלות... • תוצאות המחקר אינן חד משמעיות...	ביקורתיות
• יש להמשיך ולבדוק...	מבט אל הצתיד/שאלת המשך

דיון ומסקנות

מסקנה

כותרת:

לאור תוצאות אלו, ניתן להסיק כי אובדן המגוון הביולוגי משפיע על תפקוד מערכות ביולוגיות. קליטת אור ו- CO_2 מוגברות מתבטאת ביצרנות גבוהה יותר. קליטת אור גבוהה יותר נובעת משונות רבה של צורות העלים ומשונות בגובה הצמחים של המינים השונים, כל זה מביא לניצול יעיל יותר של אור. היות שכל מערכת אקולוגית תלויה באנרגיה הנקלטת בה, סביר להניח שניצול יעיל של אור משפיע גם על התהליכים המתרחשים בקרקע, כמו: משק המים בקרקע ופירוק חומר אורגני. אולם, תוצאות מחקר זה בנוגע למשק המים ולפירוק הן אינן חד משמעיות כדי לתת תמיכה בהנחה זו.

2

השלכות

כותרת:

למרות זאת, לממצאי המחקר יש השלכות לגבי הסיבות לחשיבות השמירה על המגוון הביולוגי, וניתן להוסיף עליהן את הסיבה שצמצום של המגוון הביולוגי יכול לשנות ו/או לפגוע בשירותים של המערכת האקולוגית ולהביא לשינוי בתנאים הסביבתיים. צמצום של מגוון הצמחים בטבע מביא להקטנה בקיבוע ה- CO_2 , ומכאן ניתן להסיק שצמצום המגוון עלול להקטין את היכולת של מערכות יבשתיות לקלוט CO_2 שמקורו בפעילות של בני האדם.

3

כותרת: תיאור תוצאות עיקריות + השערה

1

במחקר זה נבדק הקשר בין מגוון ביולוגי לבין התפקוד של מערכות אקולוגיות. השערת המחקר היתה כי צמצום של המגוון הביולוגי עשוי לפגוע בתפקוד של מערכות אקולוגיות מהיבטים של קליטת אור, קליטת פחמן דו חמצני ואחוז כיסוי השטח בצמחים. ממצאי המחקר מראים שבמערכות מגוונות יותר נקלט יותר אור, נקלט יותר CO₂ ואחוז הכיסוי בצמחים גבוה יותר. לעומת זאת לא נמצא הבדל מובהק באצירת המים בקרקע ובקצב פירוק החומר האורגני בין מערכות בעלות מגוון ביולוגי שונה.

כותרת: שאלת המחקר

5

יש להמשיך ולבדוק במחקרים נוספים את השפעת הרכב המינים על תפקוד המערכות האקולוגיות, כלומר, לאיזה שילוב מינים השפעה רבה יותר על קליטת האור וה-CO₂ במערכת האקולוגית.

כותרת: מגבלות המחקר

4

לניסוי המתואר יש שתי מגבלות עיקריות: הוא נמשך רק שנה אחת, והחברות היו קטנות, לפיכך המסקנות שניצן להסיק ממנו הן איכותיות בעיקרן ולא כמותיות. יחד עם זאת, התוצאות של הניסוי שנערך בתנאים מבוקרים מראות בפעם הראשונה, שיש תהליכים במערכת האקולוגית המושפעים מאובדן של מגוון ביולוגי ואילו תהליכים אחרים אינם מושפעים מכך. אין, כנראה, דגם יחיד לתוצאות האפשריות של אבדן המגוון הביולוגי.

תרמילון

ניתן לבחור יותר מנקודה אחת לכל פסקה

- תיאור תוצאות עיקריות
- השערה
- שאלת המחקר
- מדידת משתנה תלוי
- שאלת המחקר
- מסקנה
- מדידת משתנה בלתי תלוי
- מגבלות המחקר
- השלכות

פתרון לפעילות – מיזוג מקורות מידע

הנושא: גורמים המשפיעים על הנביטה

לפניך 3 טקסטים ממוספרים בנושא נביטה:

א. מקור 1: הנביטה – מתוך אתר אתר מורי הביולוגיה

ב. מקור 2: נביטה – מתוך אתר edugal

ג. מקור 3: הזרע ותנאים לנביטה – מתוך אתר אורט

1. קרא את המאמרים וסמן את הפסקאות המתייחסות לגורמים המשפיעים על הנביטה.
2. סמן ליד כל תת פסקה המתייחסת לגורמים המשפיעים על הנביטה את הגורם הספציפי שאליה היא מתייחסת ומיין אותם לגורמים ביוטיים ולגורמים אביוטיים.

כעת נתמקד בהשפעת הטמפרטורה על הנביטה.

3. צבע בכל אחד מהמקורות את הקטע המתייחס להשפעת הטמפרטורה. בכל מקור בצבע אחר.
4. לפניך מספר שאלות המתייחסות להשפעת הטמפרטורה על הנביטה. ענה על כל שאלה בצורה הבאה:
 - **שלב א:** לגבי כל שאלה - העתק והדבק מתחתיה את תשובה המופיעה בכל אחד מהמקורות (הממורקרים בצבע אחר). יתכן שהתשובה נמצאת במקור אחד או בשניים או בכולם). אל תשכח לציין בסוף כל קטע שהדבקת, בין סוגריים, את מספר המקור א-ג ממנו נלקח הקטע.
 - **שלב ב:** כתוב, במילים שלך, לכל שאלה פסקה המשלבת את המידע. אל תשכח להשאיר בסוף כל משפט את מספר המקור עליו הסתמכת לכתיבתו.

השאלות והתשובות

שלב א

א. מהי ההשפעה של הטמפרטורה על הזרע היבש?

שלפני תחילת הנביטה, עמיד הזרע היבש לטמפרטורות גבוהות או נמוכות מהטווח האופטימלי (2)

הזרע היבש עמיד בפני טמפרטורות קיצוניות ביותר, אך טמפרטורות אלה אינן מתאימות לנביטה (3)

ב. מה הוא המדד שקובע מהי הטמפרטורה האופטימלית לנביטה של זרעים?

טמפרטורה אופטימלית כוללת את אחוז הנביטה ואת משך הנביטה: זוהי הטמפרטורה בה ינבוט מספר הזרעים הגדול ביותר בזמן הקצר ביותר (3).

הטמפרטורה האופטימלית לנביטת כותנה, למשל, היא $20-30^{\circ}\text{C}$ ופירושו של דבר הוא, שמרבית הזרעים שנזרעו ינבוטו תוך זמן קצר ביותר (2). זרעי חיטה ושעורה, נובטים גם בטמפרטורה הקרובה ל 0°C אך ככלל, לא תתרחש נביטת זרעים בטמפרטורות גבוהות מאד או נמוכות מאד (2)

ג. מהי הטמפרטורה האופטימלית לנביטה של זרעים?

לכל מין טמפרטורה אופטימלית לנביטת הזרעים האופיינית לו (3). באזורים קרים וכן גם לגבי מינים שנביטתם מתרחשת בחורף, תחום הטמפרטורה האופטימלי נמוך מזה של מינים שהזרעים שלהם נובטים באזורים חמים או באביב (3)

לכל מין אופייני תחום טמפרטורות אופטימלי לנביטה. באזורים קרים תחום הטמפרטורות לנביטה הוא נמוך מזה של זרעים הנובטים באזורים חמים. כך גם ביחס לצמחים הנובטים בעונות השנה השונות (3).

לכל סוג של זרעים ישנה טמפרטורה הנוחה ביותר לנביטה והיא מכונה טמפרטורה אופטימלית. הטמפרטורה האופטימלית לנביטת כותנה, למשל, היא $20-30^{\circ}\text{C}$ (2).

לכל צמח יש טמפרטורה מיטבית, האופיינית לו. לרוב הזרעים באזור שלנו דרושה טמפרטורה של 20°C - 30°C כדי לנבט בשיעור גבוה. (1).

ד. מהי ההשפעה של הטמפרטורה על נביטת הזרעים?

הטמפרטורה (מקור 1) משפיעה על קצב הנביטה ועל שיעור הנביטה. היא חשובה לוויסות תהליכי הנביטה ולגדילת העובר.

ההסבר להבדל בטמפרטורה מיטבית בין מיני צמחים שונים: בתהליך הנביטה מעורבים אנזימים שונים ולכל אנזים הטמפרטורה המיטבית לפעילותו. האנזימים המעורבים בתהליך אינם זהים במינים השונים (מוכתבים ע"י הגנום) ושונים מאוד בין צמחים הנובטים בסביבה/עונה חמה לצמחים הנובטים בסביבה/עונה קרה. (3).

ה. ציין היבט נוסף של השפעת הטמפרטורה על נביטת הזרעים.

שינויי טמפרטורה בין היום ללילה, בתחום של 10°C , מזרזים נביטה של רוב הזרעים. (1)

ו. באיזו דרך יכול האדם לשנות את עיתוי הנביטה של זרעים המותאמים לנביטה בטמפרטורה מסוימת?

על ידי טיפולים שונים (הניתנים לזרעים בשימוש חקלאי), ניתן לשנות את הטמפרטורה האופטימלית לנביטה. בארצות הצפוניות, למשל, מופיעים שני זני תבואה המכונים "תבואות חורף" ו"תבואות קיץ". אם זורעים את תבואת החורף באביב (במקום בסתיו), היא אמנם נובטת אך לא מבשילה את הזרעים בקיץ של אותה שנה אלא רק בשנה הבאה. טיפול מיוחד בקור הניתן לנבטי תבואות החורף יכול "להפוך" אותן ל"תבואות קיץ" (2)

שלב ב

א. מהי ההשפעה של הטמפרטורה על הזרע היבש?

הזרע היבש צריך כפני טמפרטורות קיצוניות ביותר (2, 3) הן מתחת והן מעל לטווח האופטימאלי לנביטה (2).

ב. מה הוא המדד שקובע מהי הטמפרטורה האופטימלית לנביטה של זרעים?

הטמפרטורה האופטימאלית לנביטת זרעים היא הטמפרטורה שבה ינוט מספר הזרעים הגדול ביותר בזמן הקצר ביותר (2, 3).

ג. מהי הטמפרטורה האופטימלית לנביטה של זרעים?

לכל מין טמפרטורה אופטימאלית לנביטת הזרעים האופיינית לו (3). באזורים קרים וכן גם לגבי מינים שניבטת מתרחשת בחורף, תחום הטמפרטורה האופטימאלי נמוך מזה של מינים שהזרעים שלהם נובטים באזורים חמים או באביב (3). לדוגמה, באזור שלנו לרוב הזרעים דרושה טמפרטורה של 20°C - 30°C (1).

ד. מהי ההשפעה של הטמפרטורה על נביטת הזרעים?

הטמפרטורה משפיעה על קצב הנביטה ועל שיעור הנביטה (מספר הזרעים הנובטים). במילים אחרות, היא משפיעה על קצב גדילת העובר ועל וויסות תהליכים המתרחשים במהלך הנביטה (1). ההסבר לכך נובע מההשפעה של הטמפרטורה על פעילות האנזימים המעורבים בנביטה. לאנזימים של אורגניזמים שונים טמפרטורה

אופטימאלית לפעילות אופיינית להם (3). לכן, בטמפרטורה זו כל התהליכים המטבוליים יתרחשו בקצב המהיר ביותר, גדילה הצובר תהיה מזרזת והזרע ינבט (השרשון יפרוץ דרך הקליפה) מהר יותר.

ה. ציין היבט נוסף של השפעת הטמפרטורה על נביטת הזרעים.

שינויי טמפרטורה בין היום ללילה, בתחום של 10°C , מזרזים נביטה של רוב הזרעים.
(1)

ו. באיזו דרך יכול האדם לשנות את עיתוי הנביטה של זרעים המותאמים לנביטה בטמפרטורה מסוימת?

ישנם זרעים של צמחים המשמשים לחקלאות הנובטים בחורף. על ידי טיפול מיוחד בקור בטרם זריעה ניתן לקבל נביטה, גדילה והבשלת זרעים של צמחים אלה גם בקיץ (2).

5. מחק את השאלות, עבור על הפסקה הכתובה, קשור בין תת הפסקאות במידת הצורך וצור, בצורה זו, פסקה המשלבת את המידע על השפעת הטמפרטורה על נביטת זרעים ממקורות מידע שונים והכתובה במילים שלך. סמן בצבע אחר את השינויים שבצעת בטקסט שלך.

הזרע היבש צמיד בפני טמפרטורות קיצוניות ביותר (2, 3) הן מתחת והן מעל לטווח האופטימאלי לנביטה (2). הטמפרטורה האופטימאלית לנביטת זרעים היא הטמפרטורה שבה ינבט מספר הזרעים הגדול ביותר בטווח הקצר ביותר (2, 3). לכל מין טמפרטורה אופטימאלית לנביטת הזרעים האופיינית לו (3). באזורים קרים וכן גם לאבי מינים שניטתם מתרחשת בחורף, תחום הטמפרטורה האופטימאלי נמוך מזה של מינים שהזרעים שלהם נובטים באזורים חמים או באביה (3). לדוגמה, באזור שלנו לרוב הזרעים דרושה טמפרטורה של 20°C - 30°C (1).

הטמפרטורה משפיעה על קצב גדילת הצובר ועל וויסות תהליכים המתרחשים במהלך הנביטה ועל ידי כך על קצב הנביטה ועל שיצור הנביטה (מספר הזרעים הנובטים) (1). ההסבר לכך נובע מההשפעה של הטמפרטורה על פעילות האנזימים המצורבים בתהליך. לאנזימים של אורגניזמים שונים טמפרטורה אופטימאלית לפעילות אופיינית להם (3). לכן, בטמפרטורה זו כל התהליכים המטבוליים יתרחשו בקצב המהיר ביותר, גדילת הצובר תהיה מזרזת והזרע ינבט (השרשון יפרוץ דרך הקליפה) מהר יותר. בנוסף נמצא ששינויי טמפרטורה בין היום ללילה, בתחום של 10°C , מזרזים נביטה של רוב הזרעים. (1)

האדם יכול לנצל את הידע על השפעת הטמפרטורה על נביטת הזרעים שבהם הוא מצוניין: ישנם זרעים של צמחים המשמשים לחקלאות הנובטים בחורף. על ידי טיפול מיוחד בקור בטרם זריעה ניתן לקבל נביטה, גדילה והבשלת זרעים של צמחים אלה גם בקיץ (2).

מדריך מקוצר לכתיבה מדעית

חלקי המאמר	תפקיד	מבנה	מאפיינים
כותרת	כותרת נועדה להביא את התוצאה העיקרית של המחקר ואת "שמות השחקנים" העיקריים האחראים לתוצאה	לרוב בנויה ממשפט יחיד	
מבוא	מציג את נקודת המוצא למחקר, רקע עיוני הכולל מושגים ותהליכים רלוונטיים למחקר, מידע רלוונטי לניסוי על האורגניזם. תוצאות של מחקרים שנעשו בעבר בתחום. השערות והבסיס המדעי להשערות. הצגת שאלת המחקר	מהכלל אל הפרט: 1. נקודת המוצא למחקר 2. סקירת ספרות ורקע עיוני 3. שאלת המחקר	- מכיל מידע ממקורות שונים - כתוב ברצף - מתחיל ממידע כללי וממשיך למידע ספציפי - בסופו מוצגת שאלת המחקר
שיטות	מאפשר לקורא להבין כיצד נערכו הניסויים, לחזור על ביצוע הניסויים או להשתמש בשיטות העבודה בניסויים אחרים, ולהעריך את מהימנות התוצאות	1. תיאור האורגניזם הנחקר 2. מערך המחקר, כולל חומרים ושיטות, בקורות, חזרות והגדרת המשתנים 3. מהלך המחקר	- מידע מפורט על חומרים ושיטות - מידע מפורט על מהלך המחקר
תוצאות	נועד לדווח על תוצאות המחקר כפי שעובדו	תוצאות המוצגות בצורה גרפית ותיאור מילולי שלהן.	- תוצאות מעובדות המוצגות בדרכים מתאימות: טבלאות, גרפים, איורים, תמונות ותיאור מילולי של התוצאות - לרוב מכיל דיווח ענייני ללא פירוש
דיון ומסקנות	תפקידם לקשר בין חלקי העבודה ולסכם את העבודה להציע הסבר לתוצאות שהתקבלו ולקשר אותן לתוצאות של מחקרים קודמים להצביע על מגבלות המחקר להציע שאלות מחקר חדשות שמתעוררות מתוצאות המחקר הנוכחי	מהפרט אל הכלל: 1. חזרה על שאלת המחקר, השערה ותוצאות עיקריות 2. מסקנה 3. הסבר התוצאות, תוך התייחסות לתוצאות הסותרות את הידוע מהספרות 4. בחינת הניסוי בעין ביקורתית 5. שאלת המשך	- כתובים ברצף - מתחיל ממידע ספציפי למאמר וממשיך למידע כללי - מכיל פירושים של התוצאות כפי שהחוקרים שבצעו את המחקר מבינים אותן. - מכיל הסברים לסתירות אפשריות עם תוצאות של מחקרים קודמים או תמיכות לתוצאות שהתקבלו ממחקרים אחרים