

לקט עבודות ביוחקר של תלמידי ביולוגיה

תוכן עניינים

דברי פתיחה- גב' רות מנדלוביץ, מפמ"ר ביולוגיה	3
הוראה ולמידה בדרך החקר- דר' מיכל ציון, אוניברסיטת בר אילן	5
השפעת מחטי אורן ירושלים על נביטת זרעי חיטה	19
הקשר בין שהיית דפניה בריכוזים שונים של קפה שחור על קצב פעימות ליבה	30
השפעת דישון על עדשת מים זעירה	38
השפעת שמן אתרי של רוזמרין על התפתחות זרעי חיטה	45
על הדבש ועל העוקץ- הקשר בין ריכוזי דבש שיזף לבין התפתחות חיידקי E. coli	52
השפעת ריכוזים שונים של חומצה אסקורבית על עיכוב השחמת מיץ תפוחים (ערבית)	60
הקשר בין מיצוי טיון ואחוז נביטת זרעי עדשים (ערבית)	68

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הביולוגיה

".....המדע אינו אוסף ידיעות, אלא תהליך יצירת הידע. במקום שקיימות רק ידיעות ואין תהליך של יצירת הידע, שם אין מדע..."

מתוך: קציר, א. (1988) יסודות דרכי החשיבה המדעית, לדעת י"ח 6

מורים יקרים

לקט עבודות ביוחקר של תלמידי ביולוגיה מוגש לכם בהוקרה על עבודתכם המסורה. בלקט כלולות עבודות בשפה העברית ובשפה הערבית.

בהוראת הביולוגיה ניתן דגש על פיתוח גישה רציונלית, שיקול דעת וחשיבה ביקורתית, וכן על הבנת הדרך בה מגיעים למסקנות, על בסיס ניתוח נתונים. שיאה של הלמידה הוא בביצוע עבודת חקר ובכתיבתה.

בעבודות החקר (ביוחקר) התלמידים בוחרים נושא, ממקדים שאלה, בונים מערך חקר, מעמידים ניסוי אוספים נתונים, מעבדים אותם, וכותבים עבודה בפורמט הדומה לכתיבה מדעית. לאורך התהליך משמש המורה מנחה לתלמידים ומלווה אותם באופן צמוד.

פרסום העבודות נועד להציג למורים דוגמאות לנושאי חקר מגוונים, לשיטות עבודה, לטיפול בתוצאות ולדרך כתיבה מתאימה. זו גם הזדמנות "לגאווות יחידה".

נציין כאן מספר שיקולים שהנחנו אותנו בבחירת העבודות לחוברת:

- היכולת לבצע את הניסויים בכל בית ספר. לא נכללו עבודות שמצריכות ציוד או תנאי ניסוי מיוחדים.
- נושאים מגוונים.
- כתיבה באיכות ראויה ובסיס ביולוגי איתן.
- כתיבה לפי הכללים ומבנה עבודה כנדרש.
- זמינות העבודות- נבחרו עבודות מתוך אלה שנשלחו אלינו לבקרה בתום שנה"ל תשע"א.

מאחר שלרוב התלמידים זו התנסות ראשונה בכתיבת עבודת חקר בהיקף זה, בקשנו את רשות המורים והתלמידים להתערב בנקודות מועטות בעבודה. לא התערבנו במרכיבים המהותיים של העבודה כמו הבסיס הביולוגי, תיאור השיטות, תוצאות, מסקנות וכו'. לרוב נשמרה השפה המקורית של התלמידים.

- במקרים מסוימים שינינו ניסוחים לא ברורים, שפה לא תקינה וטעויות כתיב.
- תיקנו אי דיוקים ביולוגיים.
- שינינו ואיחדנו את העיצוב.
- לא כללנו את הנספחים המקוריים וחלק מהתמונות.

לכל עבודה הוספו מספר הערות שנכתבו במסגרת נפרדת. ההערות נועדו להפניית תשומת לב ו/או להעשרה. במקרים מסוימים החלטנו לא להתערב או להעיר.

בעיות המשותפות למספר עבודות עליהן לא הערנו בעבודות עצמן:

- הפנייה למקורות קיימת בפרק המבוא וחסרה בדיון.
- לא כל מקורות המידע נכתבו לפי הכללים המקובלים.
- לא כל מקורות המידע היו מהימנים.

תודות

לתלמידים ולמורים שהסכימו לשתף אותנו בפרי עמלם.

לאוניברסיטת בר אילן, בית הספר לחינוך, המרכז לפיתוח ותמיכה במעבדות הביולוגיה שתמכו בנו וסייעו בהפקת החוברת. תודה מיוחדת לד"ר מיכל ציון, ראש אקדמי של המרכז, ראש המגמה להוראת המדעים, ראש המסלול להכשרת מורים לביולוגיה, על התמיכה ועל המאמץ המלומד, ולד"ר אסתי שדלצקי, מנהלת המרכז.

לצוות מנחים לביולוגיה: אורה הירש, מאג'ד יאסין, מאשה צאוש, יעל להמן, שושי פולטין, יעלה בוסתן, נילי גילוני, ציפי הופמן, אסתי ברזילי, רות אברהם, גלית כארדי. תודה מיוחדת לדבורה שפירא על ריכוז החוברת ועל העבודה האין סופית.

קריאה פורייה

רותי מנדלוביץ-מפמ"ר ביולוגיה

הוראה ולמידה בדרך החקר - אתגר דינמי

ד"ר מיכל ציון¹

העידן הנכחי של החינוך המדעי מתאפיין בשתי תמות חינוכיות המתוות את דרכו: **התאוריה הקונסטרוקטיביסטית, ואוריינות מדעית.**

1.1 התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית התפתחה בסוף המאה העשרים. תאוריה זו מסבירה כי הלמידה מתבצעת תוך כדי תהליך של עשייה, בדרך של הבניית ידע ומיומנויות, על ידי קישור ידע קיים לידע ומיומנויות חדשים. הלומד פעיל ומגלה אחריות בתהליך הלמידה. תהליך הלמידה הקונסטרוקטיביסטי מתבסס על אינטראקציה (דו שיח והחלפת דעות) בין הלומד לבין הסביבה (מורה ועמיתים). התלמיד רוכש ידע כאשר הוא מתמודד עם בעיה או מתכנן דבר חדש. תהליך הלמידה מתרחש במצב של חוסר ודאות או דיסוננס קוגניטיבי.

על פי הגישה הקונסטרוקטיביסטית, תהליך הלמידה כולל שלושה חלקים עיקריים: קוגניטיבי, רגשי ומטה-קוגניטיבי.

- **הרכיב הקוגניטיבי** כולל למשל: מציאת ויצירת קשרים בין ידע קודם וידע חדש, יישום הידע וסיכום הידע החדש. נעשית לעתים אבחנה בין סוגים שונים של ידע: עובדות, מבנים, פרוצדורות, מושגים, עקרונות, שיטות, ויחסים. אבחנה חשובה נוספת היא בין ידע דקלרטיבי (לדעת מה) וידע פרוצדורלי (לדעת איך).
- **הרכיב הרגשי** כולל למשל: מציאת אתגרים; ביטחון עצמי; גאווה בתוצאות; פיתוח מערכת יעילה של גישות וערכים; הפקת הנאה מתהליך הלמידה; גיוס מוטיבציה עצמית ללמידת נושא חדש מאתגר.
- **הרכיב המטה-קוגניטיבי** כולל אלמנטים של בקרה על הקוגניציה: תכנון, ניהול תהליך, איתור ותיקון שגיאות, ניטור, והערכת תהליך הלמידה.

1.2 אוריינות מדעית

איגוד המדינות המתועשות סבור כי על מנת להתמודד בהצלחה עם אתגרי המאה ה-21, אדם חייב להיות "בר-אורין" בנושאי מדע (בנוסף על אוריינות קריאה ומתמטיקה). ההגדרה אינה מחייבת את הבוגר של המחר בשליטה מעמיקה בנושאי מדע, אולם הוא צריך להיות מסוגל להפעיל שיקול דעת הנובע מחשיבה מדעית, המתייחסת לראיות ונתונים, בהם הוא נתקל בחיי יומיום, ובמהלך עיסוקיו. מכאן שאוריינות מדעית כוללת:

- ידע מדעי ושימוש בידע זה כדי לזהות שאלות, לרכוש ידע חדש, להסביר תופעה מדעית, להסיק מסקנות המבוססות על ראיות בהתייחס לנושאים הקשורים למדע.
- הבנה של התכונות האופייניות למדע כדרך ידיעה וחקר של בני אנוש.
- מודעות לאופן בו מדע וטכנולוגיה מעצבים את הסביבות החומריות, האינטלקטואליות והתרבותיות.
- נכונות להיות מעורבים כאזרחים רפלקטיביים בנושאים וברעיונות הקשורים למדע.

ההוראה בדרך החקר קשורה באופן ישיר לשתי תמות מרכזיות אלו, ולכן מהווה ציר מרכזי בהוראת המדעים מזה עשרות שנים. במאמר זה אסקור את המרכיבים המגוונים של מערך ההוראה בדרך החקר. אציג את דרך קישורם של המרכיבים ללמידה קונסטרוקטיביסטית ולאוריינות מדעית ואציין את האתגרים העומדים בפני אנשי החינוך. תחום הדעת שילווה מאמר זה הוא תחום הביולוגיה משום

¹ ראש אקדמי של המרכז לפיתוח ותמיכה במעבדות בתי הספר, ראש המגמה להוראת המדעים, ראש המסלול להכשרת מורים לביולוגיה, ביה"ס לחינוך, אוניברסיטת בר אילן.

היותו חלוץ בתחום ההוראה בדרך החקר ברמה העולמית וברמה הישראלית (דריפוס, 2007; לזרוביץ ולזרוביץ, 2007; תמיר, 2007).

1. חקר, מהות המדע, והשיטה המדעית

המונח חקר נטבע על ידי דיואי. דיואי טען כי תהליך החקר הוא תהליך של מחקר בסיטואציה לימודית. דיואי טען כי בתהליך החקר, הבלתי ידוע הופך באופן מבוקר ומכוון לשלמות אחידה וברורה על ידי ארבעה שלבים: תחושת בעיה, הגדרת בעיה, חיפוש פתרון ומציאת פתרון. תמיר (2007) מפרט בסקירתו לעומק את התפתחות מושג החקר בחינוך המדעי. בסקירה זו ניתן מקום של כבוד לשוואב, אשר בניגוד לדיואי טען כי בהוראה בדרך החקר יש לכלול בנוסף את הספקות והאי שלמות, ואת השתנותם הדינמית של המחקר והידע המדעי. לדעתו של שוואב יש לפתח אצל התלמיד את תפיסת המדע כחקר על ידי ביצוע של תהליך חקר באופן מעשי וכן על ידי ניתוח של מחקרים מקוריים. ניתן לסכם את מעלותיה של למידה בדרך החקר ברוח שוואב על פי הנקודות הבאות:

- הלמידה מאפשרת לתלמיד להתנסות בחיפוש והגדרת בעיה
 - הלמידה מאפשרת לתלמיד להתמודד עם תהליך החקר: שאילת שאלה, תכנון דרך פתרון, איסוף נתונים ועיבודם, והסקת מסקנות.
 - פיתוח עמדות חיוביות כלפי המדע
 - ביטוי של סקרנות, יצירתיות ומקוריות.
 - הבנה של מהות המדע.
- לפי לדרמן וחובריו (Lederman et al., 2002), ישנם כמה מאפיינים של מהות המדע שיש להדגיש בחינוך מדעי:

- ידע מדעי הוא אמין וגם וארעי/דינמי.
 - לא קיימת שיטה מדעית אחת ויחידה, אבל יש מאפיינים משותפים לגישות מדעיות למדע, כמו הסברים מדעיים הנתמכים על ידי עדות אמפירית, וניתנים לבדיקה בעולם הטבעי.
 - יש להבחין בין תופעות בטבע ובין מסקנות מדעיות המסבירות אותן.
 - ליצירתיות תפקיד בהתפתחות של ידע מדעי.
 - יש מערכת יחסים בין תאוריות וחוקים.
 - אף על פי שמדע אמור להיות אובייקטיבי, יש תמיד אלמנט של סובייקטיביות בהתפתחות של ידע מדעי. זאת משום שידע מדעי הוא תוצר של פעילות חשיבתית ופעילות טכנית של האדם.
 - לחברה ולהקשרים תרבותיים יש תפקיד בהתפתחות של ידע והבנה מדעיים.
- דריבר וחובריו (Driver et al., 1996), ציינו ותיארו חמישה יתרונות אפשריים לתלמידים אשר מגלים הבנה של מהות המדע: (1) הבנת תהליך המחקר המדעי (2) קבלת החלטות מושכלות בנושאים של מדע וחברה (3) הערכת מדע כאלמנט מרכזי של תרבות מודרנית (4) מודעותה של הקהילה המדעית לנומרות (5) לימוד מעמיק של תכנים מדעיים. מאות מחקרים חינוכיים מנסים למצוא דרכי הוראת חקר, אשר יגבירו את הבנת מהות המדע אצל מורים, ותלמידים. האתגר עוד רב. אתייחס לכך לקראת סוף המאמר.

השיטה המדעית היא שם כולל לטכניקות המשמשות לחקר תופעות, צבירת ידע חדש, או תיקון ושילוב של ידע קודם. כיווני החשיבה המאפשרים להכריע בין רעיונות ותפישות שונות כוללים, אמצעים ושיטות מדידה וגם כלים מחשבתיים של היקש לוגי. הלוגיקנים מאריסטו ועד ימינו עוסקים עדיין באותו נושא, כלומר בחקר תקפותם של כיווני החשיבה. כיווני החשיבה, בעיקרם, מתחלקים לדדוקטיביים ואינדוקטיביים. דדוקציה היא הסקת מסקנות מן הכלל אל הפרט. זאת בניגוד לאינדוקציה בה המסקנות מתקבלות מן הפרט אל הכלל.

דדוקציה – הסבר מהכלל אל הפרט. הסקה הנגזרת מתיאוריה, מהתיאוריה גוזרים טענות ספציפיות – השערות. בהמשך יבחנו השערות אלו על ידי תצפיות מבוקרות או ניסויים, ואז מקבלים מסקנה לגבי אישוש/הפרכת ההשערה. בדדוקציה נובעות המסקנות בהכרח מהנחות היסוד של הטיעון. באופן כללי ניתן לומר שבדדוקציה משתמשים בהנחות יסוד ועקרונות כלליים על מנת לגזור מהם

מסקנות פרטיות. חקר דדוקטיבי כולל עיסוק במשתנה בלתי תלוי ומשתנה תלוי, בקשרים ביניהם או בהשפעה של המשתנה הבלתי תלוי על התלוי.

אינדוקציה – הסקה מן הפרט אל הכלל. מתוך מספר תצפיות מנסחים טענה כללית הנוגעת לרוב רובם של המקרים. חשוב לזכור שההסקה האינדוקטיבית היא ברמת בטחון מסוימת ולא מוחלטת, שכן היא נגזרת ממספר סופי של תצפיות. החוקר האינדוקטיבי מנסה לראות תבניות ודגמים. חקר אינדוקטיבי מתמקד בשאלות אפיון.

בתהליך חקר יכולים להתבצע שני כיווני החשיבה. פעמים רבות מהווה כיוון החשיבה האינדוקטיבי ומסקנותיו, בסיס לכיוון החשיבה הדדוקטיבי.

2. טיפוסים הוראה אודות חקר ובדרך החקר

אפשר להבין את המונח חקר בשני אופנים: תהליך למידה והוראה שבו המדע מוצג כתהליך חקר (אודות החקר), או התנסות מעשית בתהליך חקר (דרך החקר).

2.1 אודות החקר- הצגת המדע כתהליך חקר יכולה להתבצע בשלושה אופנים:

- במהלך לימוד נושא מסוים, נעזרים **בניסויי מפתח מההיסטוריה של המדע**. המורים והתלמידים דנים בבעיות שנחקרו, בניסויים שבוצעו, בתוצאות שהתקבלו, במסקנות שניתן להסיק מהתוצאות ובהפיכתן לידע מדעי. בהוראת הביולוגיה משולבות דוגמאות שכאלו בספרי הלימוד וכן מוצגות כקטעי אנימיישן.
- בעזרת **'הזמנה לחקר'** מוצגים לתלמידים מחקרים ממשיים שנעשו, והתלמידים משתתפים באופן פעיל בזיהוי והגדרת הבעיה, בניסוח ההשערות, בתכנון הניסוי, בניתוח הנתונים והסקת המסקנות.
- הוראה באמצעות **"ספרות ראשונית מעובדת"**. שיטה זו פותחה על ידי ענת ירדן, גילת בריל והדה פאלק (2001). השיטה מתבססת על מאמרים שתורגמו מתוך הספרות המקצועית, המציגים מחקרים מהבולטים והמשמעותיים שבוצעו בתחום. עיבוד המאמרים מקל את הבנתם על ידי התלמידים, מבלי לפגום במבנה ובשפת הדיווח האופייניים למאמרי מחקר. מאמרי המחקר הם כלי הדיווח הראשוני והבלתי אמצעי של העשייה המדעית. הם משמשים את החוקרים לפרסום תוצאות של מחקריהם, ומאופיינים על ידי מבנה לוגי קבוע המשחזר, לכאורה, את רצף השלבים של 'השיטה המדעית'. השימוש בספרות ראשונית מעובדת מעודד אינטגרציה של ידע, אינטגרציה של חשיבה הנעשית בשלבים שונים של תהליך החקר, מפתח אוריינות מדעית, ועוזר לתלמידים לתפוס את טיבו של המדע (Baram-Tsabari & Yarden, 2005; Brill, Falk, & Yarden, 2004; Yarden, Brill, & Falk, 2001).

2.2 התנסות מעשית בתהליך חקר

לימוד מבוסס חקר יכול להקיף טווח רחב של גישות הנעות ברצף בין חקר מובנה וחקר פתוח (NRC, 1996, 2000). המפתח לחלוקה של רמות אלו נעוץ במידת העצמאות של התלמיד, באופי ההנחיה/הוראה של המורה ובזיהוי של שואל שאלת החקר.

חקר מובנה (Structured inquiry), שבו מתבצעת הדרכה מלאה של התלמיד בכל שלב ושלב, בדרך לגילוי ידוע מראש. יש המדמים את מהלך החקר לעבודה על-פי 'ספר מתכונים' עד שמתקבלת התוצאה הרצויה. בתהליך זה מוצג הניסוי כמאשר של תיאוריה במקום כאמצעי לפיתוח מודלים. גישת הוראה זו מובילה תלמידים לתפיסת המדע כאוסף של עובדות ועקרונות, במקום ישות שיש לבחון באופן ביקורתי.

חקר מונחה (Guided inquiry), שבו המורה מסייע לתלמיד בתהליך החקר. המורה בוחר בשאלת החקר שתוצאותיה אינן ברורות מראש. המורה מנסה השערה על בסיס תאוריה אשר ניתנת לאישוש או להפרכה. אין במקרה זה תוצאה רצויה מראש. המורה נותן הנחיות עבודה לביצוע הניסוי או

התצפית. התלמיד מגלה עצמאות המלווה בהכוונת המורה בשלב עיבוד הנתונים ובשלב בהסקת המסקנות.

חקר משולב (Coupled inquiry), מהווה דרגת ביניים שבין החקר המונחה והפתוח. המורה נותנת לתלמיד לבחור את שאלת החקר ודרך העבודה מתוך מאגר מוכן מראש של שאלות ושיטות עבודה.

חקר פתוח (Open inquiry) הינו תהליך חקר בו התלמיד נמצא במרכז הלמידה. זהו תהליך לימודי מבוסס חקר, שהינו המורכב ביותר. בתהליך זה, מספק המורה את מסגרת הידע בלבד, ומאפשר לתלמידים לבחור מגוון רחב של שאלות חקר וגישות על פי בחירתם. התלמיד שואל את שאלת החקר והוא מחליט על דרכי החקר, עד לסיום התהליך. למעשה, כאן חווה התלמיד עבודת חקר ממשית. עצם העלאת שאלת החקר באופן עצמאי, הוא המפתח לחקר הפתוח. זוהי רמת החקר שבה רמת האי ודאות היא הגבוהה ביותר. המורה מלווה את התלמיד בכל השלבים ומסייע לתלמיד בקבלת ההחלטות הקשורות לשלבי החקר השונים.

לתוכנית הבידוע יש רציונל של תהליך חקר פתוח. מחקר פעולה שהתבצע על תכנית הבידוע אפיין כי תהליך חקר פתוח ודינמי מאופיין על ידי 4 קריטריונים (Zion et al., 2004):

- שינויים המתרחשים במהלך החקר – ממצאים נוספים מהספרות, תנאי השטח או תשובה לשאלת החקר, משנים את כיוון החשיבה ואת מהלך החקר; רעיונות יצירתיים חדשים המועלים משנים את שאלת החקר; בעיות טכניות דורשות הצעות מעשיות ורעיונות יצירתיים, המשנים את מהלך החקר.
- למידה תהליכית – חיפוש ואיסוף מידע מתרחשים לכל אורך תהליך החקר; תכנון הליך החקר מותאם לשאלות החקר; מתבצע תיעוד מהלך תהליך החקר.
- הבנה פרוצדוראלית – בתהליך החקר מושם דגש על הבנה של: בקרת משתנים, חזרות, ושימוש בסטטיסטיקה; שימוש בפרוצדורות ניסיוניות שונות לאותה שאלת חקר. הבנות אלה מדגישות אלמנטים המעודדים את הבנת הגישה המדעית.
- מעורבות רגשית – סקרנות, אכזבות, הפתעות, גילוי יוזמה של התלמיד וגם של המורה, התמדה והתעקשות, התמודדות עם תוצאות בלתי צפויות.

מאפיינים אילו של החקר הדינמי נמצאים בהתאמה עם המאפיינים של מהות מדע. שני המאפיינים הראשונים של החקר הדינמי מתאימים למאפיין של ארעיות הידע המדעי, המאפיין השלישי נמצא בהתאמה לרעיון שידע מדעי הוא אמפירי. המאפיינים הראשון והרביעי נמצאים בהתאמה לרעיון שידע מדעי הוא בחלקו תוצר של דמיון ויצירתיות אנושית.

שדה (2008) בדקה חמישה סוגי ידע העשויים להתפתח תוך כדי למידת חקר. ידע דקלרטיבי המתייחס לתחום התוכן, לרוב באופן מילולי. ידע זה ניתן להעברה באמצעות סמלים (מילים, מספרים) בדרך של קריאה, הרצאה, דיון וכדומה; ידע פרוצדורלי המתייחס לסדר פעולות שיש לבצע; ידע קונספטואלי המתייחס ליכולת להתמודד עם סכמות וחלוקה לקטגוריות; ידע אנלוגי מתייחס להתנסויות בעבר מהן ניתן ללמוד לגבי ההווה והעתיד; ידע לוגי המתייחס להבנת קשרים, סיבות ותוצאות ופתרון בעיות (Farnham-Diggory, 1994). שדה (2008) מצאה כי תלמידים הלומדים בשיטות החקר המונחה והפתוח משפרים את רמת הידע שלהם בכל סוגי הידע. לגבי הידע הפרוצדורלי והידע הלוגי השיפור אצל תלמידי החקר הפתוח היה גבוה יותר באופן מובהק לעומת השיפור אצל תלמידי החקר המונחה. כמו כן מצאו שדה וציון (נשלח לדפוס) כי תלמידי החקר הפתוח חשו סיפוק רב יותר מתהליך החקר שהם עברו. יורדן וחובריה מצאו כי תלמידים שבצעו חקר פתוח היו יצירתיים יותר, השקיעו זמן רב יותר בדיונים ובשיפוצים תוך כדי התהליך, ובמיוחד מעניין, היו ממוקדים במשימה ולא התפזרו במחשבה לכיוונים שאינם רלוונטיים (Jordan et al., 2011).

3. מיומנויות חקר

תמיר (2007) מפרט רשימה של מיומנויות אותן ניתן לפתח כאשר לומדים מדע בדרך החקר. כמו למשל: זיהוי וניסוח בעיה, ניסוח השערה, תכנון וביצוע ניסוי, סינתזה של הידע שנאסף בחקירה. כמו

כן, מפרט תמיר תכונות ועמדות אופייניות העשויות להתפתח בעת למידה בדרך החקר: סקרנות, פתיחות, מציאותיות, נכונות להסתכן, אובייקטיביות, דיוק ודייקנות, יחס של כבוד לתיאוריות ומודלים, אחריות, שיתוף פעולה בין חברי צוות.

לאחר אפיון תהליך החקר הדינמי נוספו מיומנויות של חקר דינמי לרשימת המיומנויות הניתנות לבדיקה. שדה וציון (2009) בנו אינדקס לכימות ביצועי חקר דינמי של תלמידים. בעזרת האינדקס הושוו ביצועי חקר דינמי בין תלמידים שבצעו חקר מונחה לתלמידים שבצעו חקר פתוח. נמצא כי תלמידי החקר הפתוח הראו רמות גבוהות יותר, באופן מובהק של שניים מארבעת הקריטריונים: שינויים המתרחשים במהלך החקר והבנה פרוצדוראלית של התהליך. בשני הקריטריונים האחרים, למידה תהליכית והיבטים אפקטיביים לא היה הבדל מובהק בין הקבוצות. מכאן ניתן להסיק כי, בכדי שהתלמיד יבין טוב יותר את האופי הדינמי והמהימנות של תהליך החקר יש יתרון לחקר פתוח. מחקרן של שדה וציון הציע כי יש לשפר את הבנת התלמידים לגבי תהליך החקר שהם עוברים על ידי פיתוח מודעות מטה-קוגניטיבית לאורך תהליך החקר (Sadeh & Zion, 2009).

3.1 שאלת שאלה

מאחר ובלב תהליך החקר מצויה מיומנות שאלת שאלות, חשוב מאד לפתח מיומנות זו אצל תלמידים (Main & Eggen, 1991; MacKenzie, 2001). Van Zee ו- Minstrell (2000) טענו כי "תלמידים צריכים לדעת לשאול שאלות על תופעה, ולדון בה. תהליך חקר גורם למוטיבציה אצל תלמידים כאשר הוא מאתגר אותם, והתלמיד צריך לקחת סיכון מחשבתי כדי להתמודד איתו" (עמוד 472). הוצעו שני סוגי קישורים לוגים בין שאלות

המודל העוקב דורש מהתלמידים לשאול שאלת חקר אחת בתחילת תהליך החקר. בהסתמך על התוצאות המתקבלות משאלת החקר הראשונה תשאֵל השאלה השנייה. בהמשך, על בסיס תוצאות השאלה השנייה תשאֵל השאלה השלישית וכך הלאה. מודל נוסף הוא **המודל המקביל**. על פי המודל המקביל שואל התלמיד את שאלות החקר בתחילת תהליך החקר. התוצאות שיתקבלו מכל אחת משהשאלות המקבילות, יתמכו מדעית זו בזו. ניתן כמובן לשלב בין שני המודלים, בהתאם למספר שאלות החקר הנשאלות בתהליך החקר. הרעיון שהקשר הלוגי בין שאלות המחקר מהווה את השלד שסביבו נבנה מערך החקר שם דגש על חשיבות שאלת השאלות, חשיבות החשיבה הלוגית, ומתן מקום של כבוד לסקרנות שמביאה לשאלת השאלה. רופ (2003) טוען כי "תשומת לב צריכה להינתן לתלמידים שהם מקור הסקרנות ולסקרנות שמניעה שאלת שאלות" (Rop, 2003, p. 17). אבל כמו שרופ (2003) הדגיש: "מבחן טוב לתוכנית לימודים מודרנית הוא האם תלמידים מבינים כיצד ידע גדל מתוך שאלת שאלות.....המבחן האמיתי הוא לפתח רוח של סקרנות מחשבתית וחשיבת חקר התומכת בה" (Rop, 2003, p.32).

ציון ושדה מצאו כי תלמידים סקרנים מטבעם בנו מערך מחקר עם קשר עוקב בין השאלות, או קשר עוקב בתחילת תהליך החקר ואחריו קשר מקביל. תלמידים סקרנים פחות מתחילים את תהליך החקר שלהם עם קשר לוגי מקביל בין שאלות החקר (Zion & Sadeh, 2007).

4.2 סוגי הסברים

במהלך תהליך חקר יש צורך לתת הסברים לתופעות הן באופן כמותי והן באופן איכותי. ההסברים גם אמורים להתבסס על טיעונים לוגיים וחשיבה לוגית. הסבר מדעי צריך לכלול עדויות, נימוקים, טיעונים, קשר בין סיבה לתוצאה, קשר בין המשתנים הנחקרים, וכמובן הבנה של הרעיונות המרכזיים בביוֹלוגיה, והתכנים הביוֹלוגיים הקשורים לנושא הנחקר.

דריבר (Driver et al., 1996) דברה על שלוש צורות חשיבה במתן הסבר: חשיבה מבוססת על תופעה שהיא הפשוטה יותר, חשיבה מבוססת קשרים, וחשיבה מבוססת מודל, שהיא המורכבת ביותר.

בהסבר המתבסס על חשיבה מבוססת תופעה מתבצע תיאור של התופעה. האבחנה בין תיאור התופעה ובין הסבר התופעה לא תמיד ברורה.

הסבר המבוסס על קשרים כולל קשרים סיבתיים, קשרים בין מרכיבים של תופעה ובין משתנים שונים אפשריים, שאותם בחר החוקר לחקור.

בחשיבה המבוססת על מודל, ההסבר מתבסס על תהליך חשיבה דדוקטיבי, אשר בבסיסו מצויה תיאוריה.

למרות שרמת המורכבות שונה בין צורות ההסבר הללו ויש היררכיה ביניהן, על פי דריבר, יש חשיבות לכל אחת מצורות ההסבר. פקר וואלך (2011) מצאו כי תלמידי ביולוגיה בכתה י' נוטים בדרך כלל לתת הסברים הכוללים חשיבה מבוססת תופעה, והסבר מבוסס על הקשרים, אך לא הסבר מבוסס על תיאוריה, ועל חשיבה דדוקטיבית (Peker, D. & Wallace, 2011).

4. מטה-קוגניציה וחקר

מטה-קוגניציה מתייחסת לידע של האדם ולוויסות ולשליטה של האדם על התהליכים ועל התוצרים של המערכת הקוגניטיבית שלו עצמו (Flavell, 1976). המונח מודעות מטה-קוגניטיבית מציין את היכולת של הפרט להבין ולבקר את תהליכי הלמידה של עצמו (Schraw & Dennison, 1994). מודעות מטה-קוגניטיבית של אדם היא יכולתו של האדם להיות מודע לדרך בה הוא לומד, רוכש ידע, פותר בעיות, או מפעיל פעילות קוגניטיבית אחרת, והיכולת שלו לבקר ולנתב (control and monitor) את התהליכים הקוגניטיביים אותם הוא עצמו מפעיל. כל זאת, לרבות התייחסות לאסטרטגיות אותן מפעיל האדם בכל שלבי פתרון בעיות: לפני הפתרון (כגון: תכנון), בעת הפתרון, ובתום הפתרון בהתבוננות "אחורה" על הפתרון ותהליך הפתרון. קימת הסכמה רחבה בין חוקרים לגבי הבחנה בסיסית של המודעות המטה-קוגניטיבית לשני מרכיבים: ידע על הקוגניציה ובקרה על הקוגניציה (Flavell, 1976; Jacobs & Paris, 1987; Schraw & Dennison, 1994). הבקרה על הקוגניציה, הנדרשת לוויסות עצמי של תהליכי חשיבה ובקרה, כוללת את המיומנויות הבאות (על פי Schraw & Dennison, 1994):

- תכנון (הצבת מטרות ואיתור משאבים),
 - ניהול תהליך (רצפי פעולה, ארגון, מיקוד),
 - ניטור (הערכת פעילות תוך כדי תהליך),
 - ניפוי שגיאות,
 - והערכה מסכמת.
- הידע על הקוגניציה (על פי Schraw & Dennison, 1994) כולל שלושה מרכיבים:
- ידע דקלרטיבי ("מה"),
 - ידע פרוצדורלי ("איך"),
 - וידע מותנה ("מתי" ו"מדוע").

מחקרים העוסקים בקשר שבין מטה-קוגניציה להישגים לימודיים מראים באופן עקבי כי התוצאות הלימודיות משתפרות ככל שמתרחשים תהליכי חשיבה מטה-קוגניטיבים רבים יותר במהלך הלמידה. טענה זו נתמכת ע"י מחקרים בתחומי תוכן שונים, כולל לגבי מיומנויות חקר מדעי (Delcos & Harrington, 1991; Kaberman & Dori, 2009; Kramarski, Mevarech, & Arami, 2002; Saar & Dori, 2007; Schraw, Crippen & Hartle, 2006; White & Frederiksen, 1998; Zion, Michalsky, & Mevarech, 2005; Zohar, & Ben-David 2008; Zohar & Dori, 2012) חשיבות המודעות המטה-קוגניטיבית עולה ככל שתהליך החקר נעשה מורכב יותר אל עבר החקר הפתוח.

תכנון: ככל שהתלמיד נדרש לקחת חלק פעיל בשלבים שונים של תהליך החקר, ובמיוחד בשלב תכנון החקר, הרי הוא צריך להתמודד עם סוגיות של העמדת מערכת מחקרית. פעילות שכזו דורשת להציב מטרות, לאתר משאבים ולבחון את ההלימה ביניהם.

ניהול תהליך: ככל שהתלמיד הינו שותף בניהול תהליך החקר והוא מתפקד כלומד עצמאי, הרי הוא נדרש לשלוט באופן מטה-קוגניטיבי על ניהול התהליך ולשים לב אם דרכי הפעולה שהוא נוקט בהן מובילות אותו ליעד הרצוי.

ניטור: לאורך תהליך של חקר פתוח נדרש התלמיד לעצור בנקודות צומת חשובות, כמו למשל, בעת קבלת התוצאות ולחשוב: האם התוצאות מראות שהניסוי הצליח? האם הניסוי נמצא בהלימה

לשאלות החקר? האם טכניקת הניסוי מתאימה לבדיקת המשתנים או שיש לשנות אותה? האם לאור קבלת התוצאות של שאלת החקר הראשונה, יש לשנות כיוון או להמשיך בכיוון המתוכנן?.

ניפוי שגיאות: בתהליך חקר מונחה, משולב ובוודאי פתוח תוצאות החקר אין ידועות מראש לתלמיד וגם למורה. יחד עם זאת, לאחר קבלת התוצאות ובעת העמדת מערכת הניסוי, על התלמיד להתייחס בכובד ראש למהימנות התוצאות ולתקן את מערך החקר לפי הצורך. כמו כן, גם תהליך עיבוד התוצאות והצגתן דורש הגהה ותיקון שגיאות כדי לעמוד בסטנדרטים של הצגה מדעית.

הערכה: הערכה מסכמת של תהליך החקר דרושה כחלק מתהליך הפקת לקחים לקראת אתגר אחר איתו יתנסה התלמיד בעתיד.

באשר לרכיבים של הידע על הקוגניציה. רכיבים אלו חשובים מאד בכל שלבי החקר, זאת משום שללא ידע דקלרטיבי, פרוצדורלי ומותנה של התלמיד על התהליך שהוא עובר, הרי פעילותו של התלמיד תדמה לפעילות של בובה המבצעת הוראות. סביר להניח כי ללא ידע על הקוגניציה לא תוכל להתרחש בקרה על הקוגניציה.

מודעות מטה-קוגניטיבית דורשת שחזור של הפעולות ע"י הלומד. תיעוד תהליך החקר עשוי לסייע מאד לשיפור המודעות המטה-קוגניטיבית של התלמיד.

5. למידת עמיתים

תהליך חקר מדמה תהליך של מחקר מדעי. המתבונן ברשימת פרסי נובל בתחומי המדעים יכול להבחין כי בשנים האחרונות גדל נתח הזכייה של עמיתים ששיתפו פעולה ביניהם, כאשר כל אחד מהם הביא למחקר פורץ הדרך את תחום התמחותו וזווית ראייתו. גם בתחום הלמידה, יודעים אנשי חינוך כי ללמידת עמיתים יתרונות רבים. נמצא כי למידת עמיתים מעלה את הטווח הפוטנציאלי שיש לתלמיד ללמידה (Zone of proximal development) (Boyer & Roth, 2006).

למידת עמיתים מאפשרת קיומם של תהליכי בקרה וניטור בתוך הקבוצה בצורה לא מאיימת, המצמיחה את הלומד. במהלכה של למידת עמיתים מובעות דעות שונות, וכל תלמיד תורם לקבוצה את הידע שלו ויכולות החשיבה שלו. כתוצאה מכך נבנה ידע חדש באופן סינרגיסטי. במהלך למידת עמיתים עולים לדיון קונפליקטים ופתרונם, וכן באים לידי ביטוי תלמידים בעלי יכולות למידה שונות (חלשים וחזקים) (Rozenszayn & Assaraf, 2011).

על פי אסרף ורוזנשיין (Rozenszayn & Assaraf, 2011) ישנם מספר אלמנטים שצריכים לבוא לידי ביטוי במהלך למידת עמיתים העוסקים בחקר:

1. תלות הדדית בין חברי הקבוצה. כל אחד מחברי הקבוצה יודע כי הצלחת הקבוצה תלויה בכל אחד ואחד מחברי הקבוצה
2. אחריות של כל חברי הקבוצה להתגבר על קשיים ומכשולים
3. תרומה של כל אחד מחברי הקבוצה ליצירת ידע חדש שהוא תוצר ייחודי לקבוצה
4. חברי הקבוצה צריכים להביא לידי ביטוי כישורים חברתיים
5. יש להגדיר מראש את דרכי הפעולה החברתיות בתוך הקבוצה שיביאו להצלחת תהליך החקר.

מחקרים רבים הראו כי למידת עמיתים מקדמת מיומנויות חקר (Hofstein, Shore, & Kipnis, 2004; Wu & Hsieh, 2006). דיונים בתוך קבוצת העמיתים מאפשרים להבהיר דברים, ולהחזין תהליכי חשיבה. עובדה זו מקלה על תהליכי חשיבה מטה-קוגניטיבים. כמו כן, נמצא שלמידה שיתופית מגבירה את המוטיבציה והחשיבה הביקורתית של התלמידים (Smith, 2000), ומאפשרת לתלמידים לרכוש כישורים חברתיים וריגושיים (Sowell et al., 2007).

6. תרומת התקשוב

הקידמה המודרנית בתחום הטכנולוגיה הדיגיטלית והתפוצה הרחבה של שימוש במחשבים אישיים בבית ובבית הספר שינתה את סביבות הלמידה ודרכי הלמידה, ותרמה רבות לאופיין הקונסטרוקטיביסטי. טכנולוגיית המחשב אפשרה שימוש בתוכנות לעיבוד תמלילים, עיבוד והצגת

נתונים באופן דיגיטלי. בהקשר ללמידת חקר, ניתן לאסוף נתונים, לעבדם ולהציגם בדרכים ברורות, מתוככמות ומזמנות יותר. מהפיכת התקשוב פתחה את גבולות הכיתה, ואפשרה להוראה וללמידת החקר לפרוס כנפיים. ידע ותאוריות נעשים זמינים כבסיס תאורטי לחקר. מאגר רעיונות לפרוצדורות של חקר נעשה זמין והגדיל את מגוון האפשרויות של תהליך החקר. בעזרת התקשוב ניתן לבצע סימולציות ויזואליות לניסויים שאותם לא ניתן לבצע בתנאי מעבדת בית ספר, וכן לבצע חקר עיוני. בעזרת קבוצות דיון באינטרנט ניתן לפתוח את גבולות הכיתה (Lim, 2004). תלמידים יכולים לבצע תהליכי חקר בעזרת עמיתים ממקומות רחוקים. תלמידים יכולים להתייעץ עם המורים שלהם באופן זמין ורציף, עם העמיתים שלהם לפרויקט, עם עמיתים מקבוצות אחרות או כיתות אחרות ועם מורים ומומחים זרים. המללל הדיונים בקבוצות הדיון, והדיונים הא-סינכרוניים שנותנים זמן לתגובה וחשיבה, תורמים לפיתוח מודעות מטה-קוגניטיבית של תלמידים (Zion, Michalsky, & Mevarech, 2005).

7. תפקיד המורה

גישת החקר הפתוח, בהשוואה לחקר המובנה והמונחה, דורשת מהתלמיד ומהמורה תפקידים ואחריות חדשים. משימה מאתגרת למורים הוא המעבר ממורים המכוונים את תלמידיהם בחקר מובנה למורים מנחים בחקר פתוח. מעבר זה דורש גמישות מצד שני הצדדים – המורים והתלמידים. מסיבה זו למורים יש תפקיד קריטי ביישום למידה המבוססת על חקר, במיוחד במקרה של חקר פתוח. תפקיד זה כולל הכוונה, מיקוד, עידוד ואיתגור התלמידים לעסוק בסוג זה של פעילות. מתוך מחקרים רבים עולה, שמורים למדעים נתקלים בקשיים רבים ביישום ההוראה בגישת החקר הפתוח (Bybee et al., 2001). היעדר ניסיונם של המורים בחקר מדעי אמיתי יוצר אצלם תפיסה סטטית של המדע, ובדרך כלל גורם לקשיים בשימוש בהוראה בדרך החקר בכיתותיהם. למורים אלה תפיסות נאיביות ולא פורמאליות לגבי חקר ולגבי החקר בכיתה (Anderson, 2007; Windschitl, 2004). מכאן שלליבת התפיסה של מורים לגבי ההוראה (דעותיהם על מדע, מטרות החינוך, יכולות של תלמידים, ודרכי הוראה יעילות) יש השפעה על מידת קבלתם את ההוראה בדרך החקר. המורים צריכים לעודד אצל התלמידים חשיבה עצמאית ולתמוך בהרחבת יכולת התלמידים לקבל את החקר. קרפורד מציעה כי מורים המלמדים בגישת החקר צריכים להיות בעלי מספר תפקידים: מנחה, מדרבן, מעלה מוטיבציה, מאבחן מצבים, יזם, מעצב, חוקר, מאמן, שותף (Crawford, 2000). מחסור בידע תכני ותהליכי של המורים, מחייב מערכת תמיכה אקדמית למורים וקורסים להתפתחות מקצועית. כל זאת, כדי לעזור למורי המדעים להבין שמדע הוא תחום דעת המדגיש אי ודאות, חדשנות והתלבטות אנושית.

8. האתגר לעתיד

אין עוררין לגבי החיוניות הרבה שיש בעידן הקונסטרוקטיביסטי ללמידה בדרך החקר לפיתוח אזרח אורייני מדעי, בעל חשיבה ביקורתית, לוגית ויצירתית. כמו כן, אין עוררין לגבי היתרון שיש בהתנסות בתהליך חקר בסביבה מוגנת כמו בית הספר, כהכנה לאורח החיים המודרני המאופיין, בדינמיות, יזמות, עבודת צוות וחשיבה מטה-קוגניטיבית. מכאן נגזר האתגר לעתיד: שכלול הוראת החקר כך שתדגיש אלמנטים אלו ואת ההתנסות באופן הדרגתי בכל רמות החקר. שכלול למידת החקר תיתרם משכלול הוראת החקר. שכלול הוראת החקר תיתרם מקיומו של מערך תמיכה המשכי ארוך טווח למורים. כמו כן, יש לדאוג לקיומם של זרזים אשר יזריזו פעם וישמרו את חדוות היצירה. זרזים עשויים להיות: תחרויות יזומות, מפגשי תלמידים מבתי ספר שונים והצגת תוצרים, עדכון דרישות תכנית הלימודים בהתאם למשובים משדה ההוראה ולתוצאות מחקרים, כנסי מורים, ופגישות עם עמיתים ממדינות אחרות. האתגר צריך להישאר דינמי – אתגר שאינו קופא על שמריו.

רשימת ספרות

דרייפוס, ע. (2007). הכשרת מורים לקראת ניהול פעילות חקר בהשפעה קונסטרוקטיביסטית. בתוך ע. זוהר (עורכת), *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך* (עמ' 166-186). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

לזרוביץ, ר. והרץ-לזרוביץ, ר. (2007). למידה שיתופית ומיומנויות חקר בהוראת הביולוגיה. בתוך ע. זוהר (עורכת), *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך* (עמ' 133-165). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

שדה, א. (2008). פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות ודינאמיות, וטיפוסי ידע, בתהליך למידת חקר פתוח (Open inquiry) לעומת למידת חקר מונחה (Guided inquiry). חיבור לשם קבלת התואר דוקטור לפילוסופיה, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן.

תמיר, פ. (2007). החקר בהוראת המדעים והשתקפותו בהוראת הביולוגיה בישראל. בתוך ע. זוהר (עורכת), *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך* (עמ' 15-56). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

- Anderson, A. (2003). Difficulties with inquiry in science classrooms. Paper presented at the meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, PA.
- Baram-Tsabari, A., & Yarden, A. (2005). Text genre as a factor in the formation of scientific literacy, *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 403-428.
- Boyer, L., & Roth, W.-M. (2006). Learning and teaching as emergent features of informal settings: An ethnographic study in an environmental action group. *Science Education*, 90, 1028-1049.
- Brill, G., Falk, H., & Yarden, A. (2004). The learning processes of two high-school biology students when reading primary literature, *International Journal of Science Education*, 26(4), 497-512.
- Bybee, R.W., & Loucks-Horsley, S. (2001). National science education standards as a catalyst for change: The essential role of professional development. In J. Rhoton and P. Bowers (Eds.) *Professional Development Planning and Design* (pp.1-12). Reston, VA: NSTA Press.
- Crawford, B.A. (2000). *Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers*. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
- Delcos V.R., & Harrington, C. (1991). Effects of strategy monitoring and proactive instruction on children's problem-solving performance. *Journal of Educational Psychology*, 83(1), 35-42.
- Driver, R., Leach, J. Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's image of science*. Buckingham, England: Open University Press.
- Farnham-Diggory, S. (1994). Paradigms of knowledge and instruction. *Review of Educational Research*, 64(3), 463 - 477.
- Flavell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In Resnick L. (Ed.), *The nature of intelligence* (pp.231-236). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an open inquiry-type laboratory: a case study. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62.
- Jacobs, J.E., & Paris, S.G. (1987). Children's metacognition about reading: Issues in definition, measurement, and instruction. *Educational Psychologist*, 22, 255 - 278.
- Jordan, R.C., M. Ruibal-Villasenor, Hmelo-Silver, C., & Etkina, E. (2011). Laboratory materials: Affordances or constraints. *Journal of Research in Science Teaching*. Online first available.

- Kaberman, Z., & Dori, Y.J. (2009). Metacognition in chemical education: question posing in the case-based computerized learning environment. *Instructional Science*, 37, 403-436.
- Kramarski, B., Mevarech, Z.R., & Arami, M. (2002). The effects of metacognitive instruction on solving mathematical authentic tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 49, 225-250.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of research in science teaching*, 39(6), 497–521.
- Lim, B-R. (2004). Challenges and issues in designing inquiry on the Web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627-643.
- Mackenzie, A.H. (2001). The role of teacher stance when infusing inquiry questioning into middle school science classrooms. *School Science and Mathematics* 101, 143-153.
- Main, J., & Eggen, P. (1991). *Developing Critical Thinking through Science*. Book Two. California: Null Critical Thinking Books and Software.
- Minstrell, J. & van Zee, E. H. (Eds.). (2000). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Peker, D., & Wallace, C.S. (2011). Characterizing high school students written explanations in biology laboratories. *Research in Science Education*, 41 (2), 169-191.
- Rop, C.J. (2003). Spontaneous inquiry questions in high school chemistry classrooms: Perceptions of a group of motivated learners. *International Journal of Science Education*, 25, 13-33.
- Rozenszayn, R., & Assaraf, O.B.Z. (2011) When Collaborative Learning meets Nature: Collaborative learning as a meaningful Learning tool in the Ecology inquiry Based Project. *Research in Science Education*, 41, 123–146
- Saar, L., & Dori, Y.J. (2007). Emphasizing thinking skills and metacognition through reading chemical articles and inquiry-based experiments. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, LA, USA.
- Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The Development of Dynamic Inquiry Performances Within an Open Inquiry Setting: A Comparison to Guided Inquiry Setting. *Journal of Research in Science Teaching* , 46 (10), 1137-1160.
- Sadeh, I., & Zion, M. (in press). Which Type of Inquiry Project Do High School Biology Students Prefer: Open or Guided? *Research in Science Education*.
- Schraw, G., & Dennison, R.S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 460-475.
- Schraw, G., Crippen, K.J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- Smith, K.A. (2000). *Inquiry-Based Collaborative Learning*. Retrieved August 10, 2010 from http://www.nciia.org/proceed_01/Smith%20handouts.pdf
- Sowell, S., Johnston, A., & Southerland, S. (2007). Calling for a focus on where learning happens: A Response to Abd-El-Khalick and Akerson. *Science Education*, 91(1), 195-199.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of “inquiry”: How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific model. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 481–512.

- White, B.Y., & Frederiksen, J.R. (1998). Inquiry, modeling and meta-cognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118.
- Wu, H.K., & Hsieh, C.E. (2006). Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289-1313.
- Yarden, A., Brill, G., & Falk, H. (2001). [Primary literature as a basis for a high-school biology curriculum](#). *Journal of Biological Education*, 35, 190-195.
- Zion, M., & Sadeh, I. (2007). Curiosity and open inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 41(4), 162-168.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004b). Dynamic, open inquiry in Biology learning. *Science Education*, 88(5), 728 - 753.
- Zion, M., Michalsky, & T., Mevarech, Z.R. (2005). The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skills. *International Journal of Science Education*, 27(8), 957-983.
- Zion, M., & Sadeh, I. (2010). Dynamic open inquiry performances of high-school biology students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology*, 6(3), 199-214.
- Zohar, A., & Ben-David, A. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations, *Metacognition and Learning*, 3(1), 59-82.
- Zohar, A. & Dori, Y. J. (Eds.), *Metacognition and Science Education: Trends in Current Research*. London: Springer-Verlag.

עבודות תלמידים



זוג משמיים - צילם יעקב שפר, ישיבת בני עקיבא נר תמיד, המורה: שרה שפרן.
מקום ראשון בתחרות "ביולוגיה מבעד לעדשה" תשע"ב- 2012

השפעת מחטי אורן ירושלים על נביטת זרעי חיטה

יובל פרץ, אדוה עמור ומאיה זיו בית הספר- מקיף אורט מעלות

בהנחיית המורה - מרים פלדשר

מבוא

עבודת החקר שלנו עוסקת בהשפעת מחטי אורן ירושלים על נביטת זרעי חיטה.

נקודת המוצא שלנו לשאלת החקר הייתה תצפית שערכנו בחורשת אורנים שליד בית ספרנו, בעיר מעלות (הממוקמת בגליל המערבי). בתצפית שמנו לב לתופעה, שבקרבת עצי האורן כמות הצמחים נמוכה יותר וכן מגוון המינים קטן מאשר בשטחים המרוחקים מעצי האורן. בנוסף ראינו כי בקרבתם הייתה כמות גדולה של צמחים מטפסים, וכמות קטנה יותר של צמחים עשבוניים. עלי האורן נקראים מחטים, המחטים נושרים מענפי האורן, ולכן בסביבת האורנים ישנה כמות גדולה של מחטים ואילו במקומות מרוחקים מהעץ אין מחטים כלל.

אורן ירושלים נמנה עם משפחת האורניים. האורן הוא עץ חד ביתי, כלומר עץ שמתפתחות בו גם



התמונה צולמה בתאריך 20.12.2010
בחורשת אורנים מעל אגם המונפורט

תפרחות נקביות וגם זכריות הנמצאות באצטרובלים. האורניים הם עצים ירוקי עד בעלי שתי צורות עלים: עלים דמויי קשקשים ועלים מחטניים, כאשר אורן ירושלים הוא בעל עלים מחטניים. משך חייהם של המחטים משנה עד שלוש שנים על העץ. בענפיו של אורן ירושלים ובגזעו מצויים ביבי שרף. השרף גורם להתפרקות איטית מאוד של עלי העץ שנשרו, ועל כן מצטבר מתחת לעצי אורן מצע עלים, המונע את גידולם של מיני צמחים רבים. (אלון, 1982).

מעטה מחטי האורן מתפרק הודות לפעולתן של פטריות רקב ובעלי חיים זעירים החיים על חומר אורגני מפורק למחצה. פירוק זה גורם לעליה בחומציות הקרקע אך יחד עם זאת מעשיר את הקרקע בחומר אורגני ומשפר את כושר אחיזת המים של הקרקע. השינוי במבנה הקרקע גורם לכך שרק צמחים המותאמים לקרקע חומצית ולצל יכולים לשגשג למרגלות העצים (גילוני).

הצמח שבו נתקלנו בתצפית תחת עצי האורן, הוא מרווה, ולכן לצורך המחקר השתמשנו במרווה רפואית, המין הנמכר במשתלות. את הניסוי לבדיקת שאלת החקר העמדנו תחילה עם זרעי המרווה, אך בשל העובדה שכעבור שבועיים מתחילת הניסוי הזרעים לא התחילו לנבוט, החלטנו להנביט זרעי חיטה. בחרנו דווקא בחיטה, מכיוון שידוע כי חיטה נובטת תוך מספר ימים. בנוסף, החיטה שייכת למשפחת הדגניים, וצמחים ממשפחה זו ראינו בתצפית שערכנו בחורשת האורנים.

החיטה היא הסוג החשוב ביותר במשפחת הדגניים ובתת משפחת הסיסנים. החיטה היא צמח עשבוני חד שנתי, גובהו 60-150 ס"מ. מערכת השורשים שלו מפותחת פחות מהשעורה, ועל כן כושרה לקליטת מים מהקרקע פחות. מספר זני החיטה מגיע לאלפים רבים, הנבדלים בעמידותם למחלות, במועד הבשלתם או בתכונות הפיזיולוגיות של הגרגרים. העלה מורכב מנדן (בסיס העלה

העוטף את הגבעול) ומטרף ארוך וצר. בכל שיבולית יש בין 2 ל- 5 פרחים. מספר הפרחים הפוריים שונה במינים ובזנים וכן מושפע מתנאי הגידול (אלון, 1982).

לנביטת זרעי החיטה ישנם שלושה תנאים הכרחיים: מים, טמפרטורה אופטימאלית וחמצן. להנבת יבולים טובים זקוקה החיטה לרטיבות סדירה, ולקרקעות פוריות ומנוקזות היטב. החיטה עלולה להיפגע מעודפי מים בקרקע ומחומציות הקרקע. השפעתם של תנאי הגידול קובעת את איכות החיטה (הלפרין, 1987).

התהליך הנבדק במחקר הוא נביטת זרעי חיטה. במהלך הנביטה חלה עליה בפעילות המטבולית בזרע, והזרע יוצא ממצב התרדמה ועובר לתחילתה של צמיחה. תרדמת זרעים הוא מצב בו הזרע יבש וקצב חילוף החומרים בו איטי מאוד. הגורמים המשפיעים על כניסה לתרדמה הם מעטפות זרע בלתי חדירות למים ולגזים, חומרים המעכבים נביטה בקליפת הזרע (כגון: חומצה אבציסית), הבשלת הפירות טרם סיום התפתחות העובר ותנאי סביבה קיצוניים כמו חום רב. (מסד, 1997).

לכל סוג זרעים ישנה טמפרטורה הנוחה ביותר לנביטה והיא מכונה טמפרטורה אופטימאלית. הטמפרטורה האופטימאלית לנביטת חיטה היא $15-20^{\circ}\text{C}$ (הלפרין, 1987). נביטת זרעי החיטה לא תתרחש בטמפרטורות גבוהות מהטווח האופטימלי או נמוכות מהטווח האופטימלי, בעוד שלפני תחילת הנביטה עמיד הזרע היבש לטמפרטורות גבוהות או נמוכות מהטווח האופטימלי. לאנזימים הנמצאים בזרע יש טווח טמפרטורה אופטימלי, כך שככל שהטמפרטורה גבוהה יותר כך קצב פעילות האנזימים מהיר יותר עד גבול מסוים בו מתרחשת דנטורציה של האנזימים (שינוי מרחבי במבנה החלבון הגורם לאיבוד פעילותו), ובטמפרטורות נמוכות מאוד קצב פעילות האנזימים יהיה איטי יותר, עד למצב של חוסר פעילות.

השלב הראשון של הנביטה הוא תהליך של ספיגת מים. כדי שזרע החיטה יתחיל בנביטה, צריכה תכולת המים שבו להיות 3.5%. (הלפרין, 1987). לאחר שגם תאי העובר קולטים כמות מים מספקת (עודפי מים עלולים לגרום לריקבון הזרע כי הם יוצרים מחסור בחמצן), מופעלים אנזימי נשימה ואנזימי עיכול, ומתרחשים תהליכים ביולוגיים הכוללים פעילויות אנזימטיות שונות, אשר מתרחשים בסביבה מימית. האנזימים מזרזים פירוק של חומרי התשמורת של הזרע הנמצאים באנדוספרם, תוצרי הפירוק הם מגיבים בתהליך הנשימה התאית (תהליך הפקת אנרגיה המשמשת להתפתחות העובר). קצב התהליכים המטבוליים מתגבר, וחלות בעובר התחלקויות מיטוטיות. התאים עוברים התמיינות ומתפתחים לשורשון (שורש קטן) ולנצרון (הגבעול הראשוני שמתפתח מתוך העובר שבזרע) אשר פורצים מהזרע. לרוב בוקע קודם כל השורשון ורק לאחר מכן הנצרון. השורשון תמיד יגדל כלפי כדור הארץ והנצרון בוקע מעל פני הקרקע, ללא קשר לזווית בה מונח הזרע. השורשון גדל, ומתפתחות יונקות אשר דרכן נקלטים מהקרקע מים ומינרלים. הנצרון גדל ובוקע מעל פני הקרקע, מצמיח עלים ומתחיל תהליך הפוטוסינתזה.

פוטוסינתזה מתרחשת בחלקים הירוקים של הצמח (בכלורופלסטים הנמצאים בתאי הצמח), בהם מיוצר החומר האורגני של הצמח. שני המגיבים בפוטוסינתזה הם פחמן דו חמצני ומים, והתוצרים של תהליך זה הם גלוקוז וחמצן (שחלק ממנו נפלט לאוויר וחלק משמש כמגיב בנשימה התאית של הצמח). (אמיר, 2007).

שאלת החקר הראשונה שלנו בניסוי היא מה הקשר בין עובייה של שכבת מחטי האורן על מצע הגידול לבין שיעור נביטת זרעי חיטה? הבסיס הביולוגי לשאלה הוא, שהמחטים מהווים הפרעה לנביטת זרעי החיטה (גילוני). השערתנו היא שהשפעתה הצפויה של עובי שכבת המחטים על נביטת הזרעים היא שככל שהשכבה תהיה עבה יותר כך שיעור הנביטה של זרעי החיטה יהיה קטן יותר, מכיוון שתהיה יותר הפרעה פיזית (גילוני). על מנת לבדוק את הטענה שהמחטים מהוות הפרעה פיזית לנביטת זרעי החיטה, תכננו ניסוי נוסף הבודק האם ההבדלים בשיעורי הנביטה בין הטיפולים נובעים מהפרעה פיזית, או מכך שהמחטים מפרישים חומר כלשהו שמפריע לנביטה. לכן החלפנו את המשתנה הבלתי תלוי, ממחטי אורן, לסרטי אריזה.

שאלת החקר השנייה שלנו היא: מה הקשר בין עובייה של שכבת סרטי האריזה על מצע הגידול לבין שיעור נביטת זרעי חיטה?

בעבודה זו יש יציאה מתצפיות בטבע, והעלאת שאלה אקולוגית, ועל בסיסם נבנה ניסוי מבוקר.

מערך החקר, כולל חומרים ושיטות

שאלה חקר ראשונה- מה הקשר בין עובייה של שכבת מחטי האורן על מצע הגידול לבין נביטת זרעי חיטה?

תיאור מהלך הניסוי: לקחנו 18 תבניות אלומיניום בגודל של 23X27 ס"מ, בעומק של 4 ס"מ, ומילאנו אותן במצע גידול מסוג פרלייט עד לגובה התבנית. בכל תבנית טמנו 20 זרעים, באמצעות האצבע לעומק של כ- 0.5 ס"מ, במרווחים של 4 ס"מ בין כל זרע וזרע. לאחר מכן חילקנו את התבניות לשישה טיפולים- שלוש תבניות לכל טיפול, כאשר בכל טיפול עובי שכבת המחטים נעה בין 1.5 ס"מ ל- 3.5 ס"מ. לאחר הנחת המחטים על התבניות, הנחנו את כל 18 התבניות על מדף אחד בחממה בבית הספר. הניסוי נערך חמישה ימים, שבמהלכם השקנו את הטיפולים על פי הצורך.

בוצע ניסויי מקדים לקביעת סוג הזרעים שנחקר.

האורגניזמים:

משפחה: דגניים, סוג: חיטה זרעי החיטה הוזמנו ממרכז האספקה באוניברסיטת בר-אילן.

אורגניזם נוסף: אורן ירושלים



התמונה צולמה ב-16.1.2011, בחממת בית הספר, ובו מתואר הניסוי אשר בודק את הקשר בין עובי מחטי האורן ובין נביטת זרעי חיטה, הניסוי נערך על מצע פרלייט.

משתנה בלתי תלוי: עובי שכבת המחטים על מצע הגידול (בס"מ).

טבלה 1: עובי שכבת מחטי אורן בטיפולים השונים:

מספר טיפול	עובי שכבת המחטים (ס"מ)
1-בקרה	0
2	1.5
3	2
4	2.5
5	3
6	3.5

קבענו את טווח עובי שכבת המחטים בתצפית מבוקרת בחורשה שנמצאת ליד אגם מונפורט שבמעלות, ושם בדקנו את עובי שכבת המחטים סביב שני עצי אורן (ב-4 מקומות שונים סביב כל עץ) בעזרת סרגל. לאחר מכן, עשינו ממוצע של כל המדידות. הממוצע של עובי שכבת המחטים יצא 2.5 ס"מ. לפי הממוצע קבענו את טווח המשתנה הבלתי תלוי, בחרנו טיפולים עם שכבת מחטים בעובי גדול מהממוצע שהתקבל ובעובי קטן מהממוצע שהתקבל.

משתנה תלוי: שיעור נביטת זרעי חיטה.

דרך המדידה של הנביטה הייתה ספירת הזרעים שנבטו, ולאחר מכן חישוב שיעור הנביטה (באחוזים) בכל טיפול. אנו הגדרנו נביטה על פי הופעת שורשון.

גורמים קבועים:

מספר זרעי חיטה: 20 זרעים בכל טיפול.

אזור ממנו נלקחו המחטים: חורשת אורנים, הנמצאת ליד אגם מונפורט שבמעלות.

משך הניסוי: חמישה ימים, בכל הטיפולים.

טבלה 2: כמות המים בהשקיה:

ימי הניסוי	כמות המים (מ"ל)
1	200
2	0
3	50
4	0
5	0

מצע הגידול: פרלייט 4.

גודל תבניות: 23X27 ס"מ, בעומק של 4 ס"מ.

מקום הנחת התבניות: על מדף אחד בחממת בית הספר.

גורמים המשתנים באופן זהה לכל הטיפולים: עוצמת אור, טמפרטורת סביבה.

בקורות: הטיפול הראשון, ללא מחטים כלל, הוא הבקרה שלנו (ללא המשתנה הבלתי תלוי).

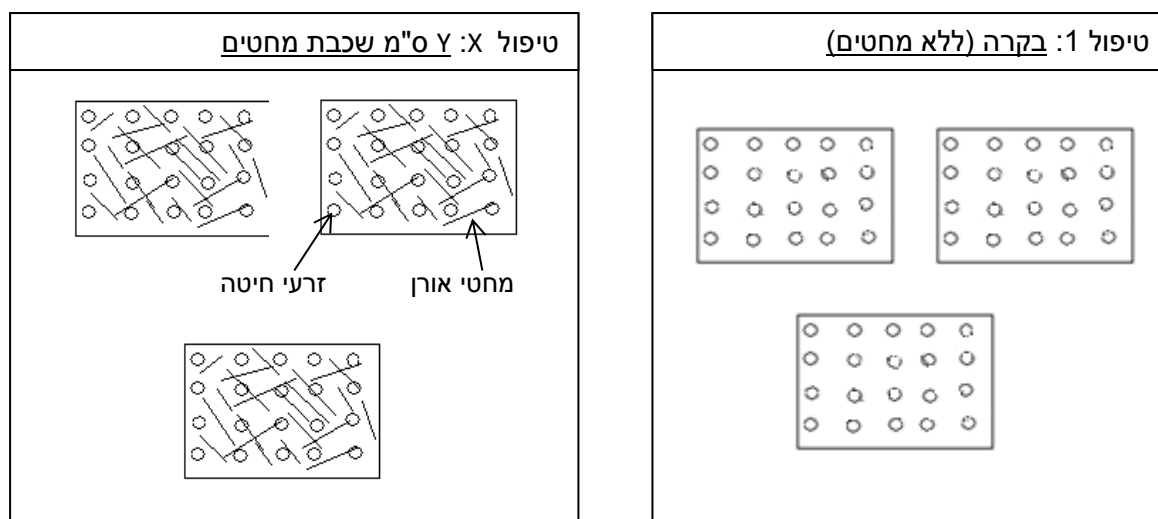
ריבוי פריטים: 20 זרעי חיטה בכל טיפול.

חזרות: 3 חזרות לכל טיפול, 3 תבניות עם זרעים ואותו עובי שכבת מחטים.

מיקום ביצוע הניסוי: חממת בית הספר, בין התאריכים 12-16/1/2011.

$$\text{עיבוד התוצאות: שיעור נביטה באחוזים} = \frac{\text{מספר הזרעים שנבטו}}{\text{מספר זרעים (20)}} \times 100$$

בכל חזרה של כל טיפול חישובנו את אחוז הזרעים שנבטו. מכיוון שלכל טיפול היו שלוש חזרות, עשינו בעזרת תוכנת Excel בפונקציה AVERAGE את ממוצע הזרעים שנבטו, בכל טיפול בנפרד. את סטיית תקן עשינו ב- Excel בפונקציה STDEV.



שאלת חקר שנייה- מה הקשר בין עובייה של שכבת סרטי האריזה על מצע הגידול לבין נביטת זרעי חיטה?

תאור מהלך הניסוי: לקחנו 12 תבניות אלומיניום בגודל של 23X27 ס"מ, בעומק של 4 ס"מ, ומילאנו אותן בפרלייט עד לגובה התבנית. בכל תבנית טמנו 20 זרעים, באמצעות האצבע לעומק של כ- 0.5 ס"מ, במרווחים של 4 ס"מ בין כל זרע וזרע. לאחר מכן חילקנו את התבניות לשישה טיפולים- שתי תבניות לכל טיפול, במקביל גזרנו רצועות של סרטי אריזה באורך של כ- 10 ס"מ, כאשר בכל טיפול עובי שכבת סרטי האריזה נעה בין 1.5 ס"מ ל- 3.5 ס"מ. לאחר הנחת סרטי האריזה על התבניות, הנחנו את כל 12 התבניות על מדף אחד בחממת בית הספר. משך הניסוי הוא חמישה ימים. ביום הראשון השקנו כל אחד מהטיפולים ב-200 מ"ל מים, ביום השני לא השקנו, ביום השלישי השקנו כל אחד מהטיפולים ב- 100 מ"ל מים, ובימים הרביעי והחמישי לא השקנו.



התמונה צלמה ב-16.1.2011, בחממת בית הספר, ובו מתואר הניסוי אשר בודק את הקשר בין עובי סרטי האריזה ובין נביטת זרעי חיטה, הניסוי נערך על מצע פרלייט.

האורגניזמים: משפחה: דגניים, סוג: חיטה

*זרעי החיטה הוזמנו ממרכז האספקה באוניברסיטת בר-אילן.

משתנה בלתי תלוי: עובי שכבת סרטי האריזה על מצע הגידול (בס"מ).

טבלה 3: עובי שכבת מחטי אורן בטיפולים השונים:

מספר טיפול	עובי שכבת סרטי האריזה (ס"מ)
1	1.5
2	2
3	2.5
4	3
5	3.5
6	4

משתנה תלוי: נביטת זרעי חיטה.

דרך המדידה של הנביטה הייתה ספירת הזרעים שנבטו, ולאחר מכן חישוב אחוזי הזרעים שנבטו בכל טיפול. אנו הגדרנו נביטה על פי הופעת שורשון.

גורמים קבועים:

מספר זרעי חיטה: 20 זרעים בכל טיפול.

משך הניסוי: חמישה ימים, בכל הטיפולים.

מצע הגידול: פרלייט 4.

גודל תבניות: 23X27 ס"מ, בעומק של 4 ס"מ.

טבלה 4: כמות המים בהשקיה:

ימים	כמות המים מ"ל
1	200
2	0
3	100
4	0
5	0

מקום הנחת התבניות: על מדף אחד בחממת בית הספר.

גורמים המשתנים באופן זהה לכל הטיפולים: עוצמת אור, טמפרטורת סביבה.

בקורות: הטיפול השישי, ללא סרטי אריזה כלל, הוא הבקרה שלנו. בקרה זו היא ללא המשתנה הבלתי תלוי (המחטים).

ריבוי פריטים: בכל טיפול 20 זרעי חיטה.

חזרות: 2 חזרות לכל טיפול, 2 תבניות עם זרעים ואותו עובי שכבת סרטי אריזה.

מיקום ביצוע הניסוי: חממת בית הספר, בין התאריכים 16-20/2/2011.

עיבוד התוצאות: חישבנו את שיעור הנביטה באחוזים. בכל חזרה של כל טיפול חישבנו את אחוז הזרעים שנבטו. מכיוון שלכל טיפול היו שתי חזרות, עשינו בעזרת האקסל בפונקציה AVERAGE את ממוצע הזרעים שנבטו, בכל טיפול בנפרד. את סטיית תקן עשינו. באקסל בפונקציה STDEV.

כאשר מערך הניסוי דומה
מאד בשאלה השנייה
למערך בשאלה הראשונה,
נכון להסתפק בהפניה
למערך השאלה הראשונה,
תוך אזכור ההבדלים.

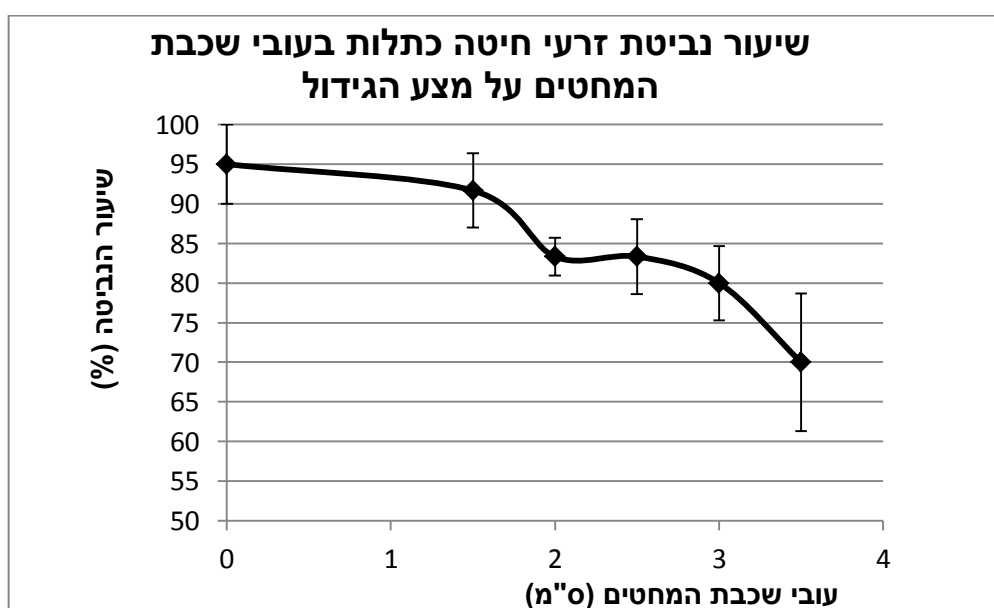
תוצאות

שאלת חקר ראשונה - מה הקשר בין עובייה של שכבת מחטי האורן על מצע הגידול לבין נביטת זרעי חיסה?

טבלה 5: שיעור נביטת חיסה בטיפולים שונים בעובי שכבת מחטים משתנה.

מספר טיפול	עובי שכבת המחטים (ס"מ)	שיעור הנביטה (%)	סטיית תקן
בקרה (6)	0.0	95.0	5.0
1	1.5	91.7	4.7
2	2.0	83.3	2.4
3	2.5	83.3	4.7
4	3.0	80.0	4.7
5	3.5	70.0	8.7

גרף 1:



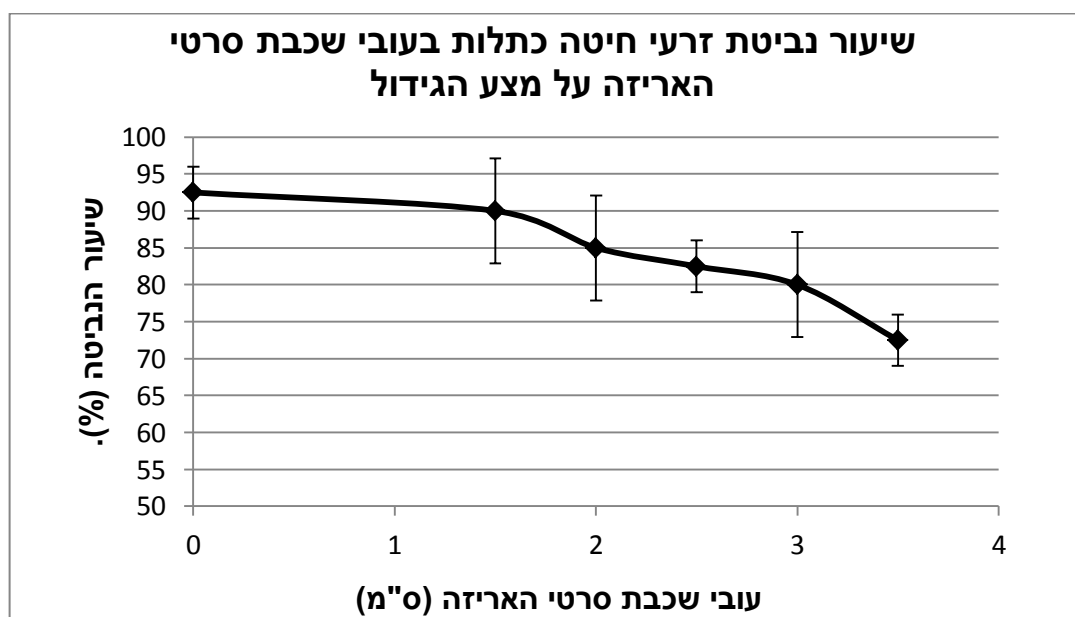
הגרף מציג שיעור נביטה ממוצע של זרעי חיסה כתלות בעובייה של שכבת מחטי האורן. על פי הגרף ניתן לראות שכאשר אין מחטים על מצע הגידול, אחוז הנביטה של זרעי החיסה הוא גדול יותר, 95%. עוד ניתן לראות, שככל שעובי שכבת המחטים עבה יותר כך שיעור הנביטה של זרעי החיסה יורד, וזה בולט במיוחד כאשר עובי שכבת המחטים הוא 3.5 ס"מ, בו שיעור הנביטה של זרעי החיסה הוא הנמוך ביותר, 70%.

שאלת חקר שנייה- מה הקשר בין עובייה של שכבת סרטי האריזה על מצע הגידול לבין נביטת זרעי חיטה?

טבלה 6: שיעור נביטת חיטה בטיפולים שונים בעובי שכבת סרטי אריזה משתנה.

מספר טיפול	עובי שכבת סרטי האריזה (ס"מ)	משקל שכבת סרטי האריזה (גרם)	שיעור הנביטה (%)	סטיית תקן
בקרה (6)	0.0	0.0	92.5	3.5
1	1.5	8.5	90.0	7.1
2	2.0	10.3	85.0	7.1
3	2.5	11.5	82.5	3.5
4	3.0	13.0	80.0	7.1
5	3.5	13.4	72.5	3.5

גרף 2



הגרף מציג שיעור נביטה ממוצע של זרעי חיטה כתלות בעובייה של שכבת סרטי האריזה. על פי הגרף ניתן לראות שכאשר אין סרטים על מצע הגידול, אחוז הנביטה של זרעי החיטה הוא גדול יותר, כ- 92%. עוד ניתן לראות, שככל שעובי שכבת הסרטים עבה יותר כך שיעור הנביטה של זרעי החיטה יורד, וזה בולט במיוחד כאשר עובי שכבת הסרטים הוא 3.5 ס"מ, בו שיעור הנביטה של זרעי החיטה הוא הנמוך ביותר, כ- 72%.

מסקנות ודיון

על מנת למצוא נושא למחקר, ערכנו בתחילת עבודתנו תצפית בחורשת אורנים במעלות. במהלך התצפית שמנו לב שככל שמתקרבים לעצי האורנים שכבת המחטים עבה יותר, מספר הפרטים הולך וקטן, וגם מגוון המינים מצטמצם. זאת בעצם הייתה נקודת המוצא לניסוי שלנו בעבודה.

האורגניזם הראשון שבחרנו להנביט במהלך הניסוי היה זרעי מרווה רפואית. ערכנו ניסוי מקדים על מנת לבדוק בתוך כמה ימים נובטת המרווה. בניסוי המקדים המרווה נבטה בתוך 11 יום (ראה תוצאות בנספח 3). העמדנו את הניסוי, אך גם כעבור שבועיים המרווה לא נבטה. החלטנו להפסיק את הניסוי ובחרנו להנביט זרעי חיטה (שגם צמחים ממשפחתה נראו בתצפית) במקום מרווה רפואית.

שאלת המחקר שלנו הייתה מה הקשר בין עובייה של שכבת המחטים על מצע הגידול לבין נביטת זרעי חיטה? אנו שיערנו שככל ששכבת המחטים תהיה עבה יותר, כך שיעור הנביטה של זרעי החיטה יהיה קטן יותר.

תוצאות הניסוי מאששות את השערתנו (ראה תוצאות בטבלה 5 ובגרף 1). מסקנתנו מתוצאות הניסוי היא שככל שעובי שכבת המחטים על מצע הגידול גדול יותר, כך שיעור הנביטה של זרעי חיטה קטן יותר (בטווח הנבדק). על פי הספרות, התנאים ההכרחיים לנביטת חיטה הם מים, טמפרטורה וחמצן (הלפרין, 1987). אור הוא גם גורם חשוב הידוע כמשפיע על נביטה בצמחים שונים (מסד, 1997), וישנו הסבר הטוען שככל ששכבת המחטים על מצע הגידול עבה יותר, פחות אור נכנס, ולכן שיעור הנביטה קטן (גילוני). אבל, היות ואור אינו נכלל בתנאים ההכרחיים לנביטת חיטה שציינו קודם, ההסבר הנתון נפסל.

כעת נתייחס לתנאים ההכרחיים לנביטת חיטה, כפי שבאו לידי ביטוי בניסוי שלנו. תנאי הכרחי ראשון הוא מים. ספיגת מים הוא השלב הראשון של הנביטה. המים נכנסים לזרע וכתוצאה מכך הוא תופח, התפיחה יוצרת לחץ מכני חזק בסביבתו, הסודק את קליפתו. לאחר היסדקות קליפת הזרע, יוצא השורשון. לאחר שגם תאי העובר קולטים כמות מים מספקת, מופעלים אנזימי נשימה ואנזימי עיכול, אנזימי העיכול מפרקים את חומרי התשמורת באנדוספרם, שתוצריהם משמשים להפקת אנרגיה הדרושה לגדילת הנבט, המזרזת על ידי אנזימי נשימה (מסד, 1997).

במהלך הניסוי השקנו את הטיפולים בכמות שווה של מים על פי מידת הלחות בתבניות הבקרה. ייתכן שכעבור זמן מה כמות המים בתבניות השתנתה בשל התאדות המים. ככל הנראה, בטיפולים בהם שכבת המחטים הייתה עבה יותר התאדו פחות מים. אילו היינו עושות את הניסוי פעם נוספת, ניתן היה לבדוק את מידת הלחות בכל תבנית על ידי בדיקת לחות מצע הגידול. ניתן היה לכסות את מגשי הטיפולים ובכך למנוע את התאדות המים, אך לא עשינו זאת.

הסבר אפשרי לעיכוב הנביטה שנראה עקב שכבת מחטים עבה, הוא כמות מים לא קבועה בשל מגבלת הניסוי, שתיארנו. עודפי מים עלולים לגרום לריקבון הזרע כי הם יוצרים מחסור בחמצן (מסד, 1997). מסיסות החמצן במים היא מאוד נמוכה, ולכן ככל שכמות המים גדולה יותר, כך יהיה פחות חמצן.

החמצן הוא תנאי הכרחי נוסף לנביטה. הוא מגיב בתהליך הנשימה התאית (תהליך הפקת אנרגיה ביצורים חיים (מסד, 1997). האנרגיה המופקת בנשימה התאית מנוצלת לחלוקות מיטוטיות ולהתמיינות תאי העובר בזרע.

תנאי הכרחי נוסף שציינו, הינו טמפרטורה. במהלך הניסוי שלנו, טמפרטורת הסביבה לא נשמרה קבועה, אך השתנתה באופן זהה בכל אחד מהטיפולים, היות וכל הטיפולים הועמדו באותו מקום. טמפרטורת מצע הגידול בניסוי שלנו לא נמדדה וייתכן שהיה שוני בין הטיפולים השונים, בגלל שכבת המחטים. ייתכן שבטיפולים בהם שכבת המחטים הייתה עבה יותר, טמפרטורת מצע הגידול הייתה נמוכה מהטיפולים האחרים, זאת משום ששכבה עבה יותר מספקת יותר צל. ישנה אפשרות,

שטמפרטורת מצע הגידול בטיפולים אלו הייתה נמוכה מטווח הטמפרטורה האופטימלי (נמוכה מ 20°C – 15°C) בו פועלים אנזימי העובר, ולכן קצב התהליכים המתרחשים בו הואט. לעומת זאת בטיפולים בהם שכבת המחטים הייתה נמוכה ובטיפול הבקרה, כנראה טמפרטורת מצע הגידול הייתה אופטימלית לנביטת הזרעים, ולכן שיעור הנביטה היה גבוה יותר.

כמו כן ניתן להסביר את תוצאות הניסוי בכך שמעטה מחטי האורן מתפרק הודות לפעולתן של פטריות רקב ובעלי חיים זעירים החיים על חומר אורגני מפורק למחצה. פירוק זה גורם לעליה בחומציות הקרקע. השינוי במבנה הקרקע גורם לכך שרק צמחים המותאמים לקרקע חומצית, ולצל יכולים לשגשג למרגלות העצים (גילוני). חומציות הקרקע פוגעת בחיטה (הלפרין, 1987), ולכן עליה ברמת החומציות פוגעת בתהליך הנביטה.

מכיוון שהניסוי נערך חמישה ימים ותהליך הפירוק לוקח זמן רב יותר, אנו לא יכולות להסתמך על הסבר זה לתופעה מכיוון שלא בדקנו את חומציות מצע הגידול (הפרלייט) בסוף הניסוי, ואת חומציות המחטים שאספנו בתחילת הניסוי.

ההסבר אפשרי נוסף, למסקנתנו הוא שהמחטים היוו הפרעה פיזית לנביטת זרעי החיטה (גילוני). בטיפולים שבהם שכבת המחטים על מצע הגידול הייתה עבה יותר, שיעור נביטת הזרעים היה קטן יותר. מכיוון שככל ששכבת המחטים הייתה עבה יותר, כך גם ההפרעה הייתה רבה יותר, ומנעה מהזרעים לנבוט. על מנת לבדוק האם מסקנה זו נכונה, תכננו ניסוי נוסף, הבודק האם ההבדלים בשיעורי הנביטה בין הטיפולים נובעים מהפרעה פיזית או שהמחטים מתפרקים לחומר כלשהו שמפריע לנביטה. לכן החלפנו את המשתנה הבלתי תלוי, ממחטי אורן לסרטי אריזה.

שאלת החקר של הניסוי השני שלנו היא מה הקשר בין עובייה של שכבת סרטי האריזה על מצע הגידול לבין נביטת זרעי חיטה? שיערנו שככל ששכבת סרטי האריזה תהיה עבה יותר, כך שיעור הנביטה של זרעי החיטה יהיה קטן יותר.

מסקנתנו מתוצאות הניסוי היא שככל שעובי שכבת סרטי האריזה על מצע הגידול גדול יותר, כך שיעור הנביטה של זרעי חיטה קטן יותר (בטווח הנבדק).

היות והניסוי השני מאוד דומה לניסוי הראשון, לא נפרט פעם נוספת על ההסברים האפשריים השונים לתוצאות הניסוי. לאור תוצאות הניסוי השני, ניתן לפסול, לכאורה, את ההסבר שהמחטים התפרקו לחומרים המעלים את חומציות מצע הגידול, ולכן נביטת החיטה נפגעת. זאת מכיוון שהחלפנו את מחטי האורן בסרטי אריזה. ועדין ככל שעובי שכבת מחטי האריזה עלה, כך ירד מספר זרעי חיטה שנבטו. מכאן שיש עיכוב מכני. חשוב לציין, כי משקל סרטי האריזה בניסוי השני לא היה זהה למשקל מחטי האורן בניסוי הראשון. זאת מכיוון שמשקל סרטי האריזה נמוך יותר ממשקל מחטי אורן, ועל מנת להשוות בין המשקלים היינו צריכות לשנות את עובי השכבה. לא עשינו זאת, מכיוון שבניסויים בדקנו השפעת עובי השכבה על מצע הגידול ולא את השפעת המשקל.

בשל העובדה שלכל טיפול בשני הניסויים שלנו היו מספר חזרות, נוצר מצב של שונות בין שיעורי נביטת זרעי החיטה בכל תבנית. ערכנו חישוב של סטיית התקן בכל טיפול. סטיית תקן מראה על שונות. לא הייתה סטיית תקן חריגה באף אחד מהטיפולים.

כעת, כשאנו מסתכלות על תוצאות הניסוי, אנו יכולות לראות התאמה בינו ולבין התופעה שראינו בטבע במהלך התצפית, בכך שככל ששכבת המחטים או סרטי האריזה הייתה עבה יותר, כך שיעור הנביטה היה קטן יותר.

בחרנו להתייחס לרעיון מרכזי בביולוגיה של ארגון במערכות ביולוגיות. ניתן להתייחס לנביטה ברמות ארגון שונות.

הבסיסית ביותר היא הרמה המולקולארית. ברמה זו פועלים אנזימים- חלבונים, זרזים ביולוגיים. במהלך הנביטה פועלים בעיקר אנזימי נשימה ועיכול.

הרמה הבאה היא רמת האברונים: מיטוכונדריה- שם מתרחש תהליך הנשימה התאית בו מופקת אנרגיה המשמשת להתפתחות העובר שבזרע; ריבוזומים- על גבי הריבוזומים מתרחש תהליך תרגום

RNA לחלבון. אנזים הוא חלבון הנוצר גם הוא בתהליך התרגום. ישנם מספר אנזימים החיוניים לתהליך הנביטה, כגון: אנזימי נשימה המזרזים את תהליך הנשימה התאית, ואנזימי עיכול המפרקים את מאגרי המזון שבאנדוספרם; גרעין- מכיל את המידע התורשתי של העובר, בלעדיו העובר שבזרע כלל לא היה נוצר. בגרעין מתרחש תהליך התעתוק בו נוצר RNA על פי DNA; קרום התא- בקרום תאי הזרע ישנן תעלות, דרך נכנסים מים לתא ויוצאים ממנו. המים הם תנאי הכרחי בשלב הראשון של הנביטה. המים גורמים לסדיקת הקליפה.

ברמת התא, הזרע מורכב תחילה מתא אחד, בו מתרחשים תהליכים שונים המביאים להתפתחות העובר. התהליכים המתרחשים הם מיטוזה והתמיינות תאי העובר.

הרמה הבאה היא רמת הרקמה. בתהליך הנביטה של זרעי חיטה מתפתחים תחילה שורשון (ממנו מתפתחת מערכת השורשים של הצמח) ונצרון.

ברמת האיבר, מערכת האיברים והיצור, הנבט מתפתח לצמח בוגר בעל איברים (עלים, גבעול, מערכת שורשים מפותחת, מערכת רבייה).

ברמת האוכלוסייה אפשר להתייחס מנקודת מבט אקולוגית לחשיבות הפצת זרעים, כהמשך קיומו של המין.

ברמת המערכת האקולוגית, הנביטה היא השלב הראשון בתהליך ההתפתחות לצמח בוגר. צמחים הם יצרנים, בסיסה של המערכת האקולוגית.

בעבודה זו נבחנה התופעה
שנחקרה ברמות ארגון
שונות, דבר שהפך את
הדיון למשמעותי ומעמיק.

רשימת מקורות

1. אמיר רות, (2007) **פרקים באקולוגיה**, הוצאת משרד החינוך, עמ' 169.
2. הלפרין, חיים. (1987). **חיטה**. האנציקלופדיה לחקלאות. כרך שני: גידולי שדה וגן. עמ' 49-50, 58-59, 61-66. הוצאת האנציקלופדיה לחקלאות.
3. גילוני נילי, המרכז הארצי למורי ביולוגיה, <http://bioteach.snunit.k12.il/upload/webpage/alleloren.html>, 9/3/2011, **השפעת מחטי אורן על נביטת זרע**, דצמבר 2009. (אין תאריך פרסום המאמר).
4. מסד יהודית, מרכז חינוך מדעי בגליל, <http://www.edugal.org.il/hokrim/library/ma113.htm>, 19/12/2010, **נביטה**, 1997. (אין תאריך עדכון האתר).
5. אלון, עזריה. (1982). **אורן**. אנציקלופדיית החי והצומח של א"י. כרך 10. עמ' 17-18. הוצאת משרד הביטחון.
6. אלון, עזריה. (1982). **חיטה**. אנציקלופדיית החי והצומח של א"י. כרך 12. עמ' 15-19. הוצאת משרד הביטחון.

הקשר בין שהיית דפניה בריכוזים שונים של קפה שחור וקצב פעימות ליבה

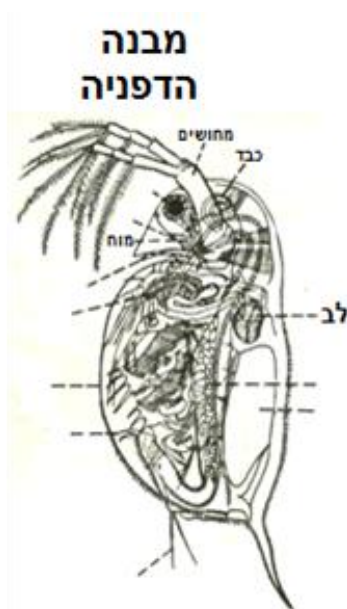
בית הספר - תיכון ע"ש מ"י בויאר ירושלים

הילה שטרנברג, עמית דודי
בהנחיית המורה - יעל להמן

מבוא

מדי בוקר מרבית אוכלוסיית העולם פותחת את היום עם כוס קפה. הקפה ידוע כמשקה מעורר וממריץ, ובזכותו אנו חשים הרגשת ערנות. רצינו לדעת מדוע אנו חשים ערניים לאחר שתיית כוס הקפה, מהם בעצם התהליכים הביולוגיים המתרחשים בגופנו הגורמים לנו להרגשת ערנות שכזו?

על מנת לברר זאת, החלטנו לבדוק כיצד קפה משפיע על מדדים שונים ביצורים חיים. למדנו² שקפה מכיל חומר שממריץ את התכווצויות הלב. משום שעל פי החוק ניסויים בבני אדם הינם אסורים, החלטנו להשתמש בדפניות. השימוש בדפניות במעבדה שכיח בעולם המדע. הסיבה לכך היא שהדפניה היא יצור קטן ושקוף, ובאמצעות מיקרוסקופ ניתן לראות את איבריה באופן ברור. לבה של הדפניה מצוי בראשית הגב, מאחורי הראש. ללבה של הדפניה מבנה פשוט מאוד. הוא מורכב ממדור אחד בלבד, ובהסתכלות במיקרוסקופ ניתן בקלות להבחין בהתכווצותו ובהרפייתו.³



הדפניות הם מהיצורים הנפוצים ביותר בין סרטני השלוליות וניתן למצוא אותן כמעט בכל. גודלה של דפניה מאגניה (בה השתמשנו בניסוי) הוא כ-5 מילימטר.⁴ הדפניה נעה במי השלולית באמצעות מחושיה הארוכים והמסועפים (ראה איור). היא ניזונה מיצורים זעירים, כמו אצות חד-תאיות, חיידקים, פלנקטון זעיר וחומר רקב, וזאת על ידי סינונם מהמים. הדפניות מתרבות בקצב מהיר וכתוצאה מכך מספרן בשלוליות הוא עצום.⁵

שאלת החקר שלנו היא: מה הקשר בין שהיית דפניה בריכוזים שונים של קפה שחור וקצב פעימות ליבה? ידוע לנו כי זרעי קפה מכילים חומרים שונים וביניהם קפאין, שאליו נתייחס בהמשך העבודה. קפאין הוא חלק מקבוצת סמים ממריצים (בשם אלקלואידים). אלקלואידים הם חומרים אורגניים בעלי טעם מר, חלקם רעילים וגורמים לנזק בריאותי ואף למוות.⁶

בדומה לקפאין, ניתן למצוא חומרים נוספים שגם הם סמים ממריצים כגון ניקוטין וקוקאין. השפעת הסמים הממריצים הנ"ל היא זהה. חומרים אלה גורמים לכיווץ כלי דם (וכתוצאה מכך להגברת קצב פעימות הלב) ולשינוי בהתנהגות המתבטא בעלייה בערנות ובהתמכרות.⁷

הפניה זו אל מקורות המידע לא מקבילה במספור לדשימת המקורות בסוף. רצוי היה לבחור בדרך הפניה שונה, כפי שמוצע בהנחיות הביחוקר.

בנוסף, שימוש יתר בסמים ממריצים עלול לגרום ללחץ, אימפולסיביות ופעלתנות יתר על המידה.

² קפאין/ <http://he.wikipedia.org/wiki/קפאין>

³ wikipedia.org/wiki/Daphnia

⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia_magna

⁵ עורך: חנן לב (1986) **חי וצומח בעונתו ובבית גידולו הטבעי, שלולית החורף**, המרכז הישראלי להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמודים: 72-74

⁶ אלקלואיד/ <http://he.wikipedia.org/wiki/אלקלואיד>

⁷ חגית בכר, חנה ברנהולץ (2000), **תקשורת ויסות ותיאום ביצורים חיים**, המרכז הישראלי להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים, עמוד 136

ניתן למצוא קפאין במשקאות רבים, לדוגמה: קפה, תה וקוקה-קולה. כאמור, כתוצאה מצריכת קפאין או חשים הרגשת ערנות – הכיצד? מולקולות הקפאין דומות במבן למולקולות האדנוזין. האדנוזין מוכר כחומר הגורם להאטת פעילות הלב. קפאין הדומה במבנה הכימי לאדנוזין, מתחרה איתו ועל ידי כך מבטל את פעילות העיכוב של האדנוזין. לפיכך, ניתן לומר כי קפאין בעקיפין מגביר את קצב פעילות הלב בבני אדם.⁸ הרגשת הערנות נובעת בעקבות הפרשת האדרנלין והשפעתו על איברים שונים בגוף.⁹

יש כאן הנחה סמויה של דמיון בין תגובת לב הדפניה לתגובת לב האדם.

לסיים, שאלת החקר שבה נרצה לעסוק במסגרת עבודת הביו-חקר שלנו היא: **מה הקשר בין שהיית דפניה בריכוזים שונים של קפה שחור וקצב פעילות ליבה?**

השערנו בניסוי זה היא שכלל שריכוז הקפה גבוה יותר, כך קצב הלב של הדפניה גבוה יותר, משום שהקפה מכיל קפאין הגורם להגברת קצב הלב. כדי לענות על שאלת החקר ערכנו ניסויים מקדימים, שמתוצאותיהם החלטנו על טווח הריכוזים בו נשתמש בניסוי וכן על דרך המדידה של קצב הלב.

מערכ החקר, כולל חומרים ושיטות

שאלת החקר אותה בדקנו היא מה הקשר בין שהיית דפניה בריכוזים שונים של קפה שחור וקצב הלב שלה?

האורגניזם באמצעותו אנו נבצע את החקר הוא סרטן בשם דפניה מגניה, השייך למחלקת הסרטנים מסננים, סדרת הדפנאים וממשפחת הדפניים.

לשם כך לקחנו דפניות מאדם המגדל אותם בבריכה לצרכי הוראה במכללת בית וגן. הדפניות הושמו בכלי מחורר עם מים ואצות שמהן הן ניזונות. הנחנו את הדפניות בחדר המעבדה של בית הספר על אדן החלון, מדי פעם ופעם הוספנו להם מי ברז עד לגובה מסוים. אחרי ניסויים מקדימים, בהם ניסינו לבדוק אם תה, סיגריה ונס קפה משפיעים על קצב לב הדפניה, ולאחר הקריאה בספרות, החלטנו לבדוק את השפעת ריכוזים שונים של קפה שחור על קצב הלב של הדפניות. לאחר שהחלטנו שהניסוי יערך עם קפה שחור לא ידענו מהו טווח הריכוזים לכן עשינו ניסוי מקדים שני כדי לברר מה הם הכמויות והריכוזים שמאפשרים לספור את קצב הלב של הדפניה. מהניסוי המקדים השני למדנו שכמות של 2 גרם קפה שחור המומס ב-100 מ"ל מים מאפשר לספור את קצב הלב בצורה האופטימלית. החלטנו שכמות זו תהיה ה-100% שלנו. יצרנו 5 מהולים שונים בטווח ריכוזים של 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% ו-0%.



מבחנות עם מהולים שונים של קפה שחור. צולם במעבדת ביואר ב-27.3.11

⁸ קפאין <http://he.wikipedia.org/wiki/קפאין>

⁹ חגית בכר, חנה ברנהולץ (2000), תקשורת ויסות ותיאום ביצורים חיים, המרכז הישראלי להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים, עמודים 148-149

לדוגמה: ביצירת 75% לקחנו 7.5 מ"ל מהתמיסה המקורית והוספנו 2.5 מ"ל מים. בסופו של דבר קיבלנו 5 מבחנות עם מהולים שונים והוספנו מבחנת בקרה אחת שמכילה מים בלבד.

מכאן נובע **שהמשתנה הבלתי תלוי** הוא ריכוזים שונים של קפה שחור. הדפניות הושמו בתמיסות אלה ונבדק קצב ליבם שהוא **המשתנה התלוי**. המשתנה התלוי נמדד על ידי ספירה של מספר פעימות הלב של הדפניה ברבע דקה. הניסוי התבצע במעבדת בית הספר בין התאריכים 27-28.3.11. להלן תיאורו המדויק:

הניסוי כלל **6 דפניות**. כל דפניה הושמה בצלחת פטרי קטנה ומוספרה. לצלחת הפטרי הוספנו כל פעם 2 מ"ל תמיסה של קפה שחור בריכוז שונה (או מים בלבד במקרה של הבקרה). מיד לאחר מכן הכנסנו את הדפניה שבתמיסה לקירור למשך 2 דקות. פעולה זו נעשתה כדי לאפשר לנו למדוד את קצב הלב בצורה מהימנה יותר (קירור מאט את חילוף החומרים ואת הפעילות האנזימטית ולכן גם קצב הלב מואט).

אחרי הקירור הנחנו את הדפניה על זכוכית נושאת בעלת שקע עם מעט מהתמיסה שהיא שהתה בה וקצב ליבה נספר במשך 15 שניות. כל ספירה הוכפלה ב-4, לקבלת מספר פעימות בדקה.

חזרנו **5 פעמים** על הספירה ואחר כך עשינו ממוצע של הספירה. פעילות זו נעשתה לגבי כל אחת מ-6 הדפניות בכל ששת הטיפולים (המיהולים).



ספירת קצב לבה של הדפניה באמצעות מיקרוסקופ. צולם במעבדת בויאר ב-27.3.11

לגבי כל מיהול עשינו ממוצע של כל דפניה ולאחר מכן ממוצע של כל הדפניות באותו מיהול. את כל התוצאות רשמנו בדף טיוטה והעתקנו למסמך אקסל. **עיבוד התוצאות** כלל, מלבד חישוב הממוצעים של כל דפניה ושל כל הדפניות בכל טיפול, גם יצירת גרף של ששת הממוצעים הסופיים שהתקבלו על מנת להמחיש אופן השינוי שחל בקצב הלב של הדפניה באופן ברור יותר.

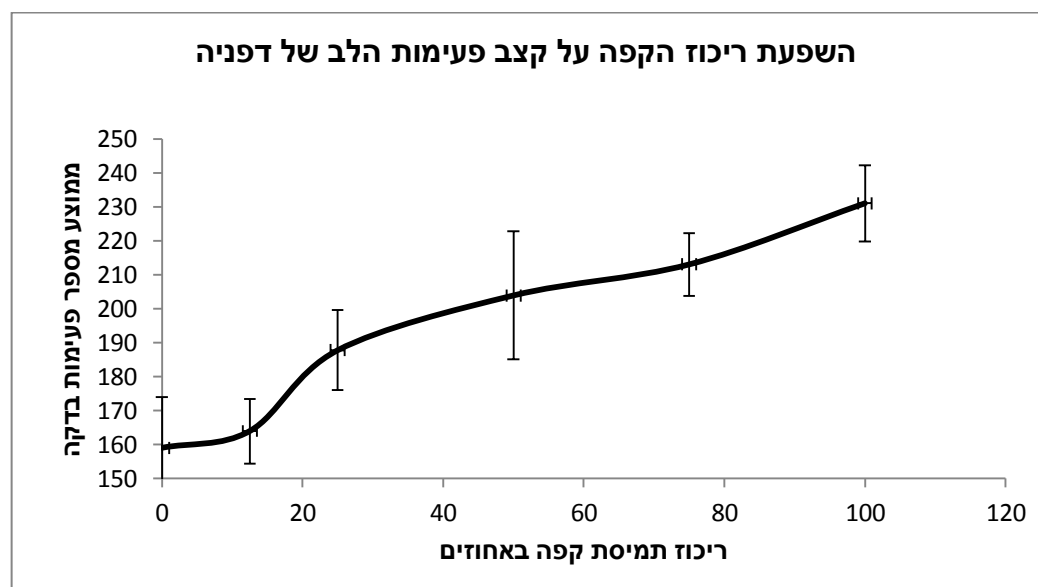
הגורמים הקבועים בניסוי הם: טמפרטורה, האדם הסופר את קצב פעימות הלב, זמן הספירה, זמן השהייה של דפניה במיצוי, כמות המיצוי וזמן השהייה של דפניה במקרה.

הבקרה בניסוי היא בקרה שבה המבחנה כללה מיצוי של 0% קפה (מים בלבד), והיא חשובה מכיוון שהיא מאפשרת להוכיח שריכוז הקפה (המשתנה הבלתי תלוי) הוא הגורם היחיד שמשפיע על קצב הלב של הדפניה.

תוצאות

השפעת ריכוז הקפה על קצב הלב של דפניה:

ריכוז תמיסת הקפה באחוזים	קצב פעימות הלב בדקה ממוצע	סטיית תקן
100	231	11.3
75	213	9.2
50	203.9	18.9
25	187.8	11.8
12.5	164	9.5
0	159	14.8



על פי תוצאות הניסוי ניתן לראות שבריכוז של 100% קפה, ממוצע מספר הפעימות בדקה הוא הגבוה ביותר (231). ככל שהריכוז יורד, קצב הלב יורד בהתאמה עד שמגיעים לבקרה (ריכוז של 0%) שבה קצב הלב הוא הנמוך ביותר (159 פעימות בדקה).

על פי הגרף, ניתן לראות כי בין 12.5% ל-25% השיפוע הוא התלול ביותר, כלומר קצב הלב גבר הכי הרבה. לפי סטיות התקן שהתקבלו, הקבוצה ההטרוגנית ביותר מבין כלל הריכוזים היא קבוצת הדפניות של ריכוז 50% (סטיית תקן של 18.9 שהיא כ-9%).

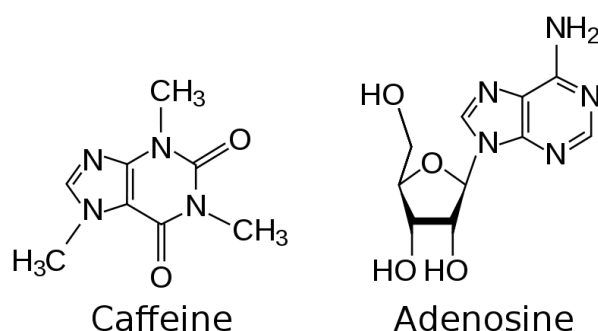
מסקנות ודיון

שאלת החקר בה התמקדנו היא: מה הקשר בין שהיית דפניה בריכוזים שונים של קפה שחור וקצב פעימות ליבה?

השערתנו בניסוי הייתה שכלל שריכוז הקפאין גבוה יותר, כך קצב פעימות הלב של הדפניה גבוה יותר משום שידוע לנו (בהתבסס על סקירת הספרות וידע ביולוגי) שקפאין גורם להגברת קצב הלב. (התייחסנו אל הקפאין שבקפה כאל הגורם המשפיע על התוצאות). תוצאות הניסוי שהתקבלו מאששות את השערתנו (ראה טבלה וגרף) במידה חלקית. השערתנו מתבססת על כך שהקפאין פועל כמגרה את המנגנון העצבי של הדפניה. כאשר מתקבל גירוי, הדבר נקלט בגנגליונים. באמצעות מעברים של מתחים חשמליים נוצרת בסופו של דבר תגובה בתא שריר המתבטאת בהתכווצות או בהרפייתו.¹⁰ לאחר צריכתו, הקפאין נספג במהירות ומתפזר בכל רקמות הגוף ונוזליו, כולל מערכת העצבים המרכזית. הקפאין חוסם את קולטני האדנוזין שבתאי מערכת העצבים המרכזית וכן את הקולטנים שבלב.

האדנוזין הוא נוקלאוטיד, סוג של תרכובת אורגנית, בעל חשיבות עליונה בכל האורגניזמים.¹¹ הוא מרכיב את מולקולות ה-ATP שבתאים, המאפשרות מקור אנרגיה זמין לכל פעולות החיים. נוסף על כך, כאשר אדנוזין נקשר לתא עצב הוא מאט את פעילות התא. הדבר בא לידי ביטוי בסגירת תעלות סידן בעצב הפרה-סינפטי.¹² כתוצאה מכך אין פוטנציאל פעולה ולכן לא עובר מתח חשמלי לאורך העצב. קפאין דומה במבנהו לאדנוזין (ראה איור) ולכן הוא מצליח להיקשר לקולטניו, אך בשונה ממנו,

הקפאין גורם לפעילות עצבית מוגברת המתבטאת בפתיחת תעלות סידן שבקצה תא העצב ולכן למעבר מתח פעולה. מתח הפעולה מתבטא בהפרשה של נירורטרנסמיטורים אל המרווח הסינפטי. אחד מהניורטרנסמיטורים המופרשים ע"י גירוי של קפאין הוא נוראדרנלין הגורם למספר תופעות כגון הגברת קצב הלב.¹³



האיור נלקח מאתר ויקיפדיה בעברית, ערך קפאין.

כאמור, השערתנו בתחילת הניסוי הייתה שכלל שריכוז הקפאין גבוה יותר, כך קצב הלב של הדפניה גבוה יותר. השערה זו אוששה חלקית משום שלפי התוצאות שקיבלנו ניתן לראות כי הגרף לא עולה באותו שיפוע בין כל אחד מערכי המשתנה הבלתי תלוי (ראה גרף).

בין 0% ל-12.5% שיפוע הגרף הוא הנמוך ביותר, זאת אומרת שכמעט ואין שינוי בקצב פעימות לבה של הדפניה כאשר משווים בין המצב הרגיל (0%) למצב שבו הושתתה בתמיסת קפאין בריכוז של 12.5%. את הממצא הנ"ל ניתן להסביר בכך שמדובר בתמיסה המהולה ביותר, כלומר ריכוז הקפאין המצוי בה הוא הנמוך ביותר. כתוצאה מכך אני משערים כי השפעת הקפאין על הדפניה היא יחסית זניחה, דבר הבא לידי ביטוי בעובדה שרוב הקולטנים בגופה של הדפניה קשורים לאדנוזין, (שכאמור

¹⁰ חגית בכר, חנה ברנהולץ (2000), **תקשורת ויסות ותיאום ביצורים חיים**, המרכז הישראלי להוראת המדעים,

האוניברסיטה העברית בירושלים, עמוד 109

¹¹ http://www.health-pages.co.il/article.php?article_id=1582

¹² <http://he.wikipedia.org/wiki/ATP>

¹³ <http://he.wikipedia.org/wiki/קפאין>

לעיל, מאט את הפעילות העצבית לאורך העצב), ומיעוטם קשורים לקפאין, המגביר את הפעילות העצבית בתא. לפיכך, יש הפרשה (אמנם במידה מועטה) של נוראדרנלין, ולכן יש הגברה של קצב הלב.

בין ריכוז של 12.5% לבין ריכוז של 25% השיפוע הוא התלול ביותר, משום שבתחרות ההתקשרות בין הקפאין לאדנוזין לקולטני האדנוזין, מספר רב של מולקולות קפאין נקשרות לקולטנים ולכן תגובת הלב היא גבוהה יותר.

כמו כן, ישנה קפיצה גם בין הערכים 75%-ו-100%. עובדה זו התקיימה להפתעתנו הרבה מפני שחשבנו שאחרי 75% העלייה תהיה מאוד מתונה, משום שהגענו למצב בו השיפוע בין 50%-ל-75% הוא כמעט אפסי. לכן שיערנו שזהו המקסימום, כלומר רוב הקולטנים תפוסים, וכתוצאה מכך לא יכולה להתקיים עלייה כה חדה בקצב הלב כמו שקיבלנו בניסוי. לעובדה אין בידינו הסבר, אך עלינו לזכור שניסוי זה נעשה על 6 דפניות בלבד, בתנאי מעבדה שלא מאפשרים מדידה מדויקת, ולכן ייתכן שקרתה שגיאה קלה בספירות שהובילה לממצאים אלו.

המסקנה שהסקנו מתוצאות הניסוי היא שאכן ככל שריכוז הקפאין עולה, כך קצב פעימות לבה של הדפניה עולה בהתאמה (אך לא בשיפוע זהה). על פי סטיות התקן, כל דפניה בריכוזים שונים מגיבה בצורה אינדיבידואלית. לפיכך, סטיות התקן (בחלק מהריכוזים) היו יותר גדולות מהאחרות בצורה משמעותית.

כבר בעקבות תוצאות הבקרה, אפשר לראות שבמצב הרגיל כל דפניה שונה מהשנייה, מכיוון שסטיית התקן יחסית גבוהה. דבר זה מעיד על כך שלכל דפניה יש קצב לב בסיסי משלה (גם אצל בני האדם זה כך, לכל אחד קצב לב משלו). קצב לב הוא תכונה גנטית שמושפע מגודל האורגניזם, הסביבה בה הוא חי וגיל האורגניזם.

סטיית התקן הגדולה ביותר שהתקבלה הינה בריכוז 50% (9.3%). אנו משערים שהסיבה לכך היא שכל דפניה מגיבה בצורה שונה מאוד לריכוז זה. יכול להיות שבריכוז זה מתרחש השינוי הגדול ביותר במספר הקולטנים התפוסים ע"י קפאין (יחסית לאדנוזין), ובנוסף מספר הקולטנים הוא אינדיבידואלי לכל דפניה.

הניסוי שביצענו התבצע במעבדת בית ספרנו. המעבדה שבבית ספרנו היא מעבדה אשר מוגבלת יחסית מבחינת ציוד וכן מאיכותו, והדבר ללא ספק גרם לאי דיוקים קלים בתוצאות שהתקבלו. במהלך הניסוי השתמשנו בכלים מעבדתיים (לדוגמה: פיפטות, כפות ברזל שטוחות). כיוון שהדפניה היא יצור מאוד קטן ועדין, לא פעם קרה שבמשך הניסויים שבוצעו הדפניה מתה תוך כדי העברתה מהצנצנת שבה שהתה אל התמיסה, ומהתמיסה אל הזכוכית הנושאת לצורך מדידת קצב פעימות לבה. לעיתים לא היינו מספיק זהירים או שהמכשיר בו השתמשנו היה חד מדי, ולדעתנו זו הסיבה שהובילה למותה. כתוצאה מכך נאלצנו לבדוק יותר מ-6 דפניות בכל טיפול. בנוסף, באחד מהטיפולים שביצענו הדפניה מתה במהלך שהותה בקירור ולכן היה צורך לבצע ספירה חוזרת עם דפניה חדשה לגבי כל אחד מהמיהולים השונים.

לפני תחילת הניסוי נתקלנו בקושי כיצד לספור את קצב פעימות הלב בצורה המדויקת ביותר משום שבמעבדתנו אין מכשיר טכנולוגי המסוגל למדוד קצב פעימות לב בדיוק מקסימלי. לפיכך, הדרך היחידה שמצאנו למדידת קצב הלב היא על ידי ספירה שהתבצעה על ידינו, כלומר דרך הסתכלות במיקרוסקופ וספירת הפעימות. אין בידינו שום ספק כי עין אנושית יכולה לטעות ולהוביל לאי דיוקים מסוימים, אך בהתחשב בעובדה שזו האפשרות היחידה שעמדה לרשותנו לא הייתה לנו ברירה אלא להשתמש בה. בנוסף, ספירת הפעימות במשך דקה היא דבר שיכול להוביל לבלבול וטעות בספירה ולכן החלטנו למקד את הספירה ב-15 שניות בלבד ולהכפיל ב-4 לקבלת מספר פעימות בדקה.

התוצאות שקיבלנו תאמו את הממצאים שמצאנו בסקירת הספרות, שם מצאנו מידע אודות ניסויים שבוצעו עם דפניות וקפאין ובעזרתם ראינו כי קפאין משפיע על קצב הלב של הדפניה. במאמרים

שקראנו מצאנו כי קצב לבה של דפניה ששוהה בתמיסת קפאין עלה לערכים של כ-280 פעימות בדקה. אולם, בניסויים שהם ביצעו לא צוינה הכמות המדויקת של ריכוז הקפאין ולכן כאשר מדדנו את קצב הלב של הדפניה (לפני שהוחלט להכניסה לקירור בטרם כל מדידה), התקבל קצב לב של 260 פעימות בדקה. ההשערה שהעלינו היא שמבצעי הניסוי מן המאמר השתמשו בריכוז קפאין גבוה יותר, ולכן קיבלו תוצאות שונות משלנו או שהתוצאות השונות התקבלו בעקבות התנאים המוגבלים שעמדו לרשותנו. בנוסף, בעקבות תנאי המעבדה שעמדו לרשותנו, וכתוצאה מהעובדה שהדפניות מתות יחסית מהר, לא ביצענו חזרות ובדקנו רק 6 דפניות. משום כך לא ניתן להסיק מסקנות כוללות מניסוינו.

הניסוי שלנו מתקשר לרעיון המרכזי בביולוגיה הנקרא **אחידות בעקרונות המבנה והתפקוד ושוני בצורה.**

כזכור, רצינו לדעת מדוע אנו חשים ערניים לאחר שתיית כוס הקפה, מהם בעצם התהליכים הביולוגיים המתרחשים בגופנו הגורמים לנו להרגשת ערנות שכזו? משום שעל פי החוק ניסויים בבני אדם הינם אסורים החלטנו להשתמש בדפניות. התבססנו על כך שבני האדם והדפניות נכללים שניהם בעולם היצורים החיים, שלכולם אחידות רבה במבנה ובתפקוד של אברונים, תאים, אנזימים, מערכות הובלה וכד', ומאידך יש שוני רב בצורה.

לב הדפניה ולב האדם הם שני איברים שונים בצורתם ובגודלם. לב הדפניה שונה לגמרי בצורתו מלב האדם (אין לו חדרים, עליות, ואת כל כלי הדם המאפיינים את לב האדם). עם זאת, יש אחידות בדרך תפקודם ובהשפעת חומרים מסוימים על התכווצות שריר הלב והפעילות הנוצרות. התפקוד מתבטא בכך שחומרים מסוימים נקשרים כנראה לקולטנים שעל תאי הלב ומפעילים אותו באופן דומה. שיערנו שייתכן והלבבות יגיבו באופן דומה, ואכן איששנו השערה זאת בניסוי שביצענו, (לפחות בריכוזים בהם השתמשנו). הניסוי שלנו אם כך הוכיח שאכן יש אחידות בעקרונות המבנה והתפקוד למרות שיש שוני בצורה.

בפרק הדיון יש סגירת
מעגל ברורה עם השאלה
שהועלתה בפתיח,
והרחבת הנושא- מבט על
תוך קישורו לרעיון ביולוגי
מתאים.

ביבליוגרפיה

- 1) עורך: חנן לב (1986) **חי וצומח בעונתו ובבית גידולו הטבעי**, שלולית החורף, המרכז הישראלי להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמודים: 72-74
- 2) חגית בכר, חנה ברנהולץ (2000), **תקשורת ויסות ותיאום ביצורים חיים**, המרכז הישראלי להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים, עמודים: 109, 136, 148-149
- 3) תוצאות ותיאור מחקר שנערך בארה"ב על השפעת חומרים מסוימים על קצב לבה של הדפניה:
<http://www.docshare.com/doc/98958/Effect-of-caffeine-nicotine-alcohol-epinephri>
- 4) מאמר שנכתב ע"י Martine Berube, מרצה ב-Wheelock College
<http://whale.wheelock.edu/archives/ask99/0242.html>
- 5) קטע מתוך המאמר "Chemistry Caffeine Lab", עמודים 6-9
<http://departments.oxy.edu/tops/Caffeine/CAFFEINE-T.pdf>
- 6) הערך דפניה/Daphnia (באנגלית) מתוך "ויקיפדיה" – האנציקלופדיה החופשית
<http://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia>
- 7) הערך דפניה (בעברית) מתוך "ויקיפדיה" – האנציקלופדיה החופשית
<http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%93%D7%A4%D7%A0%D7%99%D7%94>
- 8) הערך דפניה מאגנה (באנגלית) מתוך "ויקיפדיה" – האנציקלופדיה החופשית
http://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia_magna
- 9) מאמר שנכתב ע"י ד"ר JOHN R. BLINKS מאיגוד רופאי הלב האמריקני
<http://circres.ahajournals.org/cgi/content/abstract/30/4/367>
- 10) מאמר שנכתב ע"י Taisija De Gubareff and William Sleator ממחלקת פיזיולוגיה באוני' וושינגטון
<http://jpet.aspetjournals.org/content/148/2/202.short>
- 11) דף מידע על קפאין שנכתב ע"י משרד הבריאות הישראלי
http://www.health-pages.co.il/article.php?article_id=1582
- 12) מאמר שנכתב ע"י Marguerite K. Bohm and Richard A. Parker, מעובד מתוך הספר "Journal of Morphology"
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmor.1051260402/abstract>
- 13) הערך קפאין (בעברית) מתוך "ויקיפדיה" – האנציקלופדיה החופשית.
<http://he.wikipedia.org/wiki/קפאין>
- 14) הערך אלקלואיד (בעברית) מתוך "ויקיפדיה" – האנציקלופדיה החופשית אלקלואיד
<http://he.wikipedia.org/wiki/>

רשימת המקורות גדולה
בהרבה מהנדרש. ניתן היה
לצמצם חלק מהמקורות
שתרומתם מעטה.
לא כל מקורות המידע
כתובים לפי ההנחיות

השפעת דיכון על עדשת מים זעירה

בית הספר- תיכון אזורי מקיף ע"ש י"ח ברנר

עומר נחום, שיר פרינגר ויואב ארד
בהנחיית המורה- גלילה אלדאג

מבוא

בעבודתנו בחרנו לבדוק את השפעת ריכוזי דשן שונים על צמח מים מתוקים.

נדאי להרחיב את
הפתיחה ולהתייחס
לחשיבות הנושא
שנחקר

הצמח שבדקנו הוא עדשת מים זעירה, (בלעז- *Lemna minor*).
עדשת המים הזעירה היא צמח מים קטן (2-4 מ"מ) הצף
בשוליות מים, בתעלות ובקרבת גדות של נהרות. גופו של הצמח
חסר גבעול ועלים וצורתו כעדשה, והוא שטוח בשני עבריו. באפידרמיס
העליון יש פיוניות והגוף מצויד ברקמת אוורור. בצידו התחתון של הצמח צצים שורשים אחדים. עדשת
המים מתרבה באופן וגטיבי ומהיר. בצדיה של כל עדשה מצויה גומה דמוית כיס שממנה צומחת
"עדשת- בת" לאחר זמן מה היא ניתקת מצמח האם והופכת לצמח עצמאי. (1+4)

כדי שצמח יגדל הוא זקוק, בנוסף לתוצרי הפוטוסינתזה, גם למים וליסודות מינרלים. הדשן הכימי הוא
תערובת של יסודות מינרליים החיוניים לצמח במצב מסיס וקליט. היסודות המופיעים בדשן בדרך
קבע הם חנקן, זרחן ואשלגן ובנוסף להם מיקרו אלמנטים (כמו ברזל, אבץ, נחושת ועוד). (2)

בעבודה נבדקה השפעה של ריכוז הדשן על העדשות. הדשן בו בחרנו להשתמש הוא דשן המכונה
20- 20- 20, כלומר הוא מכיל 20% חנקן, 20% זרחן ו-20% אשלגן, ובנוסף מיקרו אלמנטים- ברזל,
מנגן, מוליבדן, אבץ ונחושת. בצמחים החנקן (N) מהווה מרכיב חשוב בחומצות אמיניות, בחומצות
גרעין, **בכלורופיל**, ב-ATP, בהורמונים ובקו אנזימים. הזרחן (P) מהווה מרכיב במולקולות ATP ו-
ADP, בחומצות גרעין, בקו אנזימים ובשומנים. האשלגן (K) מעורב בשמירה על פוטנציאל אוסמוטי
תקין ועל מאזן יוני, וכן מעורב בבקרה על פתיחת הפיוניות וסגירתן ומפעיל אנזימים רבים (2). מחסור
בחנקן ו/או באשלגן מונע התפתחות נורמלית של הכלורופלסט וכתוצאה מכך חל עיכוב בפוטוסינתזה.
(3)

לפיכך אנו צופים שהוספת הדשן לסביבה המימית של עדשות המים תגרום להתרבות מואצת של
העדשות, לשינוי בגוון הירוק (בכמות הכלורופיל) בריכוזי דשן מסוימים, ובריכוזים גבוהים יתכן והדשן
יזיק לעדשות. גורמים נוספים שעשויים להשפיע על עדשת המים הזעירה הם גורמים כמו אור
וטמפרטורה.

שאלת החקר הראשונה: **מה הקשר בין ריכוז הדשן לבין גודל אוכלוסיות עדשות מים זעירות? אנו**
משערים שכל שריכוז הדשן יהיה גבוה יותר כך אוכלוסיית העדשות תגדל, עד גבול מסוים. הבסיס
הביולוגי להשערה זו הוא שהצמח זקוק למינרלים ואם נספק לו אותם, כלומר נספק לו תנאים טובים
לגדילה והתרבות, האוכלוסייה תגדל. נוכל לבדוק את הגידול באוכלוסייה על פי השוואת אחוז כיסוי
של העדשה בכלי הגידול בתחילת הניסוי לאחוז הכיסוי בסוף הניסוי.

שאלת החקר השנייה: **מה הקשר בין ריכוז הדשן לבין רמת כלורופיל בעדשות מים זעירות? אנו**
משערים שכל שריכוז הדשן יהיה גבוה יותר רמת הכלורופיל בעלים תהיה גבוהה יותר. הבסיס
הביולוגי להשערה זו הוא שהדשן מכיל חומרים שדרושים לבניית הכלורופיל ואם נספק לעדשות יותר
חומרים לבנייה, סביר שרמת הכלורופיל תעלה. את רמת הכלורופיל נבדוק בעזרת סרגל צבעים
שידגים את ההבדל בין רמות כלורופיל בעלים.

מערכ החקר, כולל חומרים ושיטות

השאלה: מה הקשר בין ריכוז הדשן לבין גודל אוכלוסיות עדשות מים זעירות?

האורגניזמים שנבדקו: עדשת מים זעירה. בלעז - Lemma minor.

המשתנה הבלתי תלוי: ריכוז הדשן.

אופן שינוי המשתנה הבלתי תלוי (טיפול): יצירת סדרת תמיסות שבכל אחת מהן ריכוז שונה של דשן נפח כל תמיסה - 100 מ"ל, ע"י מיהול הדשן במים מזוקקים. הריכוזים הם: 0% 0.1% 0.2% 0.3% 0.4% 0.5%. בחרנו טווח ריכוזים זה על פי תוצאות הניסוי המקדים שעשינו, ממנו הסקנו שהטווח בניסוי המקדים היה גבוה מדי.

המשתנה התלוי: גודל אוכלוסיות עדשות.

אופן מדידת המשתנה התלוי:

אחוז כיסוי של אוכלוסיות העדשות. אחוז כיסוי העדשות נקבע בתחילת הניסוי (50%).

גורמים קבועים ואופן השמירה:

- האורגניזם הנבדק - עדשת מים זעירה. כל העדשות נלקחו מאותו מקור, כלומר לפני הניסוי התנאים בסביבת העדשות היו זהים.
- אחוז כיסוי התחלתי של עדשת מים בכלי הגידול.
- שמירה על נפח התמיסה - הוספת מים מזוקקים בהתאם לצורך כל שלושה ימים. (עד ל100 מ"ל בכל כוס).
- תנאי סביבה (בפרט טמפרטורה ואור): הניסוי בוצע בטמפרטורת החדר, מעל הניסוי הוצבו מנורות שהאירו את הצמחים 24 שעות ביממה לכל אורך הניסוי.

בקורות: הניסוי בא לבדוק השפעת שינוי ריכוז דשן על גידול אוכלוסיות עדשות מים זעירות. טיפול ללא דישון הוא ריכוז 0%. במערכ הניסוי כלולה בקרה פנימית השוואתית, שתאפשר השוואה של התוצאות שיתקבלו בריכוזים שונים של דשן.

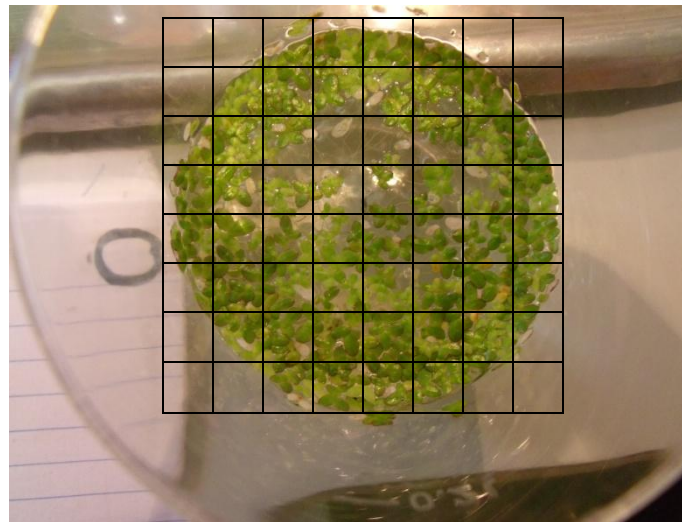
חזרות וריבוי פריטים: לכל טיפול היו שלוש חזרות. שישה טיפולים - ריכוזים, לכל ריכוז שלוש חזרות משמע סה"כ 18 כוסות. והיו פריטים רבים של עדשת המים בכל כוס.

מהלך הניסוי: הכנת הריכוזים - יצרנו ליטר 1 מתמיסה של 1% דשן 20-20-20 (תמיסת האם) אשר ממנו יצרנו את הריכוזים השונים. בעזרת עוד ליטר 1 של מים מזוקקים יצרנו את תמיסות השונות. בשלב זה פיזרנו את הכוסות בצורת מלבן 3X6. יצירת הריכוזים השונים לדוגמא: על מנת ליצור ריכוז 0% השתמשו רק במים מזוקקים. על מנת ליצור 0.1% מהלנו 10 מ"ל מתמיסת האם עם 90 מ"ל מים מזוקקים. ובאופן דומה לגבי שאר הריכוזים.

לאחר יצירת כל התמיסות בכוסות סימנו קו במפלס של 100 מ"ל על מנת לשמור על מפלס התמיסות אחיד כנגד התאדותן, על ידי הוספת מים מזוקקים עד לקו הנ"ל (כל שלושה ימים). לבסוף, הכנסנו כמות עדשות שווה לכל כוס, כך שאחוז הכיסוי ההתחלתי היה 50%.

הניסוי נערך בבית הספר. הניסוי החל ב-9.3.11 והופסק ב-27.3.11.

אופן עיבוד התוצאות. דוגמה בתמונה מספר 1



תמונה 1

צילמנו את הצמחים הצפים בכוס. גודל הרשת ששמנו על התמונה הוא 8 על 8 כלומר 64 משבצות. ספרנו את מספר המשבצות שלא מכסות את התמיסה, החסרנו את המספר (בדוגמא זו 18 משבצות) מהמספר הכולל של הרשת (64 משבצות) וקיבלנו 46 משבצות. ולאחר מכן ספרנו את מספר המשבצות המלאות + חיבור חצאי משבצות מלאות (בעדשות חיות – עדשות ירוקות) קיבלנו 34 משבצות, וכעת המרנו את הנתונים לאחוז כיסוי על ידי החישוב הבא- 34 כפול 100 ואת התוצאה חילקנו ב-46, כך קיבלנו את אחוז הכיסוי של העדשות בריכוז זה- 74%.

השאלה: מה הקשר בין ריכוזי דישון שונים לרמת כלורופיל בעדשות מים זעירות.

בשאלה זו בדקנו את רמת כלורופיל בעלי עדשות מים זעירות. לפיכך כל הנאמר לגבי השאלה הקודמת תקף גם לשאלה זו מלבד המשתנה התלוי ששונה ומכאן גם הדרך למדידת המשתנה התלוי.

על מנת לבדוק רמות כלורופיל בעלי העדשות יצרנו סרגל צבעים ובשביל שנוכל לדרג באמצעותו רמות כלורופיל לכל צבע הצמדנו מספר, כך אנו הופכים את הצבע למדד כמותי שניתן לדרג.

את הסרגל שמנו ליד כל הטיפולים והחזרות שלהם ובדקנו איזה צבע מהסרגל הוא הדומה ביותר לצבע העלים, ומספר הצבע מייצג את רמת הכלורופיל של אותם עלים.

לדוגמה בתמונה מספר 2- שמנו את הסרגל ליד התמונה וראינו שצבע העלים הוא בין הירוק המסומן כ-6 לירוק הכהה יותר המסומן כ-7, אז ניתן לומר שרמת הכלורופיל בעלי העדשות ששהו בריכוז 0.1% היא 6.5.



תמונה 2

בבדיקה זו הניחו שקיים קשר ישיר בין צבע העלה לבין רמת הכלורופיל. ניתן לקבוע את ריכוז הכלורופיל באופן ישיר ע"י מיצוי ושימוש בספקטרופוטומטר.

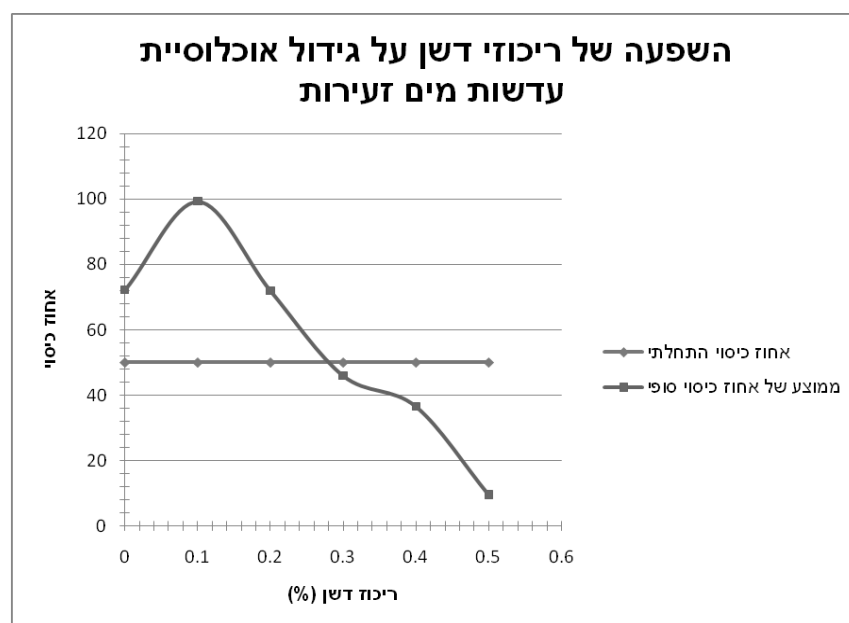
תוצאות

טבלה 1- השפעת ריכוז הדשן על ממוצע אחוז כיסוי של צמחי עדשת מים

טיפול	ריכוז דשן (%)	כיסוי התחלתי (%)	ממוצע כיסוי סופי (%)	סטיית תקן
1	0	50	72.3	2.08
2	0.1	50	99.3	1.15
3	0.2	50	72.0	4.58
4	0.3	50	46.0	2.00
5	0.4	50	36.6	2.08
6	0.5	50	9.6	2.08

התוצאות הן ממוצע של שלושת החזרות שנעשו בכל ריכוז.

גרף 1

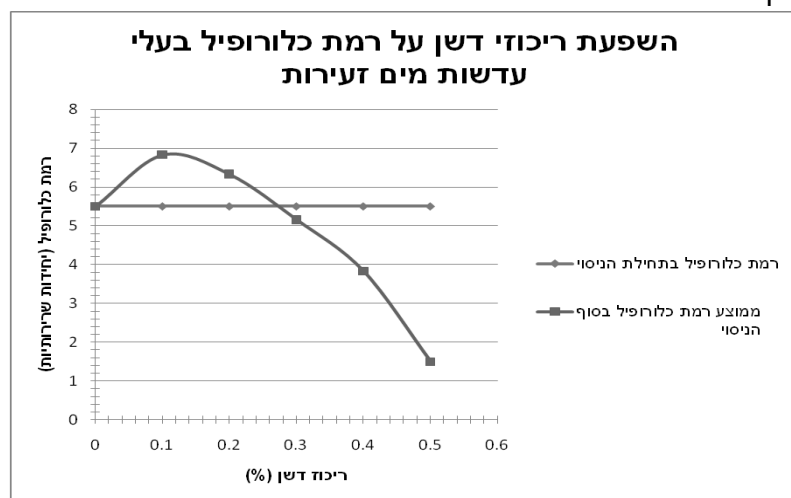


ניתן לראות שבריכוז 0.1% דשן אוכלוסיית העדשות גדלה עד כדי כך שממוצע אחוז הכיסוי הוא כמעט מאה אחוז. מריכוז זה עד לריכוז 0.5% דשן ניתן לראות ירידה שברובה היא מתונה באחוז הכיסוי כלומר בגידול האוכלוסייה.

טבלה 2- הקשר בין ריכוזים של דשן לבין רמת כלורופיל בעלי עדשות מים זעירות. העדשות שנלקחו לניסוי היו בעלות רמות כלורופיל דומות, כלומר צבע העלים שלהן היה דומה מאוד זו לזו ולכן הרמה שנבחרה כרמה של תחילת הניסוי היא 5.5. הממוצע בסוף הניסוי הינו ממוצע של שלושת החזרות שנערכו עבור כל טיפול.

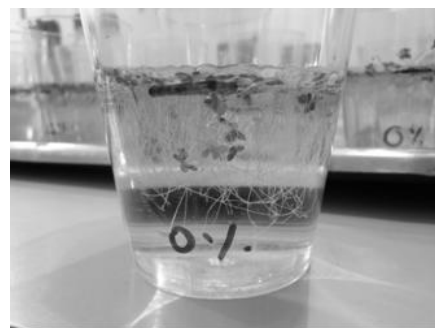
טיפול	ריכוז דשן (%)	רמת כלורופיל בתחילת הניסוי (יחידות שרירותיות)	ממוצע רמת כלורופיל בסוף הניסוי (יחידות שרירותיות)
1	0	5.5	5.5
2	0.1	5.5	6.8
3	0.2	5.5	6.3
4	0.3	5.5	5.2
5	0.4	5.5	3.8
6	0.5	5.5	1.5

גרף 2



כפי שניתן לראות רמת הכלורופיל הגבוהה ביותר נראתה בריכוז 0.1% של דשן. מריכוז 0% עד 0.1% ניתן לראות מגמה של עלייה ברמת הכלורופיל, אך לאחר ריכוז 0.1% חלה ירידה מתונה עד לריכוז 0.4% ברמת הכלורופיל. מריכוז 0.4% עד לריכוז 0.5% חלה ירידה תלולה יותר ברמת הכלורופיל.

בדיקה נוספת שנעשתה היא השוואת אורך השורשים בריכוזי דשן שונים. ההבדלים מודגמים בצילומים 4 ו-5.



בתמונה מימין שורשים ארוכים בריכוז 0% דשן. התמונה משמאל היא בריכוז 0.2% דשן, והיא מייצגת את אורך השורשים בשאר הריכוזים. אורכם כחצי מאורך השורשים במים ללא דשן.

מסקנות ודיון

שאלת החקר הראשונה שנבדקה הייתה: מה הקשר בין ריכוז הדשן לבין גודל אוכלוסיות עדשות מים זעירות? שערנו שככל שריכוז הדשן גבוה יותר כך אוכלוסיית העדשות תגדל יותר. תוצאות הניסוי מאששות חלקית את ההשערה. כפי ששערנו כאשר ספקנו לעדשות דשן אוכלוסיית גדלה, (ראה תוצאות בטבלה 1- בריכוז 0.1% דשן), אך בשונה מהשערנו כאשר הגדלנו את ריכוז הדשן – אוכלוסיית העדשות לא המשיכה לגדול אלא חלה ירידה בגידולן אפילו מתחת לערך ההתחלתי. (ראה תוצאות בטבלה 1). יש לציין כי תוצאות כל החזרות היו דומות דבר המצביע על מהימנות התוצאות.

בהתאמה לכתוב במקורות הספרותיים מרכיבי הדשן הועילו לצמח. אך רק כאשר היו בריכוזים נמוכים (השוואה בין בקרה לריכוז 0.1%). כפי שרשמנו במבוא ריכוז גבוה מדי של דשן עלול להזיק לצמח, ואכן קבלנו שבריכוזים מעל 0.1% היה כיסוי העדשות במגמת ירידה, ומתחת לערך ההתחלתי. נשאלת השאלה מאין העדשות בריכוז 0% משיגות את המינרלים הדרושים לקיומם? הסבר אפשרי לכך הוא שלעדשה יש מאגר מינרלים פנימי שהספיק לקיומה והתפתחותה, או שהמים אינם מזוקקים לגמרי ומכילים בתוכם מינרלים חיוניים.

אנו סבורים שההסבר לכך הוא שדישון יתר עלול לגרום נזק לצמח- דישון יתר גורם להפרש גדול בין ריכוז המומסים בתאי היונקות של הצמח לבין זה בתמיסה החיצונית ומעט מים יכולים להיקלט על ידי הצמחים. ככל שריכוז הדשן בסביבה החיצונית גדול יותר, פחות מים נקלטים על ידי הצמח. מחסור במים עלול לגרום למגוון בעיות בצמח הרי המים הם המרכיב העיקרי ברקמות הצמח. למים תפקידים חיוניים לקיומו של הצמח, כמו המסת חומרים, הובלת חומרים, קיום תגובות כימיות ועוד. נזק נוסף שדישון יתר עלול לגרום הוא להרעלת הצמח. עודף מינרל מסוים עלול לשבש קליטת מינרלים חיוניים אחרים, מינרלים מסוימים עלולים לפגוע במאפייני הסביבה החיצונית, למשל לשנות את רמת החומציות. (2) המסקנה היא שלמרות שהיסודות המינרליים המצויים בדשן מאפשרים לצמח להתפתח בצורה תקינה, אספקה של מינרלים ברמה גבוהה מידי תגרום נזק להתפתחות הצמח וגף לתמותה.

שיפור שניתן היה לערוך במערך הניסוי- בנוגע לשמירה על נפח התמיסות שבכוסות. כדאי היה למלא מים מזוקקים בתכיפות גבוהה יותר, כל יום במקום כל שלושה ימים. שיפור זה היה מונע תנודות חריפות מידי בריכוזי הדשן.

שתי השאלות קשורות זו לזו, אולם הקשר לא מוזכר בעבודה. התייחסות לקשר בין מינרלים כמו מגנזיום, לבין כלורופיל, פוטוסינתזה גדילה והתרבות, הייתה תורמת לדיון מעמיק יותר.

שאלת החקר השנייה הייתה: מהו הקשר בין ריכוז הדשן לבין רמת הכלורופיל בעדשות מים זעירות? שערנו שככל שריכוז הדשן יהיה גבוה יותר כך רמת הכלורופיל תהיה גבוהה יותר, עד גבול מסוים. הבסיס הביולוגי להשערה זו הוא שהדשן מכיל חומרים שדרושים לבניית הכלורופיל ואם נספק לעדשות יותר חומרים לבנייה, סביר שינצלו זאת בין היתר לבנייה של כלורופיל וכך רמתו תעלה.

תוצאות הניסוי מאששות חלקית את ההשערה שלנו. כפי ששערנו בריכוז מסוים הדשן גרם לעלייה ברמת הכלורופיל. בריכוזים נמוכים מצאנו שצבע העדשות ירוק יותר, ואנחנו מניחים שנוצר יותר כלורופיל. (ראה טבלה 2) בריכוזים הגבוהים יותר נראה שהדשן הזיק לעדשות, הזיק להתפתחותן הנורמלית וגרם לירידה ברמת הכלורופיל בצמח. יש לציין כי תוצאות החזרות היו דומות דבר המצביע על מהימנות גבוהה של התוצאות.

מסקנה נוספת אליה הגענו, שאיננה תשובה ישירה לשתי שאלות החקר, קשורה לאורך שורשי העדשות בריכוזים השונים. אורך שורשי העדשות ששהו בריכוז 0% היה ארוך ביחס לאורך שורשי העדשות ששהו בשאר הריכוזים שהכילו דשן. אנו מניחים שהסיבה לכך היא שכאשר לצמח יש קושי למצוא מינרלים הוא מרחיב את מערכת השורשים שלו וכך קל לו יותר לאתר את המינרלים הדרושים לו. (3) לכן כאשר לא סיפקנו דשן כלל מצאנו שורשים ארוכים ביחס לטיפולים בהם סיפקנו דשן. אפשר לסכם שבשתי שאלות החקר מצאנו שהטיפול בו נראה הגידול הגדול ביותר של האוכלוסייה ונראתה רמת הכלורופיל הגבוהה ביותר הוא טיפול 2- ריכוז דשן (20-20-20) 0.1%. כעת אנו יכולים לומר שלפי מחקרנו זהו הריכוז האופטימלי של דשן לגידול עדשת מים זעירה. יש לציין כי לא צפינו שריכוז זה יהיה האופטימלי שכן לפי הנחיות היצרן הכמות המומלצת של דשן היא גבוהה יותר. לפי המלצה זו בחרנו את סדרת המהולים בניסוי המקדים שערכנו, אולם כל ריכוז שבדקנו הזיק במידה זו או אחרת לעדשות. כך ידענו לבחור את הריכוזים הנמוכים בניסוי הנוכחי. ניתן לומר שביחס לצמחים אחרים לעדשות המים הזעירות יש דרישות צנועות להזנה מינרלית. סביר להניח שהסיבה לכך היא היותה של העדשה צמח של מים מתוקים.

מסקנה נוספת זו מתייחסת לרמת האורגניזם. עד כה הדיון היה ברמת האוכלוסיות התייחסות לדרך מדידה נוספת, שמראה מגמת תוצאות דומה, מסייעת לבסס את המסקנות.

אם בוחנים את הנושא אותו בחרנו בראיה ביולוגית רחבה, אחד הרעיונות הביולוגיים אליו הנושא שלנו מתקשר הוא **גדילה והתפתחות**. מערכות ביולוגיות, כמו המערכות השונות בצמחים, זקוקות לחומרים כמו מינרלים לשם התפתחותן התקינה. בניסוי שערכנו הוספת מינרלים בכמות מסוימת גרמה ליצירת כלורופיל, להתפתחות מואצת של עדשות המים ולהתרבותן. (3)

מקורות מידע

1. זהרי מ., (1978), "כל העולם הצמחים", הוצאת ספרים עם עובד בע"מ ת"א, עמוד 595.
2. כהנא א., (2002), "פוטוסינתזה והזנה מינרלית בצמח", הוצאת "מעלות", עמוד 162, 178.
3. נוימן י., (לא מוזכרת שנת ההוצאה), "תהליכים ביו-אנרגטיים בצמח- פוטוסינתזה ונשימה", מפעלים אוניברסיטאיים להוצאה לאור עמוד 227.
4. שמאלי א., (1970), "מחזור הצומח והחי בישראל", הוצאת מסדה, עמוד 462.

השפעת שמן אתרי של רוזמרין על התפתחות זרעי חיטה

אושרית אלמקייס, ספיר עמיר, מעיין מיתמר בית הספר- הניסוי למדעים ואומנויות אורט במעלה טבריה
בהנחיית המורה- ורד בריימוק

מבוא

במהלך לימודי האקולוגיה למדנו כי היום מנסים החקלאים למצוא פתרונות לקטילת עשבים בהדברה ביולוגית באמצעות חומרים אללופתיים (1). בעקבות ניסויים שערכנו בכיתה, הקשורים בנביטת זרעים שונים, בחרנו לעסוק בעבודתנו בנושא אשר משפיע על נביטת הזרעים. בנוסף, קבלנו השראה לאחר קריאת מאמרו של ד"ר דודאי בו הוא מדווח על ניסויים שנעשו כבר לפני 80 שנה שקשורים בעיכוב נביטה של חיטה, לפת ובקיה, וגילה שהעיכוב נגרם ע"י חומרים נדיפים שיצאו מתוך העלים הכתושים של הצמח המעכב – מרווה (2).

נקודת המוצא הינה המושג אללופתיה, משמעותו- תופעה של השפעת גומלין בין מינים שונים שבה מזיק מין אחד לאחר. לרוב מדובר על השפעה מזיקה של מין ביולוגי על מין ביולוגי אחר בסביבתו, או על זרעיו שלו עצמו, עקב הפרשת חומר רעיל או מעכב התפתחות (דיכוי צמיחה או עיכוב נביטה) אשר נקראים אללוכימיקלים ונוצרים מצמחים עילאיים. חומרים אללופתיים הם, לרוב, מעכבים נדיפים המופרשים מן השורשים, העלים או חלקי צמח אחרים. לעתים ההשפעה האללופתית נוצרת על ידי עידוד צמיחה של צמח המדכא את הצמח המושפע, ובכך גורם לעיכוב התפתחותו. המקרה הפרטי של אללופתיה עצמית הוא למעשה ויסות של אוכלוסיית המין המאפשר את קיומם במקום שבו המשאבים מוגבלים. חלק מן החומרים המופרשים מן הצמח הם טרפנואידים וביניהם טרפנים נדיפים, שנמצאים בשמנים אתרים. (3)

השמנים האתריים מכילים תערובות שונות ומורכבות של חומרים כימיים נדיפים, בעלי מסיסות נמוכה מאוד במים, השמן האתרי בצמחים מרוכז בבלוטות או בחללים מיוחדים, המגינים על הצמחים ולא גורמים להרעלה עצמית שלהם. השמן האתרי מתרכז בדרך כלל ב"שערות בלוטיות" הנוצרות על גבי האפידרמיס.



שערות בלוטיות על עלה רוזמרין (8)

כמו שהזכרנו, בשמנים אתרים ישנם טרפנואידים וביניהם טרפנים נדיפים. מרכיבי השמן האתרי הינם "מטבוליטים משניים" בצמחים (2).

במהלך תכנון הניסוי קראנו ששמן אתרי הינו בעל השפעה חזקה יותר מחלקי הצמח עצמו משום שהוא תמציתו מרוכזת, ולכן פעילותו הרבה יותר חזקה מחלקי הצמח הבודדים כגון: עלים, גבעול,

ושורשים ועוד (4). בניסוי מקדים בדקנו את השפעת עלים שונים : זוטה לבנה, טיון, רוזמרין, ומרווה על הנביטה שהיא תהליך מאוד חשוב במהלך חייו של הצמח, ראשית משום שהנבט פגיע ביותר, בעיקר בעודו צעיר, שנית משום שהמקום והזמן בהם תחול הנביטה יקבעו את סיכוייו של הצמח הנובט להשלים את מחזור חייו.

בחרנו לעבוד עם זרעי חיטה כי הם זמינים, נובטים בשיעור גבוה, ומופיעים במחקרים אותם קראנו, כך שנוכל להיעזר במאמרים אלו על מנת לבסס את ההשערות שלנו. בחירת השמן האתרי הייתה על סמך התוצאות בניסוי המקדים. מהתוצאות עולה כי עלי הרוזמרין מעכבים מאוד את הנביטה של זרעי החיטה.

כאשר ניסינו לברר מהו המנגנון המשפיע על התאים וגורם לעיכוב נענינו על ידי ד"ר נתיב דודאי (2) כי ממחקרים עולה כי חלק ממרכיבי השמנים האתריים פוגעים בריכוזים מזעריים בשלד התא ("מערכת המיקרוטובולי") של תאי צמח ובע"ח, זאת על ידי פירוק הפולימר (פולימר הוא שרשרת ארוכה של יחידות חוזרות הקשורות ביניהן על ידי קשר קוולנטי. מולקולות הענק של הפולימר נוצרות כתוצאה מהיקשרות כימית של היחידות החוזרות) המרכיב אותה ו/או על ידי מניעת יצירתו. כך נמנע גם כושר ההתחלקות של תאי הצמח התלוי במערכת הזו.

פגיעה בכושר החלוקה הנגרם על ידי השמן האתרי הינו גורם משמעותי בעיכוב הנביטה.

השמנים האתריים לא עובדים רק במנגנון אחד אלא בשילוב מנגנונים, ולכן יתכן שזו הסיבה לכך שיש סינרגיזם בין המרכיבים, כך ששמן אתרי של צמח מסוים עשוי לפעול טוב יותר מאשר כל אחד ממרכיביו. במהלך המחקר, לעתים מנגנון אחד עשוי למסך קיומו של מנגנון אחר. לדוגמא, הרס מערכת המיקרוטובולי מתרחשת בריכוזים הרבה יותר נמוכים מאלה שפוגעים באופן ברור בממברנה. לכן חוקרים שבדקו ריכוזים גבוהים יחסית של השמן האתרי גילו הרס ממברנות ומוות התאים מבלי שהבחינו בפגיעה במיקרוטובולי, שהיא מסובכת יותר מבחינה טכנית לבדיקה.

אנו מניחות שאורך השורשונים והניצרונים המתפתחים מזרעי החיטה בעת הנביטה ומבטאים בעבודתנו את התפתחות הנבטים, מושפעים מנוכחות השמן האתרי, ועיכוב בהתפתחות הנבטים יהיה כתוצאה מעיכוב בחלוקות התא והרס קרומי התאים.

בעבודה זו נמצא
הסבר ביולוגי מעמיק
למנגנון פעילותם של
השמנים האתריים,
ברמה המולקולאית.

אנחנו מצפות שנלמד מהעבודה מושגים חדשים, נבין את המושג אללופתיה הרבה יותר לעומק, נעשיר את הידע שלנו בנושא צמחים ונביטה ונשפר את כישורינו לעשיית ניסויים.

שאלת המחקר: **מהי השפעת ריכוז שמן אתרי רוזמרין על התפתחות זרעי חיטה? (שנמדדים ע"י אורך ניצרון ושורשון)**

אנו משערים שכל שריכוז השמן רוזמרין יהיה גבוה יותר כך תגבר השפעתו על התפתחות זרעי החיטה, הניצרונים והשורשונים שלהם יתפתחו לאט יותר.

מערך החקר, כולל חומרים ושיטות

כלים וחומרים: 18 צלחות פטרי, 360 זרעי חיטה, שמן אתרי מעלי רוזמרין (נקנה בחנות טבע), צמר גפן, נייר פרפין, 36 ניירות סינון, פיפטה, מיקרו-פיפטור, מד טמפרטורה, מד לחות, טוש, סלוטייפ.

מהלך הניסוי:

- לקחנו 18 צלחות פטרי שנפחן 50 מ"ל.
- כיסינו את התחתית בצמר גפן ועליו ניר סינון.

- מעליו הנחנו 20 זרעים בכל צלחת
- עליהם שמנו 15 מ"ל מי ברז
- במכסה הדבקנו נייר סינון בעזרת סלוטייפ בקצוות ועל הנייר סינון העליון
- טיפטנו שמן אתרי מעלי רוזמרין באמצעות מיקרופיפטור לפי הטבלה הבאה:

צלחת	ריכוז שמן אתרי במיקרוגרם\מ"ל
א 1,2,3	0.1
ב 1,2,3	0.14
ג 1,2,3	0.18
ד 1,2,3	0.22
ה 1,2,3	0.26
ו 1,2,3	0

חשוב היה לציין
מהו הריכוז המקורי
של השמן, ומהו
הנפח שהוסף לכל
צלחת.

- הכנסנו לאינקובאטור בטמפ' 30 מעלות צלזיוס. למשך חמישה ימים.
- כדי לחשב את ריכוז השמן האתרי חלקנו את נפח השמן האתרי שהוספנו בנפח צלחת הפטרי.

האורגניזמים הנבדק: זרעי חיטה, (ממרכז האספקה של בר אילן), בחרנו בזרע זה כי הוא זרע זול, מבט מהר ובכל עונה, בתנאים ללא אור, כך שניתן לגדל את הזרעים באינקובטור, מה שמאפשר לנו לייצב את הטמפ' והארה בעת הנביטה.

משתנה בלתי תלוי: ריכוז השמן האתרי. ביחידות של מיקרוגרם \מ"ל

לפי הניסוי המקדים השני, ראינו שכבר מריכוז 0.3 מיקרוגרם\מ"ל של השמן האתרי כבר לא קבלנו תוצאות של נצרון ושורשון, לכן החלטנו לבחור טווחים שבהם כן יש תוצאות מריכוז 0 עד ריכוז 0.3 מיקרוגרם \מ"ל.

לפי הניסוי המקדים הראשון הגענו למסקנה שהרוזמרין הוא המעכב הטוב ביותר, לעומת כל שאר הצמחים שבדקנו.

הטיפולים הם- חמישה ריכוזים שונים: 0 מיקרוגרם \מ"ל, 0.1 מיקרוגרם \מ"ל, 0.14 מיקרוגרם \מ"ל, 0.18 מיקרוגרם \מ"ל, 0.22 מיקרוגרם \מ"ל, 0.26 מיקרוגרם \מ"ל.

משנה תלוי: אורך הניצרון והשורשון, שאותם אנחנו נמדוד בסרגל ויחידות המידה הם בסנטימטרים.

מספר פריטים בכל טיפול/חזרות: 3 צלחות עם 20 זרעים של חיטה לכל ריכוז של שמן אתרי.

גורמים קבועים:

טמפרטורת אינקובטור – הטמפרטורה המיטבית היא זו שבה מושג אחוז הנביטה הגבוה ביותר בפרק הזמן הקצר ביותר, בנוסף, הטמפ' היא גורם משפיע על קצב חילוף החומרים.
כמות המים

מספר זרעי חיטה בכל צלחת- הצפיפות בצלחת.
סוג השמן – רוזמרין (לפי התוצאות של הניסוי המקדים שלנו בו גילינו שרוזמרין הוא המעכב הטוב ביותר.)
עוצמת אור – האור הוא הגורם לקיום פוטוסינתזה בצמחים, בלעדיו פעולה זו לא תתקיים ולא תהיה אנרגיה לצמח.
זן זרעי החיטה- הבדלים גנטיים עשויים להשפיע על תוצאות הניסוי.

בקרה ללא הגורם הנבדק: 3 צלחות שהן בלי שמן אתרי. תפקידה לבדוק האם ההבדלים בהתפתחות הניצרון והשורשון נובעים מהשמן או שהם נובטים באותו קצב גם בהעדר השמן.
בקרה פנימית: ריכוזים שונים של שמן אתרי. בקרה פנימית הינה מערכת משווה בין הריכוזים השונים המאפשרת לבסס את ההשערה, ולדעת מהו ריכוז השמן האופטימלי באמצעותו ניתן לעכב את הנביטה.

המיקום: בית ספר כיתת ביולוגיה, מועד הביצוע – 18.11.2010, מדידות - 23.11.2010

עיבוד תוצאות: את התוצאות עבדנו באקסל וחישבנו ממוצע וסטיית תקן.

מקור הניסוי: מהלך הניסוי מבוסס על ניסוי שנמצא באתר של מכללת אורנים: העוסק בהשפעת חומרים מצמחי מרפא על אורגניזמים שונים.

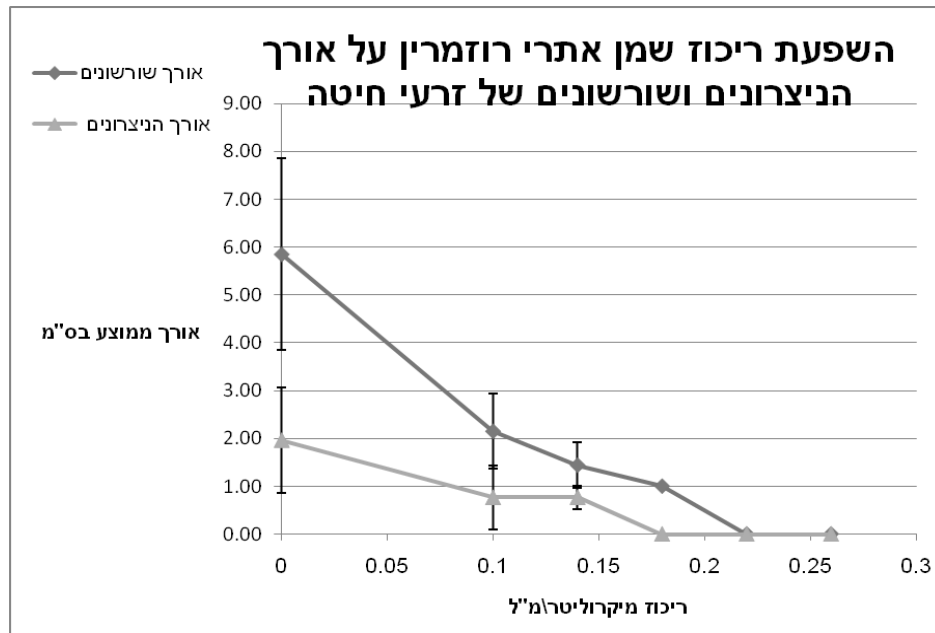
info.oranim.ac.il/home/home.exe/46257/47017?load=T.doc

בניסוי זה הכנסנו שינויים: בדקנו את השמן האתרי מרוזמרין, לעומת הטיון שעמו התחלנו את הניסוי.

תוצאות

טבלה מס' 1: השפעת ריכוז השמן האתרי על אורך הניצרון והשורשון בזרעי חיטה

ריכוז שמן אתרי (מיקרוגרם/מ"ל)	אורך שורשונים בממוצע (ס"מ)	סטיית תקן	אורך הניצרונים בממוצע (ס"מ)	סטיית תקן
0	5.9	2.00	1.96	1.10
0.1	2.2	0.78	0.77	0.66
0.14	1.4	0.47	0.77	0.25
0.18	1.0	0.0	0.0	0.0
0.22	0.0	0.0	0.0	0.0
0.26	0.0	0.0	0.0	0.0



יש להוסיף
תיאור מילולי

מסקנות ודיון

שאלת החקר שלנו היא - מהי השפעת ריכוז השמן האתרי רוזמרין על אורך השורשון והניצרון של זרעי חיטה. השערתנו היתה שכלל שריכוז שמן אתרי יהיה גבוה יותר התפתחות זרעי החיטה תפגע, הדבר יבוא לידי ביטוי בעיכוב התפתחות הניצרון והשורשון .

התוצאות איששו את השערתנו. ניתן לראות זאת בטבלה וגרף מספר 1 כי ככל שריכוז השמן היה גבוה אורך הניצרון היה נמוך יותר כך גם לגבי השורשון .

הנביטה הינה תופעת התעוררותו של העובר לחיים, צמיחתו ויציאתו מתוך הזרע בצורת הנבט, הנביטה היא אחד השלבים הקריטיים ביותר במחזור חייו של צמח. ראשית משום שהנבט פגיע ביותר, בעיקר בעודו צעיר, שנית משום שהמקום והזמן בהם תחול הנביטה יקבעו את סיכוייו של הצמח הנובט להשלים את מחזור חייו.

ניתן להניח על פי מה שקראנו כי לתאי העובר של זרעי החיטה נגרם נזק כלשהו בעקבות החשיפה לשמן האתרי.

מסתבר ששמנים אתריים גורמים להרס קרומים, דבר שמשפיע על מעבר חומרים אל התאים וגורם לעיכוב בהתפתחות התאים.

כאמור, מחקרים העלו כי שמנים אתריים גורמים להרס שלד התא, וכתוצאה מזה עיכוב בחלוקת התאים. כאשר מדובר בנביטה נדרשת חלוקת תאים נמרצת וקליטה של חומרים מהמצע. אם יש פגיעה בקרומי התאים ופגיעה בחלוקת התא, תאי העובר בנבטי החיטה לא יוכלו להתפתח ויחול עיכוב משמעותי בהתפתחות הניצרון והשורשון ובריכוזים גבוהים גם העדר נביטה.

בנוסף אנו מסיקות ששמן אתרי משפיע הרבה יותר מאשר הצמח עצמו, אנו מסיקות זאת לפי הניסוי המקדים שערכנו ולפי מאמרים שקראנו.

נדרשת התייחסות
ביקורתית למערך הניסוי
ולתוצאותיו,

והשוואה בין הרכב
החומרים בצמח ובמיצוי.

בניסוי המקדים הראשון שערכנו השתמשנו בעלי הצמחים כגורם מעכב, והרוזמרין עיכב אך לא באותה מידה כמו בשימוש במיצוי. אורכם של השורשון והניצרון היה ארוך כלומר לא היה עיכוב מלא. כאשר בניסוי המקדים השני השתמשנו בריכוזים שונים של שמן אתרי מרוזמרין הנביטה הייתה ממש אפסית בריכוזים גבוהים של השמן. לכן אנו רואים ששמן אתרי של צמח מעכב יותר אפקטיבי מהעלה עצמו.

ממחקר כזה ניתן להפיק תועלת. שמנים אתריים עשויים להועיל לחקלאות בכך שניתן להשתמש בהם עצמם כמדביר ביולוגי לדיכוי עשבים שוטים, כיוון שהם מפרשים חומרים אללופתים. או שניתן ניתן להשתמש בחקלאות בריכוז גבוה של שמנים אתריים מעכבי נביטה על מנת לעכב את הנביטה באופן הכי יעיל.

השתמשנו בזרעי חיטה משום שידענו מראש מה הם התנאים שבהם זרעי החיטה נובטים ואילו בזרעי בר קשה לצפות מראש כיצד מתרחש תהליך הנביטה של צמחי הבר, ומהם התנאים שהם צריכים בשבילם.

על מנת לבדוק האם אכן השמן האתרי מעלי רוזמרין יכול להוות מדביר ביולוגי היה רצוי לבדוק את השפעת השמן בריכוזים הנבדקים על צמחי בר, הנובטים בשדה עם התבואה, ואז ניתן היה להסיק האם ניתן לעכב את הנביטה של זרעים מצמחי הבר בהשוואה לזרעי חיטה תרבותית. על פי התוצאות, יתכן מאוד שהשמן האתרי היה מעכב גם את החיטה הגדלה בשדה, וצריך היה לבדוק האם יש ריכוז המעכב את צמחי הבר, וכמעט לא מעכב את החיטה.

אם העיכוב של צמחי הבר ושל החיטה הוא דומה, כדאי לבדוק את השפעת שמן אתרי של צמחים אחרים, המסוגלים לעכב את צמחי הבר עם פגיעה מאוד קטנה בנביטת היבול.

מבט על: הרעיון המרכזי הבא לידי ביטוי בעבודה הוא יחסי גומלין וקיום שיווי משקל דינמי.

במערכת האקולוגית, מלבד יחסי הגומלין בין האורגניזמים החיים, קיימות גם השפעות הדדיות בין האורגניזמים לבין הגורמים האביוטיים. טמפרטורה, איכות המים, הרכב הקרקע, הרכב האוויר, עוצמת האור, כולם משפיעים על הגורמים הביוטיים ומושפעים מהם.

אנחנו חקרנו חומרים שמופרשים מאורגניזם אחד ומשפיעים על אורגניזם אחר. הנושא אותו חקרנו קשור במושג אללופתיה- סוג של יחסי גומלין מסוג תחרות/הפרעה. יחסי הגומלין באים לידי ביטוי בעבודה זו בבחינת השפעת נוכחות עלים מסוגים שונים על נביטת זרעי חיטה. בהמשך העבודה בחנו ישירות את השפעתו של השמן האתרי המיוצר בצמח הרוזמרין.

מצאנו שיש יחסי גומלין בין השמן האתרי הנמצא במיצוי לבין זרעי החיטה, וכתגובה זרעי החיטה לא התפתחו. יצירת החומר והפרשתו מקנה לרוזמרין ולצמחים כדוגמתו יתרון כיוון שהם מעכבים את הנביטה בסביבתו הקרובה של הרוזמרין, ובכך מפחיתים את התחרות הקיימת בסביבתו על משאבים חיוניים.

יתכן שבדרך זו מתקיים איזון ושיווי משקל בין האוכלוסיות המתקיימות בסמוך האחת לשנייה.

עבודה זו נעשתה ע"י
שלושה תלמידים. בעבודה
המוצגת כאן בחרנו להביא
רק אחד משני הניסויים
שנוכלו בעבודה.

(1) אמיר ר' (2007). **פרקים באקולוגיה**, המרכז להוראת המדעים האוניברסיטה העברית בירושלים. עמ' 106.

(2) http://www.bashaar.org.il/Question.asp?Question_id=4688 תשובתו של ד"ר נתיב דודאי בפורום קב' דיון תשובות מומחי בשער

(3) דודאי, נ. (2003) **ניסויים לבחינת עיכוב נביטה וצמיחה על ידי שמנים אתריים מצמחי תבלין ובושם**. העלון למורי ביולוגיה, 168 עמ' 7-18.

(4) <http://www.edugal.org.il/hokrim/library/ma257.htm>

שם המאמר: **אללופאטיה ורעילות עצמית באזורים צחיחים**, שם המחבר: פרידמן י. תאריך הורדת המאמר : 13\4\2011 , תאריך עדכון האתר : לא ידוע, שם האתר: חוקרים חקלאות.

(5) http://www.herbology.org.il/pages/one_article.asp?id=245&cid=4

פעילות נוגדת חמצון של שמנים אתריים מאת: צביה שפירא Ph.D

(6) <http://www.pro-f.co.il/index.php?showtopic=3646>

תאריך עדכון האתר: 1\12\2008
מאת רותם מפקח גלובלי לשעבר. נמצא בפורום אודות נביטה. תאריך הורדת המאמר 13\4\2011.

(7) info.oranim.ac.il/home/home.exe/46257/47017?load=T.doc

הנחיות מעבדה בנושא שמנים אתריים באתר מכללת אורנים.

(8) <http://web.oranim.ac.il/courses/spices/lesson407.ppt>

הורד ב-4.6.11. מצגת בנושא שמנים אתריים באתר מכללת אורנים.

"על הדבש ועל העוקץ" - הקשר בין ריכוזי דבש שיזף לבין התפתחות חיידקי E.coli

בית הספר - העמק המערבי יפעת

נועם איפן, זיו מלכה, שי קרייזל,

בהנחיית המורה - אורנה שוורצמן

מבוא

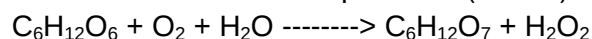
"אכול דבש בני כי טוב ונפת מתוק על חכך" (משלי פרק כ"ד 13). עוד מימי קדם הדבש היה ידוע בסגולותיו הרפואיות, וכחומר הנשמר לאורך זמן, ללא אמצעי קירור או אחסון. בבתים רבים נהוג להשתמש בדבש בעת מחלה בתור "תרופת סבתא". תרופות סבתא הינן פתרון עתיק יומין למחלות נפוצות כגון: כאב ראש, חום, שפעת, בחילות, כוויות ועוד, באמצעות מרכיבים שונים שניתן למצוא בבית או שניתן למצואם בקלות ללא מרשם רופא. רצינו לבדוק האם הדבש הוא חומר אנטי בקטריאלי או שאלו סתם "סיפורי סבתא".

הדבש הינו למעשה מעין נוזל מתוק, סמיך ודביק אשר מופק מצוף פרחים ע"י הדבורים. הדבש למעשה משמש עבורן ועבור הצאצאים שלהן כמזון. בתהליך הפוטוסינתזה בצמחים נוצרות פחמימות, אשר מרכיבות בין השאר את הצוף. כמות הצוף משתנה בין פרחים מצמחים שונים. הדבורה יונקת את הצוף אשר מכיל בין 60 ל- 70 אחוזים מים וכ- 30 עד 40 אחוזים מוצקים, באמצעות חדק ארוך ואוגרת אותו בזפק המכונה גם "קיבת דבש", המצוי במרכז גופה. תהליך הפיכת הצוף לדבש מתחיל כבר תוך כדי מעוף הדבורה כשהיא מפרישה את האנזים אינברטאז אשר מפרק את הדו סוכר סוכרוז לשני חד סוכרים פרוקטוז וגלוקוז. בהגיעה לכוורת עשויה הדבורה להפריש את אגל הצוף ישר לאחד התאים בחלת הדבש לשם עיבוד מאוחר יותר, או להעבירו ישירות לפועלות. הפועלת בולעת אותו אל קיבת הדבש שלה ומשם מפרישה אותו חזרה אל בין שתי לסתותיה המחזיקות בו זמן מה, חשוף לזרמי האוויר החם שנוצרים מנפנוף כנפי הפועלות שבפתח הכוורת, עד שתכולת המים בו יורדת אל פחות מעשרים אחוזים ותכולת המוצקים עולה לכדי שמונים אחוזים ויותר. אז מאחסנת כל פועלת בכוורת את אגל הצוף שהפך לטיפת דבש בתא משושה. (8)

ההרכב הכימי של הדבש: גלוקוז ופרוקטוז 70%, סוכרוז 1%-3%, טרי- סוכרים וסוכרים גבוהים אחרים 5%-7%, פלבונאידים-1.5%, חומצות אורגניות 0.1%, מינרלים וויטמינים 0.2%, מים 0.2%, אנזימים בכמויות מזעריות. (2) הדבש ידוע ביכולתו להישמר לאורך זמן, כיוון שחיידקים לא מצליחים להתקיים בתוכו. הפעילות האנטי- מיקרוביאלית מקורה בשילוב של מספר גורמים המצויים בדבש.

הגורם הראשון הוא ריכוז גבוה של סוכרים הגורם לסביבה היפרטונית, מצב שמביא להרס תאי המיקרואורגניזמים, עקב יציאת מים מתוך התא לסביבה (בהתאם לחוקי האוסמוזה) ולמות החיידקים. הגורם השני הוא, ה pH החומצי (3.5) של הדבש: מיקרואורגניזמים מחוללי מחלות גדלים ומתרבים בדרך כלל בסביבות ה-pH הניטרלי. הם מתים ב-pH קיצוני- חומצי או בסיסי.

גורם נוסף הוא מי חמצן המצויים בדבש. בזמן ייצור הדבש בדבורה מתווסף אנזים שנקרא גלוקוז-אוקסידאז. אנזים זה מבטיח שכמויות קטנות של מימן פראוקסיד (מי חמצן), ייווצרו באופן קבוע מהסוכר שבדבש. על פי מה שידוע כיום, כמויות קטנות של מי חמצן מספיקות על מנת לקטול חיידקים. חומר זה הוא מחמצן חזק, ויכול להגיב כמעט עם כל חומר אורגני ולשנות את הרכבו. לפיכך הוא מזיק לתא ועלול לגרום למוות. הצטברות של מי חמצן, נוצרת כתוצאה מפירוק הגלוקוז שבדבש, בנוכחות חמצן, לחומצה גלוקונית ולמימן דו חמצני (2 ו-10) לפי הריאקציה הבאה:



בעבודתנו בחרנו לבדוק את השפעת ריכוז הדבש על קצב התפתחות חיידקי E.coli.

החיידקים הינם צורת החיים הנפוצה ביותר על פני כדור הארץ, הם מצויים בכל מקום, באוויר במים באדמה ובגופם של צמחים ובעלי חיים. קיימים מעל 2500 מיני חיידקים. את החיידקים ניתן לראות רק דרך מיקרוסקופ, חיידק בנוי מתא אחד המכיל פרטופלסמה, הוא חסר גרעין ואברונים. גודל התא נמדד במיקרונים (אלפית המילימטר). רוב החיידקים מתרבים ברבייה אל-מינית ע"י התחלקות לשני תאי בת, ולכן כושר התרבותם עצום. כאשר החיידקים נמצאים בתנאים כגון יובש, קור, חוסר במזון ועוד נגרמת פגיעה ביכולתם להתרבות. (6)

שלבים בגידול אוכלוסיית חיידקים

1. שלב השהייה - בשלב ראשון אין התרבות של חיידקים. החיידקים הוכנסו זה עתה למצע המזון והם נמצאים בתהליכי הסתגלות למצע החדש.
2. שלב הגידול המעריכי (הלוגריתמי) - החיידקים מתרבים בקצב מהיר. כמות החיידקים החיים בתרבות מוכפלת מדי דור. ומספר החיידקים גדל בחזקות של 2. בסיומו של שלב זה תרבות החיידקים צפופה מאוד.
3. שלב העמידה (הגידול היציב) - מספר החיידקים החיים נותר קבוע. התרבות צפופה, תחרות על מזון וחמצן (גורמים מגבילים). מס' החיידקים המתים = לקצב הריבוי.
4. שלב התמותה - בשלב זה קצב ההתרבות נמוך מקצב התמותה. ירידה במס' החיידקים החיים (3).

צביעת גראם היא שיטה מקובלת למיון חיידקים, המבוססת על כך שיש הבדלים במבנה הדופן של שתי קבוצות חיידקים. דפנות שונות בהרכבם נצבעות באופן שונה (6). חיידקי E.coli הם חיידקים מקבוצת גראם שלילי. חיידקי גראם שלילי עטופים בממברנה נוספת המקיפה את הפפטידוגליקן (המרכיב העיקרי בדופן התא המקנה לו את צורתו ואת חוזקו), הממברנה מהווה את אזור המגע הישיר עם הסביבה. חיידקים גראם שליליים עטופים בשתי שכבות של ממברנה: ממברנה פנימית או ממברנה ציטופלסמטית וממברנה חיצונית. המבנה הבסיסי של שתיהן זהה, אך שתיהן נבדלות זו מזו ביכולתן לחסום מעבר של מולקולות אל תוך התא וממנו החוצה, בעוד שהממברנה הפנימית מתפקדת כרוב הממברנות הביולוגיות ומונעת את מעברן של מרבית המולקולות ההידרופיליות, להוציא מים, פועלת הממברנה החיצונית כ"מסננת" מולקולארית גסה, המאפשרת דיפוזיה של מולקולות בעלות מסה מולקולארית הנמוכה מ 600 דלטון (9).

שאלת החקר שהעלנו לאור המידע הביבליוגרפי הנמצא היא: **מהו הקשר בין ריכוז הדבש לבין התפתחות חיידקי E.coli?** אנו משערים שכלל שריכוז הדבש יהיה גבוה יותר, התפתחות החיידקים תרד. הבסיס הביולוגי להשערה זו עוסק בהפרש הגדול בין ריכוז המומסים שב- E.coli לבין ריכוז המומסים בדבש כתוצאה מכך תהליך האוסמוזה יגבר, כלומר יצאו מים מהחיידקים דבר הפוגע בהתפתחותם ותפקודם. כמו כן תתכן אפשרות שריכוז האנזים גלוקוז אוקסידאז יהיה גבוה ככל שריכוז הדבש יגדל, וכך יוגבר ייצור מי חמצן הפוגע בחיידקים. גם ההבדל בדרגת ה-pH בדבש במהולים השונים יכול להשפיע על התפתחות החיידקים.

שאלת החקר השנייה באה לבדוק **מהו הקשר בין חימום הדבש להתפתחות חיידקי E.coli?** הבסיס הביולוגי הוא שבדבש יש אנזים הנקרא גלוקוז-אוקסידאז, המייצר מי חמצן הקוטלים את החיידקים. בטמפרטורות גבוהות אנזימים שהם חלבונים עוברים תהליך של דנטורציה, כלומר הרס המבנה המרחבי של החלבון. תהליך זה הוא בלתי הפיך. לכן אם נחמם את הדבש, האנזים ייהרס. מי החמצן לא ייווצרו ובעקבות כך קטילת החיידקים תיחלש. כיוון שמי החמצן הם חלק מהגורמים אשר אחראים על קטילת החיידקים. (7)

מערך החקר, כולל חומרים ושיטות

ניסוי 1- הקשר בין השפעת ריכוזי דבש שיזף שונים לבין התפתחות חיידקי *E.coli*.

האורגניזמים שנבדקו: *Escherichia coli*

המשתנה הבלתי תלוי: ריכוז הדבש. שימוש בדבש שיזף מכוורת "אופיר" שבאלון הגליל.

אופן השינוי במשתנה הבלתי תלוי: מהילת הדבש בכמויות שונות של מים.

טווח הריכוזים של הדבש
ועכירות מצע הגידול נקבעו
בהתאם לתוצאות ניסויים
מקדימים (נכללו בנספח
שלא צורף).

ריכוז ראשון (100%) מכיל 1 מ"ל דבש
ריכוז שני (75%) מכיל 3 מ"ל דבש + 1 מ"ל מים
ריכוז שלישי (50%) מכיל 1 מ"ל דבש + 1 מ"ל מים
ריכוז רביעי (25%) מכיל 1 מ"ל דבש + 3 מ"ל מים
ריכוז חמישי (0%) ללא דבש.

המשתנה התלוי: קצב התפתחות החיידקים במצע מזון מוצק- אגר מזין.

אופן מדידת המשתנה התלוי: מדידת קוטר ההילה הנקי מחיידקים (בס"מ).

גורמים קבועים:

- אותו סוג חיידקי *E.coli* שמסופק מהמרכז לאספקת חומרים בבר אילן.
 - נפח קבוע של חיידקים לזריעה בכל צלחת 0.1 מ"ל
 - אותו סוג דבש: שיזף
 - אותה טמפרטורה באינקובטור: 37 מעלות צלזיוס
 - זמן מדידה קבוע- 24 שעות לאחר תחילת הניסוי.
- גורמים קבועים אלו נעשו כדי לדעת בוודאות שהדבש הוא הגורם היחיד שהשפיע על עיכוב החיידקים ולא גורמים אחרים.

בקורות: בקרה ללא הגורם הנבדק התבצעה בצלחת פטרי ובה חיידקים, בתוספת דסקיות טבולות במים, ללא תוספת דבש. כך נדע שרק בגלל תוספת הדבש, קצב התפתחות החיידקים ירד. ובקרה פנימית – כל ריכוז דבש מהווה השוואה לשאר הריכוזים. כלומר, השוואה בין הטיפול השונים.

חזרות וריבוי פריטים: לכל טיפול 5 חזרות. בכל טיפול כמות רבה של חיידקים.

מהלך הניסוי



טבילת הדסקיות בריכוזי הדבש השונים.

הניסוי שלנו בא לבדוק את הקשר בין ריכוז הדבש לבין התפתחות החיידקים. בניסוי השתמשנו בחמישה ריכוזים שונים של דבש (אותם הכנו) כדי לראות את ההשפעה של כל ריכוז על קצב גדילת החיידקים.

תחילה, לקחנו 25 צלחות פטרי (5 ריכוזים ו-5 חזרות לכל ריכוז) ובהן אגר מזין, אשר שימשו כמצע גדילה לחיידק. בעזרת פיפטה טפטפנו לכל צלחת פטרי 0.1 מ"ל מתרחף החיידקים. מרחנו את התרחף בצלחת בעזרת מקל דרגלסקי באופן שווה.

לאחר שזרענו את תרבית החיידקים, הכנו ריכוזי דבש שונים בכוסות על פי הפירוט לעיל.

טבלנו חמש דסקיות הספוגות בריכוז הדבש המתאים במרכז כל צלחת פטרי.

לאחר הניסוי, הנחנו את הצלחות באינקובטור וכעבור 24 שעות באנו לראות את תוצאות הניסוי.

ניסוי 2- הקשר בין דבש שיזף מחומם להתפתחות חיידקי E.coli.

האורגניזמים שנבדקו: Escherichia coli

המשתנה הבלתי תלוי: סוג הטיפול (דבש שיזף מחומם/דבש שיזף רגיל)

אופן שינוי המשתנה הבלתי תלוי: חימום הדבש עד שהגיע ל-80 מעלות צלזיוס

המשתנה התלוי: קצב התפתחות החיידקים במצע מוצק בצלחת פטרי

אופן מדידת המשתנה התלוי: מדידת קוטר ההילה הנקי מחיידקים (בס"מ)

גורמים קבועים:

- אותו סוג חיידקי E.coli שמסופק מהמרכז לאספקת חומרים בבר אילן.
- נפח קבוע של תרחיף חיידקים לזריעה בכל צלחת 0.1 מ"ל
- אותו סוג דבש: שיזף
- ריכוז קבוע של דבש (100% בכל הטיפולים)
- זמן מדידה קבוע- 24 שעות לאחר תחילת הניסוי.

בקרות: בקרה פנימית השוואתית, כל טיפול מהווה השוואה לטיפול האחר.

חזרות וריבוי פריטים: לכל טיפול 3 חזרות. בכל טיפול כמות רבה של חיידקים.

מהלך הניסוי



בניסוי זה בדקנו את הקשר בין חימום הדבש, לבין גדילת החיידקים. תחילה, לקחנו 6 צלחות פטרי (שני טיפולים ו 3 חזרות לכל טיפול) ובהן אגר מזין, אשר שימשו כמצע גדילה לחיידק. בעזרת פיפטה הוספנו לכל צלחת פטרי 1 מ"ל מתרחיף החיידקים המהול, מרחנו את התרחיף בצלחת בעזרת מקל דרגלסקי באופן שווה. בינתיים חיממנו את הדבש עד 80 מעלות צלזיוס. לאחר מכן הנחנו במרכז כל צלחת 5 דיסקיות. ל- 3 צלחות הכנסנו דסקיות ספוגות בדבש מחומם, ול- 3 הצלחות הנותרות הכנסנו דסקיות ספוגות בדבש רגיל. הנחנו את הצלחות באינקובטור וכעבור 24 שעות באנו לראות את תוצאות הניסוי.

יש לציין כי כל הניסויים נעשו תוך ניסיון רב לשמירה על סטריליות בכל שלבי הניסוי.

התבססנו על ניסויים מוכרים בהם לוקחים מספר חומרים, ובודקים את השפעתם על חיידקים. התבססנו בעיקר על "שיטת הדסקיות" המכונה גם "Bauer-Kirby Disk Diffusion". שיטה זו מתבצעת כאשר רוצים לבדוק השפעת אנטיביוטיקה על התפתחות חיידקים. על פי שיטה זו השפעת החומר האנטיביוטיקלי נמדדת לפי קוטר ההילה הנקי מהחיידקים.

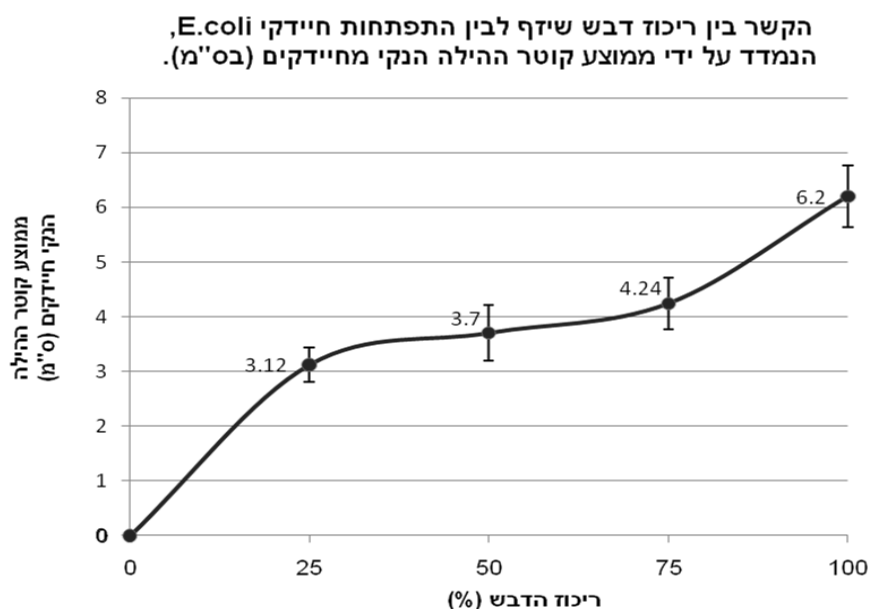
לאחר סיום הניסויים חישבנו את ממוצע קוטר ההילה סביב הדסקיות בכל טיפול, חישבנו את סטיית התקן והעלנו את התוצאות על גרפים.

תוצאות

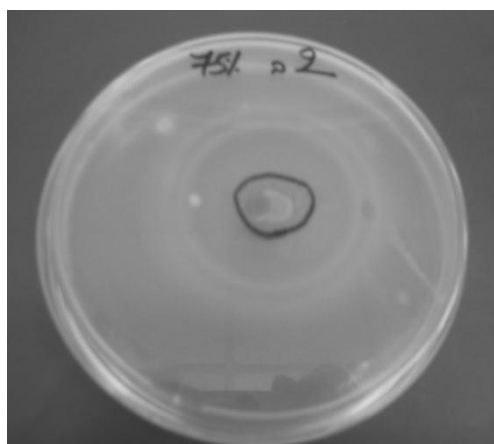
ניסוי 1: הקשר בין ריכוז דבש שיזף לבין התפתחות חיידקי E.coli

ריכוז הדבש (%)	ממוצע קוטר ההילה הנקי מחיידקים (ס"מ)	סטיית תקן
100	6.2	0.6
75	4.2	0.5
50	3.7	0.5
25	3.1	0.3
0	0.0	0.0

גרף 1



ניתן לראות מהגרף שככל שריכוז הדבש גבוה יותר, קוטר ההילה גדול יותר. אומנם יש עליה, אך היא אינה אחידה לכל אורך הריכוזים. בנוסף ניתן לראות שפיזור התוצאות סביב הממוצע הגדול ביותר הוא בריכוז 100%.



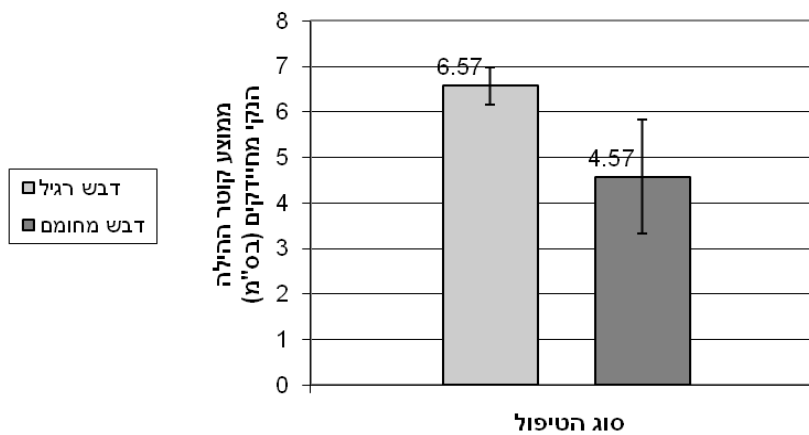
דוגמה לתוצאות: צלחת פטרי עם חיידקי E.coli
ובמרכזה 5 דסקיות עם דבש בריכוז 75%
תאריך צילום: 21.1.2011

ניסוי 2: הקשר בין חימום דבש שיזף לבין התפתחות חיידקי E.coli.

סוג הטיפול	ממוצע קוטר ההילה הנקי (ס"מ)	סטיית תקן
דבש רגיל	6.57	0.40
דבש מחומם	4.57	1.25

גרף 2:

הקשר בין חימום דבש שיזף לבין התפתחות חיידקי E.coli, הנמדד על ידי ממוצע קוטר ההילה הנקי מחיידקים (בס"מ).



ניתן לראות מההשוואה בין הטיפולים שהדבש המחומם השפיע פחות על קצב התפתחות החיידקים לעומת הדבש הרגיל. עם זאת, פיזור התוצאות סביב הממוצע בטיפול הדבש המחומם גדול יותר.

מסקנות ודיון

בדיקת מקורות הספרות לגבי תרופת הסבתא הנוגעת לדבש, העלתה אצלנו את שאלת החקר לגבי מהות הקשר בין ריכוז הדבש לבין התפתחות חיידקי E.coli. השערתנו הייתה, שכל שריכוז הדבש יהיה גבוה יותר, התפתחות החיידקים תרד. הסיבות העיקריות הן הסביבה ההיפרטונית שהדבש מהווה לחיידקים, חומציות הדבש ומי החמצן הנפלטים ממנו. (1)

עפ"י תוצאות ניסוי 1 ראינו שהשערתנו אוששה. אכן התפתחות חיידקי E.coli נפגעה ככל שריכוז הדבש היה גבוה יותר, בטווח הריכוזים הנבדק. (ראה טבלה מס' 1 וגרף מס' 1). נראה שניתן לייחס את התוצאות לגורמים האנטי-בקטריאליים שבדבש: הגורם הראשון הוא ריכוז גבוה של סוכרים הגורם לסביבה היפרטונית, מצב שמביא למות תאי החיידקים, עקב יציאת מים מתוך התא לסביבה (בהתאם לחוקי האוסמוזה). הגורם השני הוא, pH החומצי (3.5) של הדבש, החיידקים מתים ב-pH חומצי קיצוני. גורם נוסף הוא מי חמצן הנפלטים מהדבש. בזמן ייצור הדבש בדבורה מתווסף אנזים שנקרא גלוקוז-אוקסידאז. האנזים הזה מבטיח שכמויות קטנות של מימן פראוקסיד (מי חמצן), ייווצרו באופן קבוע מהסוכר שבדבש. על פי מה שידוע כיום, כמויות קטנות של מי חמצן מספיקות על מנת לקטול חיידקים, בתנאי שתהליך ייצורם נשמר באופן עקבי. חומר זה הוא מחמצן חזק, ויכול להגיב כמעט עם כל חומר אורגני ולשנות אותו, לפיכך הוא מזיק לתא ועלול לגרום למותו (2 ו10).

בעקבות טיפול הבקרה, בו הונחו דסקיות ללא דבש, הבנו שהגורם היחיד שהשפיע על התפתחות החיידקים הוא הדבש בריכוזים השונים. סטיית התקן יחסית קטנה, כלומר פיזור התוצאות סביב הממוצע יחסית קטן והחזרות תרמו לאמינות של תוצאות הניסוי. יש לציין כי בניסוי יש מגבלה, מפני שישנם כמה גורמים המשפיעים על התכונות האנטי בקטריאליות של הדבש, ולא ניתן לבדד את כל המרכיבים במעבדת בית הספר. הדבש הוא חומר קוטל חיידקים, אך איננו יודעים בוודאות מה מבין הגורמים הפעילים בדבש השפיע יותר על התפתחות החיידקים. אולי מי החמצן הנפלט מהדבש, אולי רמת pH נמוכה או חומרים אחרים שכעת לא ידועים, או שהסיבה היא שהדבש מהווה תמיסה היפרטונית לחיידקים בגלל ריכוז הסוכרים הגבוהים שבו.

ניתן להוסיף למערך הניסוי בקרות מתאימות כדי לבדד את ההשפעה האוסמוטית ואת השפעת ה-PH.

מהילת הדבש גרמה לשינוי בכל הגורמים הנ"ל. אפשר היה להמשיך ניסוי זה ולנסות לבדד את החומרים מהדבש ולבדוק את ההשפעה של כל גורם בנפרד.

אם היינו מבצעים את הניסוי שוב היינו מדויקים יותר בהכנת הריכוזים, מכיוון שהדבש צמיגי לא יכולנו להשתמש בכלי מדידה מדויקים, ונאלצנו להתפשר על כפית מדידה, שייתכן ולא הייתה מדויקת מספיק.

כמו כן, ייתכן שגם סוגי דבש אחרים יכולים להשפיע על התפתחות החיידקים, וכן גם סוגי חיידקים אחרים (מאותו המין או חיידקים גראם שליליים) יכולים להיות מושפעים. נושא זה יכול להיבדק כניסוי המשך לניסוי זה.

כדאי לדעת:
 - לפי הספרות, לדבש יש פעילות אנטי בקטריאלית גם בריכוזים נמוכים, בהם תמיסת הסוכר לא מעכבת גידול חיידקים.
 - פעילות האנזים גלוקוז אוקסידאז עולה דווקא כשמוהלים את הדבש.
 - אולי בשל ירידה בחומציות הדבש.
 - חימום משפיע גם על פירוק ספונמי של מי חמצן.

השאלה השנייה שהעלנו בעקבות הניסוי הראשון היא אודות הקשר בין דבש שיזף מחומם לבין התפתחות חיידקי E.coli. ההשערה שהעלנו היא, שחימום הדבש יפגע בקטילת החיידקים לעומת הדבש הרגיל שיקטול יותר חיידקים. בניסוי פגענו באחד הגורמים הפעילים בדבש שהוא מי חמצן, בעקבות דנטורציה של האנזים גלוקוז-אוקסידאז (המייצר את מי חמצן) ע"י חימום (7).

עפ"י תוצאות הניסוי אכן חימום הדבש פוגע ביכולותיו האנטי-בקטריאליות (ראה טבלה וגרף 2). אפשר לראות שנפגעה התרבות החיידקים. בנוסף יש לציין שפיזור התוצאות סביב הממוצע היה גדול ונעשו 3 חזרות בלבד, ולכן המסקנה מהניסוי מוטלת בספק.

אם היינו מבצעים שוב את הניסוי, היינו עושים יותר חזרות כדי להגדיל את הסיכויים לתוצאות יותר חד משמעיות ולהקטנת גודל השגיאה. אנחנו לוקחים בחשבון גם שגורמים נוספים יכלו להשפיע על התוצאות, כמו מידת הסטריליות, שגיאה במדידות במהלך הניסוי, לדוגמה כמות תרחיף החיידקים או בשיטת הזריעה של החיידקים על צלחת הפטרי, או שינויים במרכיבים אחרים של הדבש עקב החימום.

בעקבות הניסוי המקדים החלטנו למהול את תרחיף החיידקים יותר וזאת כדי להגדיל את קוטר ההילה, מפני שכך הדבש יוכל לעכב את התפתחות החיידקים בקלות. בנוסף בחרנו בריכוזים בעלי הפרש גדול יותר האחד מהשני כדי להגדיל את השוני בין קטרי ההילה.

בעבודתנו בחרנו לבחון את תרופת הסבתא הידועה- דבש, היכול לקטול חיידקים. עפ"י תוצאות הניסוי נוכחנו לגלות שהטענה נכונה, ואכן הדבש הוא אנטי-בקטריאלי ולכן הוא נשמר לאורך זמן ללא אמצעי קירור או אחסון, ועוזר בעת מחלה כנגד חיידקים. אולם חשוב לסייג את ההמלצה לתנאים מתאימים. לא כל מה שמדדנו במבחנה מתרחש גם בתוך הגוף. נוסף לכך, בניסוי השתמשנו רק בדבש שיזף

והיידקי E.coli יכול להיות שהדבש לא קוטל כל חיידק, ולא כל דבש יכול לקטול סוגים שונים של חיידקים.

בעבודתנו השתמשנו באורגניזם חיידקי E.coli. יצורים אלו בדומה לשאר האורגניזמים, מתרבים עפ"י המידע הגנטי שלהם ובשילוב השפעת הסביבה. כידוע חיידקי E.coli מתרבים ברבייה אל זוויגית ויש בהם גם העברה של חומר גנטי בין פרטים. ברבייה אל זוויגית תאי הבת מתחלקים מתא האם. לאחר החלוקה יגדלו תאי הבת עד שיגיעו לגודל זהה של תא האם לפני חלוקתו וכל תא יתחלק שוב וכך הלאה. תוצאת גידול והתרבות החיידקים היא גידול בצפיפות האוכלוסיה. כאשר לרשות החיידקים עומדות כמויות מספיקות של מים ומזון, כשהטמפרטורה ודרגת ה-pH אופטימליות וכן גורמים נוספים - התרבות האוכלוסיה מהירה מאוד. בתנאים מיטביים כאלה עוברות מאז התחלקותו של חיידק E.coli ועד התחלקות שני תאי הבת שנוצרו ממנו עשרים דקות בלבד. כעבור עשרים דקות נוספות יתחלקו שני התאים האלה שוב וכך יוצרו ארבעה תאים, וכך הלאה. הדבש פוגע ביכולת ההתרבות-הגידול המיטבית של חיידקי E.coli. כאן מודגם הרעיון הביולוגי גידול והתפתחות. (1)

בעבודתנו מודגם גם הרעיון הביולוגי של ויסות והומיאוסטאזיס. מערכות ביולוגיות הן בעלות יכולת לשמור על סביבה פנימית יציבה (הומיאוסטזיס) בגבולות מוגדרים, השונה מן הסביבה החיצונית שבה התנאים משתנים. לקיום סביבה פנימית יציבה, השונה מן הסביבה החיצונית ונבדלת ממנה נחוצה השקעת אנרגיה ונחוצים מנגנוני בקרה וויסות. בעבודתנו ראינו כי לחיידקי E.coli יש יכולת מוגבלת לשמור על סביבה פנימית בתאיהם, שנפגעת בעקבות יציאת המים מהתאים אל הסביבה ההיפרטונית, או נפגעת על ידי מי החמצן.

מקורות

1. ד"ר א. אורן (1986), "חיידקים ונגיפים-לתלמיד", הוצאה לאור ע"י האוניברסיטה העברית ירושלים, עמודים 30-36.
2. מזרחי א. (1999), "מהדבש ועד העוקץ", הוצאת "חותם זהב", עמודים 103-116.
3. שנער ש. (1985), "עולם החיידקים", הוצאה לאור ע"י האוניברסיטה הפתוחה ת"א, יחידה 4 עמודים 86-97.
4. אוניברסיטת פנסילבניה- מרכז רפואי, הנחיות לשימוש באנטיביוטיקה. המידע הורד בתאריך http://www.uphs.upenn.edu/bugdrug/antibiotic_manual/bk.html3/3/11
5. אקונומיסט (2007), "הארץ", "מתוק ומבריא", מידע הורד בתאריך 9/10/2010 <http://www.haaretz.co.il/hasite/spages/856041.html>
6. ויקיפדיה, ערך חיידקים, מידע הורד בתאריך 25/2/2011 <http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%97%D7%99%D7%99%D7%93%D7%A7%D7%99%D7%9D>
7. ויקיפדיה, ערך דנטורציה, מידע הורד בתאריך 25/2/2011 <http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%93%D7%A0%D7%98%D7%95%D7%A8%D7%A6%D7%99%D7%94>
8. ד"ר סדובסקי חיים (2003), "החיים כדרך- הדרך לחיים", "למה דבש", מידע הורד בתאריך 16/10/2010 <http://www.tevalife.com/article.asp?id=13816>
9. ד"ר צפירי דינה (2006), האתר YNET, "המרץ אחר אנטיביוטיקה חדש", מידע הורד בתאריך 1/11/2010 www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-3306768,00.html
10. אפשטיין מולי (2007), מכון וינגייט, "רפואה מתוקה- האם דבש יעיל יותר מאנטיביוטיקה?", מידע הורד ב-8/10/2010 <http://www.wingate.org.il/Index.asp?ArticleID=2621&CategoryID=101>

تأثير تراكيز مختلفة من فيتامين C على منع اسمرار عصير التفاح الطبيعي

سلمى صائب مواسي, المدرسة: الكلية الأرثوذكسية العربية - حيفا

بإرشاد الاستاذ إدوار شيبان

השפעת ריכוזים
שונים של חומצה
אסקורבית על עיכוב
השחמת מיץ תפוחים
סלמא סאאב מואסי
בית הספר- תיכון
אורתודוקסי ערבי חיפה
בהנחיית המורה- אדואר
שיבאן



من المفضل إضافة
عنوان تحت كل
صورة تظهر في
الوظيفة.

مقدمة

إنّ عصير التفاح الطبيعي محبوب لدى الغالبية العظمى من الناس، وفي العديد من المطاعم والبيوت يتم تحضير عصير التفاح الطبيعي ولكنه سرعان ما يبدأ بالاسمرار بعد عصره، مما يؤثر على طعم العصير وكذلك على منظره بالإضافة الى روائح غير مرغوبة. وبالتالي فإن معظم الناس تمتنع عن شربه بسبب هذا الاسمرار. المصانع التي تقوم بانتاج عصير التفاح تستعمل طرقاً مختلفة لمنع اسمراره.

قررت في هذه الوظيفة ان أفحص إذا كانت هناك طريقة علمية لمنع عصير التفاح من الاسمرار. اخترت فيتامين C بتركيز مختلف حتى افحص تأثيره على منع اسمرار التفاح، ولقد اخترت فيتامين C لاني قد لاحظتُ مسبقاً انه مُسجّل على غلب عصير التفاح المُصنّع ضمن المركبات وأردتُ فحص تأثيره على إسمرار العصير، كما وانني أعلم ايضاً بان فيتامين C مادة مضادة للأكسدة.



بعد الاسمرار



قبل الاسمرار

التفاح أحد أكثر الفواكه أهمية من الناحية التجارية. وهو أيضا من أكثرها شعبية. تنمو أشجار التفاح تقريبا في معظم المناطق ما عدا المناطق شديدة الحرارة أو شديدة البرودة. وتوجد آلاف الأصناف من التفاح، تتراوح ألوانها ما بين الأحمر بدرجاته المختلفة إلى الأخضر والأصفر، ويختلف مذاقها من الحامض إلى الحلو. تنتمي أشجار التفاح إلى العائلة الوردية، ولها أزهار بيضاء جميلة، تتفتح في الربيع، وتبدو مثل الورود الصغيرة. (3)

يستخدم التفاح في عمل عصير التفاح ومعجون التفاح والجلي ومشروبات أخرى، وعصارة التفاح يمكن تحويلها إلى خل أو عصير. وبعض أنواع التفاح يتم تعليبها أو تجفيفها أو تجميدها. يتكون التفاح من 85% ماء. ويحتوي على فيتاميني A و C واليوتاسيوم والبكتين. (3)

كل الكائنات والنباتات تنتج فيتامين C بذاتها، باستثناء الإنسان، القردة، خنزير غينيا، البلبل الأحمر، الخفافيش آكلة الفاكهة، وبعض الأنواع من سمك السلمون المرقط. فيتامين C هو عبارة عن مسحوق أو بلورات بيضاء أو صفراء قليلا، تسود تدريجيا بالضوء، تكون ثابتة نوعا ما في الأوساط الجافة (5). وهو جزيء حساس ومن الممكن ان يفقد قيمته الغذائية أثناء الطبخ حتى لو له القدرة على ان يحفظ الطعام. وهو يفتت بسهولة بعد فترة تخزين طويلة. وبما انه قابل للذوبان في الماء، فانه يمتص في الجسم بسهولة، ولكنه لا يحفظ في الجسم لانه يخرج مع البول. من المهم الحصول على فيتامين C إما عن طريق الغذاء أو عن طريق الاقراص. (8)

لفيتامين C عدة وظائف فسيولوجية منها:

- 1) يعمل فيتامين C كحامل للهيدروجين في عمليات التأكسد داخل الخلايا.
- 2) ينشط عمليات التأكسد والتبادل الغذائي داخل الخلايا.
- 3) يحفظ كثيرا من المواد التي تتأكسد بسرعة أو تتفكك بالضوء. (1)

فيتامين C الاقل استقرارا من جميع الفيتامينات، وهو حساس جدا للأكسجين. شدة فعاليته قد تتضرر عند تعرضه للضوء والحرارة والهواء والتي بدورها تحفز فعالية الانزيمات المؤكسدة. (6)

الانزيمات عبارة عن مواد مساعدة حيوية متخصصة بروتينية التكوين تفرزها الخلايا الحية سواء نباتية أو حيوانية، وتعمل على الاسراع من التفاعل ولكنها لا تظهر في هذا التفاعل ولا تستهلك، ولها القدرة على العمل خارج الخلايا التي تنتجها. تُعرف وتسمى الانزيمات بمسلكها نحو المادة التي تعمل عليها، ولها تحديد أو تخصص لمواد معينة تعمل وتؤثر عليها. وكذلك فإن الانزيمات لا تكون نشطة إلا في وجود مواد اضافية أخرى. (2)

عند تعرض ثمار الخضار أو الفاكهة التي تهتك أو تهشم كالذي يحدث أثناء اعدادها للتصنيع كعمليات التقشير أو التقطيع أو الهرس وغيرها فان ذلك يؤدي إلى خلل في تركيبها الطبيعي مع حدوث طراوة في الانسجة وتغير في الطعم وقد تظهر بعض الروائح غير المرغوبة. وهذه التغيرات تعزى إلى تفاعلات بيوكيماوية تقوم بها مجموعة من الانزيمات وخاصة الانزيمات المؤكسدة. ونتيجة لهذا الخلل في التكوين أو التركيب الطبيعي تكون هناك فرصة مناسبة لعمل هذه الانزيمات على مواد التفاعل المناسبة لها مع تلون الانسجة النباتية. (2)

يعتبر التلون الانزيمي في الاغذية وخاصة ما يلاحظ في كثير من الخضار والفاكهة ومنتجاتها من العوامل غير المرغوبة، حيث يؤدي هذا التلون إلى فقدان في القيمة الغذائية وفقدان في الجودة بصفة عامة وبالتالي التأثير على مدى قابليتها للاستهلاك. وتلعب الانزيمات المؤكسدة دورا أساسيا في هذا المجال، وخاصة الانزيمات المتعلقة بالتنفس. (2)

عملية الاسمرار يشترك فيها انزيم فينول أوكسيداز وإنزيمات أخرى تكوّن ميلانين و Benzoquinone . ونتيجة لذلك يظهر اللون البني. تحدث هذه العملية بشكل عام بوجود أكسجين، وبالتالي فان الاسمرار الذي يحدث في التفاح مثلا، يحدث عندما يتم تقطيعها (5). ويصحب هذا التغير في اللون تغيرات أخرى غير مرغوبة في المظهر والطعم والقيمة الغذائية مثل فقدان جزء من فيتامين C وأكسدة الكاروتين وغيرها (2). لا تحدث هذه العملية داخل التفاحة مثلا قبل تقطيعها وذلك لان مادة الفينول موجودة داخل الخلية بينما الانزيمات موجودة خارج الخلية. عند تقطيع التفاحة فان الانسجة تُصاب مما يؤدي إلى التقاء الفينول والانزيم، بالإضافة إلى الأكسجين. (7)

هناك عدة طرق تعيق وتمنع الاسمرار، ومنها:

- (1) إضافة عصير الليمون وحمض أخرى لتخفيض درجة الـ pH، وإزالة النحاس الذي يشكل عاملاً مساعداً ضرورياً لنشاط الإنزيمات الخاصة بالاسمرار.
- (2) التسخين لدرجة حرارة عالية بهدف تخثير الإنزيمات المسؤولة عن الظاهرة.
- (3) درجات الحرارة المنخفضة تساعد على منع الاسمرار لأنها تقلل من عمليات الأكسدة.
- (4) غاز خامل مثل النيتروجين يمنع الأكسجين من التفاعل.
- (5) استعمال كيماويات مانعة للأكسدة مثل بيكرينات الصوديوم والسيترات. (5)

الهدف من هذه الوظيفة هو فحص اي التراكيز من فيتامين C تساعد على منع اسمرار عصير التفاح، ووجود الطريقة الملائمة للتخلص من هذه الظاهرة. ولذلك سؤال البحث هو ما هو تأثير تراكيز مختلفة للفيامين C على اسمرار عصير التفاح الطبيعي؟

فرضية البحث هي انه كلما ارتفع تركيز فيتامين C، فان درجة اسمرار عصير التفاح تقل. أما الأساس البيولوجي للفرضية هو ان فيتامين C يتأكسد، مما يقلل كمية الأكسجين الموجودة في العصير. ونتيجة لذلك تقل درجة الاسمرار لان هذه العملية هي انزيمية. بالإضافة الى ذلك، فيتامين C يقلل من درجة الـ pH فتقل فعالية إنزيم فينول أوكسيداز المسؤول عن هذه العملية.

مسار البحث يشمل المواد والطرق

الكائن الحي المفحوص: تفاح من نوع جرانند الكسندر.

العامل غير المتعلق: تراكيز مختلفة من فيتامين C. قمت بتغيير العامل غير المتعلق عن طريق تخفيف المحلول الرئيسي.

العامل المتعلق: مدى اسمرار عصير التفاح. قمت بقياس العامل المتعلق عن طريق التغيير الذي حصل في شدة لون عصير التفاح بعد مرور 10 دقائق. استعملت تدرج سلم ألوان من 1-4، بحيث ان 1 يرمز إلى الأصفر و4 يرمز إلى بني غامق جداً.

عوامل ثابتة:

- حجم العصير في كل انبوب (10 مل): من المهم المحافظة على حجم عصير التفاح في كل انبوب، لان التغيير في حجم العصير في الانابيب المختلفة من الممكن ان يؤدي الى تغيير النتيجة المتوقعة إذ كلما زاد احتجنا إلى فيتامين C أكثر، وبهذا لا نحصل على نتائج دقيقة.
- درجة الحرارة (25°C درجة حرارة الغرفة): من المهم المحافظة على درجة حرارة معينة حتى نضمن نتائج دقيقة، وذلك لان درجة الحرارة تؤثر على نشاط الإنزيمات المسؤولة عن عملية الاسمرار.
- نوع التفاح المستعمل في جميع التجارب (جرانند الكسندر).
- جودة التفاح المستعمل (من حيث الحجم، زمن القطف، اللون...).
- درجة الـ pH. لم تتم إضافة أية مواد من شأنها أن تغير الـ pH، لأن أي تغيير كهذا قد يعيق عمل الإنزيمات المسؤولة عن الاسمرار.

قررت المحافظة على هذه العوامل لانني اعتقد بانها عوامل من المهم المحافظة عليها. التغيير في كل واحد من هذه العوامل من الممكن ان يؤدي الى تغيير في نتائج التجربة وبالتالي لا يمكن الإشارة إلى الأسباب الحقيقية للتغيير في حالة حصوله.

الادوات والمواد التي استعملتها في التجربة: خلاط كهربائي، قارورة، انابيب اختبار، سكين، شاشة بيضاء، محقان.

ضوابط: الضابط في التجربة يمكن من اظهار أن عصير التفاح يبدأ بالاسمرار عند تعرضه للأكسجين، ولكن فيتامين C يمنع ذلك. لذلك فالضابط هو انبوب اختبار يحتوي على نفس حجم العصير ولكن بدون إضافة فيتامين C. كذلك يمكن اعتبار مجموعات التجربة مع تراكيز مختلفة من الفيتامين C ضابطاً داخلياً.

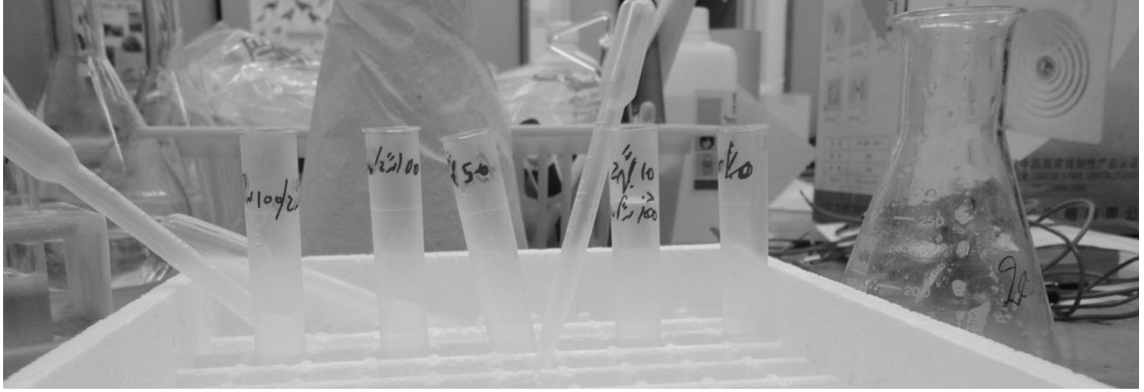
مكان تحضير التجربة وتواريخ القياس: قمت بتحضير التجربة في مختبر المدرسة، وقمت باعادتها 3 مرات، وذلك في ايام مختلفة وهي: 2010،7-12-8، 2011-2-2011، 2011-3-8. أعدت التجربة 3 مرات لزيادة مصداقية النتائج والاستنتاجات.

مسار التجربة

أخذت كميات متساوية من التفاح: 3 تفاحات. وحضرت تراكيز مختلفة من فيتامين C بالماء المقطر: (0, 10, 50, 100, 200) (ملغرام/10ملل)، ووضعت كل تركيز في كأس جانباً لمدة 10 دقائق حتى يذوب فيتامين C جيداً في الماء المقطر. في هذه الأثناء، قمت بعصر التفاح عن طريق الخلاط الكهربائي وذلك لعدم إطالة الوقت لأن العصير اذا تعرض اكثر للأكسجين فإنه يبدأ بالاسمرار.

بعد ذلك قمت بتصفية عصير التفاح الموجود داخل الصحن في قارورة ووضعت على القارورة المحقان وفوقه شاشة بيضاء. قمت بوضع العصير في الماء البارد حتى لا يبدأ بالاسمرار قبل ان أضع تراكيز فيتامين C المختلفة، وذلك لان درجات الحرارة المنخفضة تقلل من نشاط الانزيمات المسؤولة عن عملية الاسمرار.

بعد ان انتهيت تحضير العصير أخذت 5 انابيب ووضعت في كل انبوب 4 ملل من محلول فيتامين C بتركيز مختلف، وأضفت الى كل واحد 10 ملل من عصير التفاح، وانتظرت 10 دقائق.



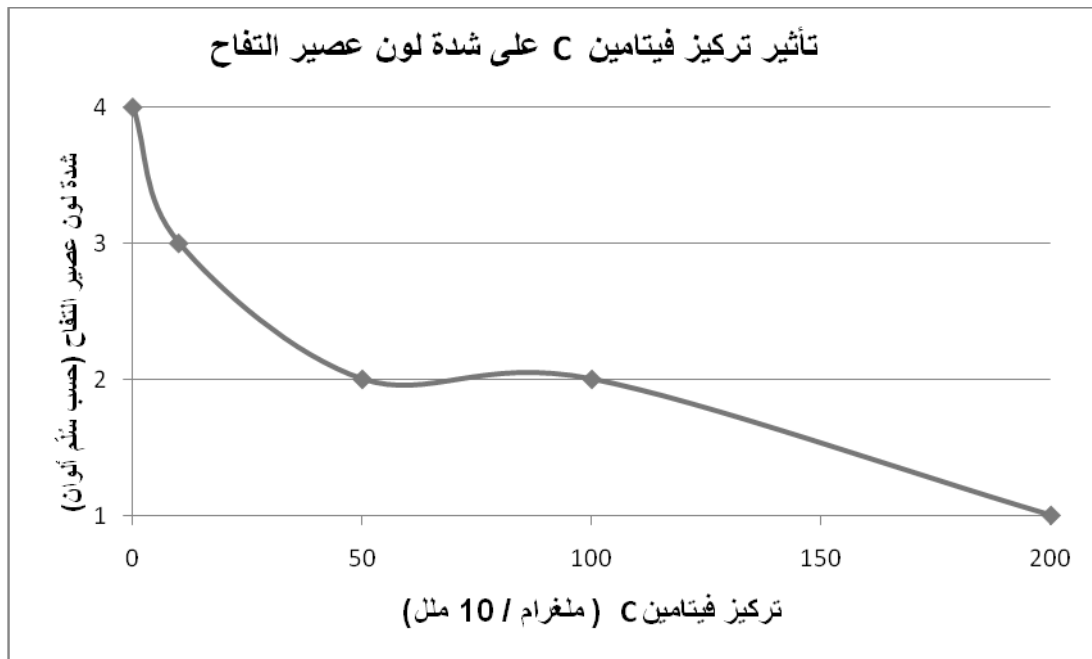
التوسع في المقدمة
والإهتمام في كل
مركبات التجربة ،
كل ذلك رفع من
مستوى الوظيفة.

النتائج

جدول 1: تأثير تركيز فيتامين C على شدة لون عصير التفاح.

رقم الأنبوب	تركيز فيتامين C (ملغرام/10 ملل)	لون عصير التفاح في بداية التجربة	لون عصير التفاح بعد مرور 10 دقائق	شدة اللون حسب سلم ألوان
1	0	اصفر	بني غامق جدا	4
2	10	اصفر	بني غامق	3
3	50	اصفر	بني مع اصفر	2
4	100	اصفر	بني مع اصفر	2
5	200	اصفر	اصفر	1

رسم بياني 1

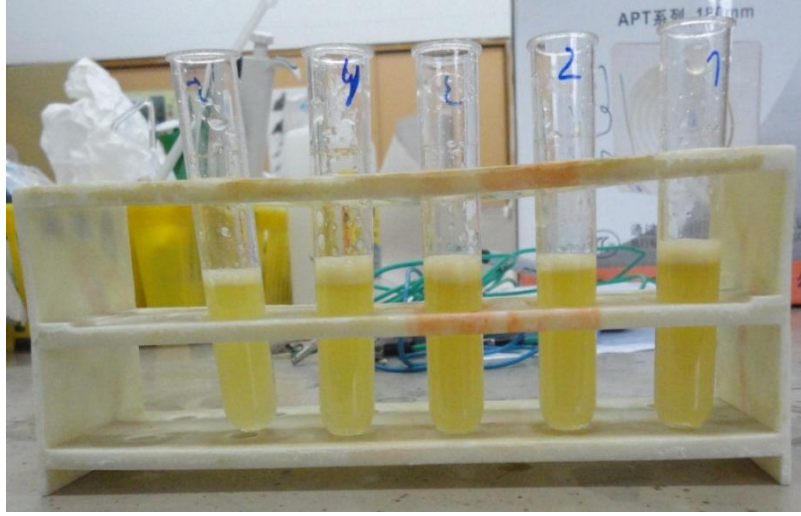


في الأنبوب الأول الذي لم يُضاف له فيه فيتامين C، عصير التفاح أصبح بنيًا غامقًا جدًا خلال عشرة دقائق. في الأنبوب الثاني الذي أُضيف له 10 (ملغرام/10 ملل) من فيتامين C عصير التفاح أصبح لونه بنيًا غامقًا. في الأنبوب الثالث الذي فيه 50 (ملغرام/10 ملل) من فيتامين C، أصبح لون عصير التفاح بني مع اصفر. في الأنبوب الرابع الذي فيه 100 (ملغرام/10 ملل) من فيتامين C، لون العصير أيضًا بني مع اصفر مثل الأنبوب الثالث. أما في الأنبوب الأخير والذي احتوى على أعلى تركيز من فيتامين C وهو 200 (ملغرام/10 ملل)، لون العصير بقي اصفر ولم يتغير خلال مدة التجربة.

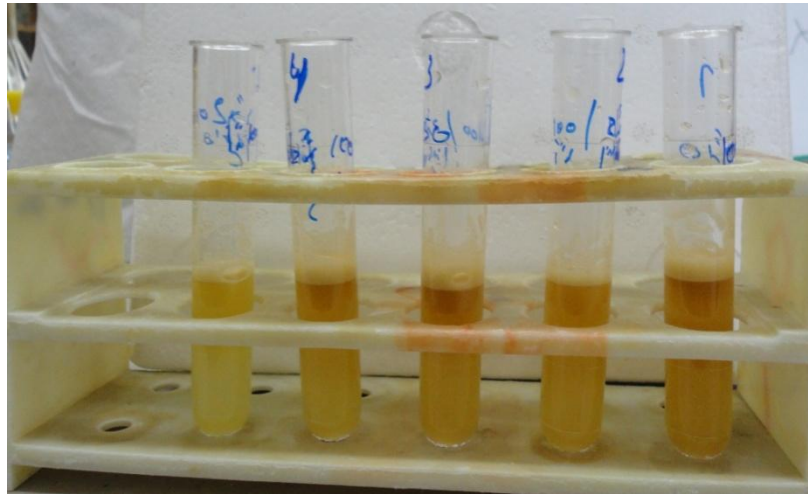
مفتاح سلم الألوان: 1- اصفر، 2- بني مع اصفر، 3- بني غامق، 4- بني غامق جدا

1	2	3	4

الصور التالية تبين لون عصير التفاح في بداية التجربة وبعد 10 دقائق من بداية التجربة:



في بداية التجربة



بعد مرور 10 دقائق

إستنتاجات ونقاش

تطرقتُ في تجربتي لسؤال البحث: ما هو تأثير تراكيز فيتامين C مختلفة على إسمرار عصير التفاح الطبيعي ؟

وإفترضت أنه كلما ازداد تركيز فيتامين C فإن درجة اسمرار عصير التفاح تقل. من نتائج التجربة الملخصة في الجدول 1 والرسم البياني 1، يتبين انه كلما ازداد تركيز فيتامين C تقل درجة اسمرار عصير التفاح. النتائج التي حصلت عليها في التجربة تتوافق مع فرضية البحث والتي تدعي بانه كلما ارتفع تركيز فيتامين C فإن درجة اسمرار العصير تقل. في التجربة وضعت تراكيز مختلفة من فيتامين C، ولكن التركيز الذي منع اسمرار العصير هو الاعلى وكان 200 (ملغرام/10 مل)، حيث ان العصير لم يسود بتاتا بعد مرور 10 دقائق وحافظ على لونه، اما في الأنبوب الذي لم نضع فيه فيتامين C فتغير لون العصير فيه إلى بني غامق.

الأساس البيولوجي للفرضية هو ان فيتامين C يتأكسد، مما يقلل من كمية الأكسجين الموجودة في العصير ولذلك يقلل من وتيرة تفاعل الانزيمات مع الأكسجين، ونتيجة لذلك تقل درجة الاسمرار لان هذه العملية هي عملية أكسدة انزيمية. تتطابق النتائج مع ما ذكر في المادة النظرية بأن فيتامين C يمنع عمليات الاكسدة مما يؤدي الى عدم اسمرار العصير. ولذلك، كلما زاد تركيز فيتامين C فإن ذلك يؤدي الى التقليل من عمليات الاكسدة وبالتالي التقليل من اسمرار العصير. بالإضافة الى ذلك، فإن فيتامين C يقلل من درجة الـ pH فتقل فعالية انزيم فينول أوكسيداز المسؤول عن هذه العملية.

إستنتاجي من نتائج التجربة هو ان فيتامين C هو احد العوامل التي تمنع اسمرار عصير التفاح، ولذلك فهو يدخل في تركيب عصير التفاح المصنّع. من خصائص فيتامين C انه مادة مضادة للاكسدة، وهذه الصفة تمنحه القدرة على منع الانزيمات الموجودة في عصير التفاح من التفاعل مع الأكسجين الموجود في الهواء. فحسب المعلومات التي في المقدمة، ان إسمرار الخضار والفواكه على حد سواء، هو نتيجة لتفاعل الانزيمات مع الأكسجين.

هذا الاستنتاج يتوافق مع الفرضية التي طرحتها. اي ان وجود فيتامين C يساعد ويقلل من اسمرار العصير. الامر الذي أكد لي ان استنتاجاتي صحيحة وأكد لي مصداقية البحث هو انني قمت باعادة التجربة 3 مرات وحافظت على العوامل الثابتة وهي درجة الحرارة 25°C ، وحجم عصير التفاح وحجم محلول فيتامين C في كل انبوب اختبار.

إن الرغبة في الحصول على الحل المناسب لمنع اسمرار عصير التفاح هو ما دفعني للقيام بهذه التجربة. حسب المعلومات التي حصلت عليها في المواد النظرية، فإن هناك عدة عوامل تساعد على منع هذا الاسمرار، ولكن، حسب رأيي، استعمال فيتامين C مريح جدا وذلك لسببين: الاول هو انه متوفر وليس من الصعب الحصول عليه، والثاني هو ان فيتامين C مادة مفيدة للجسم وبالتالي فإنه لا خوف من استعماله بل بالعكس. التركيز المناسب من فيتامين C حسب التجربة هو 200 (ملغرام/10 مل) او ربما اكثر، ولكن ارتفاع تركيز فيتامين C اكثر من اللازم ممكن ان يؤدي الى تغيير الطعم المرجو وزيادة تكلفة الإنتاج.

ثمرة التفاح السليمة تستطيع المحافظة على مركبات النسيج الداخلي للثمرة، ونتيجة لذلك تُحافظ أيضاً على لون وطعم الثمرة. المحافظة على صفات الثمرة عندما تكون سليمة تدخل في إطار الفكرة البيولوجية " تنظيم وإتزان بدني" والتي تنص على أن الأجهزة البيولوجية لها القدرة على المحافظة على ظروف داخلية ثابتة (إتزان بدني) في حدود معرفة والتي تختلف عن البيئة الخارجية التي تتغير بها الظروف. ولكن في حالة حصول خلل، وبالنسبة لموضوعنا، في حالة حدوث ضرر في قشرة ثمرة التفاح أو في حالة تقطيع ثمرة التفاح، فهذا يؤدي الى إنتقاء مواد (كانت في السابق منفصلة عن بعضها البعض) وحدث تفاعلات إنزيمية تؤدي إلى ظهور نواتج تؤدي الى تغيرات في صفات النسيج الداخلي مثل الإسمرار والرائحة والطعم.

مصادر

1. الحاج، د.محمد علي (1978)، غذاؤك حياتك، منشورات دار مكتبة الحياة، بيروت-لبنان، 239-240.
2. الشيمي، أ.د. مجدي جمعة، عبدالله، أ.د. محمد أمين، فوده، أ.د. يحيى حسن (1998)، نظم الانزيمات وتطبيقاتها في التصنيع الغذائي، الدار العربية للنشر والتوزيع- مدينة نصر، 25، 156، 202، 241.
3. الموسوعة العربية العالمية (1999)، الرياض، 48-50.
4. شيبان، ادوار (2002)، بيولوجيا الانسان، حيفا، 36-37.
5. التفاح، موسوعة ويكيبيديا، تاريخ آخر تعديل في الموقع 27.7.2011، عنوان الموقع www.wikipedia.org.
6. ويטמין - C, דר' דוד שדה, טבע לייף, تاريخ الدخول للموقع 2.5.2011، عنوان الموقع: www.tevalife.com.
7. מדעים וטכנולוגיה, מק"מ חיפה, www.mkm-haifa.co.il, تاريخ الدخول للموقع 3.5.2011.
8. ויטמין - C, הדס מוצרים טבעיים - FLORIS, تاريخ الدخول للموقع 5.5.2011، عنوان الموقع: www.floris.co.il.

العلاقة بين تركيز مستخلص الطيون وبين نسبة إنبات بذور العدس

مي شريف, أميرة حسين, مدرسة: يد بيد

بإرشاد المعلمة: وفاء نعامنة-إبراهيم

הקשר בין ריכוז מיצוי
טיון ואחוז נביטת
זרעי עדשים
מי שרף, אמירה חסין
בית הספר- יד ביד,
ירושלים
בהנחיית המורה- ופאא
נעאמנה-אברהם

مقدمة

من خلال جولتنا في حديقة النباتات في القدس مع المدرسة، لفنت انتباهنا ظواهر عديدة. إحدى الظواهر التي جذبتنا كثيرا هي ظاهرة موجودة لدى نبتة الطيون، حيث لاحظنا بأن حول نبتة الطيون لا يوجد نمو لأي نباتات أو أعشاب قريبة وذلك بعكس النباتات الأخرى المتواجدة التي ظهرت حولها نباتات عديدة وكثيفة. ومن هنا بدأنا بالتساؤل حول سبب هذه الظاهرة.

تعتبر نبتة الطيون شجيرة نفضية وأحد نباتات العائلة المركبة كما وينمو برياً بشكل فطري. أزهاره صفراء اللون وتتواجد على شكل نورات، أما بذورها فكثيرة وتنتشر إلى مسافات بعيدة بواسطة الرياح. أوراقه كثيرة الشعيرات وذات ملمس لزج، رائحتها حادة وقوية. في أواخر الصيف والخريف يكتسي الطيون بالخضار والأزهار، أما في الشتاء فيكون عارياً تماماً. يتراوح ارتفاع النبتة ما بين 50-100 سم. وينتشر الطيون في معظم أنحاء البلاد ويكثر في الأماكن الرطبة وعلى جوانب الطريق وأيضاً في المواطن التي يتم تشويشها. (1)

وفقاً للمعلومات التي حصلنا عليها تتصف نبتة الطيون بظاهرة التضادية حيث إن هذه العلاقة تتصف بحالة يفرز فيها كائن حي مواد إلى البيئة تعيق وتمنع نمو كائنات حية أخرى. ففي هذه الظاهرة يوجد محفزات التي تضمن حماية الطيون، أي إن رائحته القوية تحميه من عدم التهام الكائنات الحية له. (1)

المواد المستخلصة من أوراق الطيون والمفترض بأنها سبب حدوث هذه الظاهرة تصل بطرق معينة ومنها:

1. عن طريق الاحتكاك أو التربة: يمكن للرطوبة من أي نوع (بما في ذلك الندى) التي ترطب الورقة أن تؤدي إلى تسرب المواد الموجودة فيها وذلك لأن الندى يؤدي إلى مرور المادة السامة الموجودة على الأوراق للتربة.

2. عن طريق تحليل أوراق الطيون: وذلك نتيجة لتساقط أوراق الطيون بالخريف، فتقوم الكائنات الحية الدقيقة بتحليل الأوراق التي تساقطت، وهكذا تساعد على وصول المادة السامة إلى أعماق التربة والتي هي بدورها يمكن أن تؤدي العديد من الكائنات التي تعيش هناك.

أظهرت بحوث مختبرية إن مستخلصات من أجزاء نبتة الطيون (أوراق، ساق...) هي ذات فعالية ضد البكتيريا والفطريات وذات قدرة على إعاقه الإنبات لبذور مختلفة. من هنا أثارت اهتمامنا هذه الظاهرة وقررنا بحثها من خلال استخدام بذور العدس. فقد أردنا فحص هل يوجد علاقة بين تركيز "المادة السامة" المستخلصة من أوراق الطيون وبين نسبة إنبات بذور العدس. (1)

العدس من مملكة النباتات وينتمي إلى الفصيلة البقولية. بذور العدس خضراء ولا يزيد قطرها إطلاقاً عن 13 ملم. تستخدم بذوره في إعداد الطعام كما تستعمل أوراقه في تسميد الأرض الفقيرة بالأزوت وبالمواد العضوية. لقد اخترنا العمل على بذور العدس لأن بذور العدس يمكننا أن نراها بالعين المجردة فيسهل مراقبة إنباتها وإنباتها لا يستغرق وقتاً طويلاً وبذور العدس متوافرة وظروف تنميتها مريحة وسهلة.

سنقوم في بحثنا إذا بفحص فيما إذا كانت هنالك علاقة بين تركيز مستخلص من أوراق الطيون وبين نسبة إنبات بذور العدس. توقعاتنا هي بأنه كلما ازداد تركيز المستخلص من أوراق الطيون، كلما قل إنبات بذور العدس. وذلك بناء على ما ذكر عن ظاهرة التضادية حيث إن في أوراق الطيون تتواجد مواد سامة أي مسببات إعاقاة وعند استخلاصها من أوراق الطيون نحصل على السائل ذو المواد المعيقة، وهكذا كلما يزيد تركيز مادة الطيون تزداد المواد المعيقة ونتيجة لهذا تقل نسبة إنبات بذور العدس.

مسار البحث, يشمل مواد وطرق

قمنا بإعداد التجربة في المختبر الموجود داخل مدرستنا في تاريخ 2011/1/23 حتى 2011/2/8 ومن أجل القيام بها كان علينا إحضار المواد والأدوات التالية :

المواد: أوراق الطيون (500 غرام) نوع *dittrichia viscosa* , مياه مقطره , مياه, بذور عدس وقطن.
الأدوات : 30 صحن بلاستيك, 6 أوعية اختبار كيميائية (500 مللتر), لاصقات, ميزان دقيق, ماصات (حجم 10 مللتر), قلم تأشير, مقص, جرن ومطرقة, شاش (+ ورق ترشيح)

مراحل سير التجربة :



طرق الأوراق بالجرن

1. استخلاص السائل من أوراق الطيون:

زنا 500 غرام من أوراق الطيون ثم قمنا بنقع كل من الأوراق في وعاء كبير فيه مياه ساخنة لمدة نصف ساعة تقريبا من أجل استخلاص المواد التي تعمل على إعاقاة إنبات البذور بشكل ناجع أكثر. بعد ذلك قمنا بوضع البعض من الأوراق المنقوعة بالماء في الجرن وقمنا بطرقهم بواسطة المطرقة حتى استخلصنا السائل الموجود بالأوراق واستمرت هذه العملية حتى انهينا استخلاص السائل من جميع الأوراق وقد قمنا بتصفية السائل باستعمال الشاش. وبناءاً على تحديد جذري فقد اعتبرنا تركيز المواد في المحلول هو

(هذه الطريقة التي قمنا بها باستخلاص السائل من أوراق الطيون قد أخذت من امتحان بجروت مختبر عام 2007- المسألة 5).

جدول يصف تخطيط لتحضير تراكيز مختلفة من مستخلص الطيون (العامل المستقل):

تركيز مستخلص الطيون (%)	مجموع أحجام السوائل (مليلتر)	حجم المياه المقطرة (مليلتر)	حجم السائل المستخلص (مليلتر)
0	500	500	0
12.5	500	437.5	62.5
25	500	375	125
50	500	250	250
75	500	125	375
100	500	0	500

إختيار مجال التراكيز من 0% -100% كان بسبب عدم توفر معلومات كافية عن التراكيز المؤثرة، ومن هنا أردنا بحث مجال واسع نسبيا من التراكيز فقمنا باختيار هذا المجال، فالتركيز 0% هو ضابط من نوع دون العامل المستقل وهو عبارة عن مياه مقطرة فقط دون مستخلص الطيون. هنالك نوع آخر من التجربة الضابطة إلا وهو من نوع داخلي حيث إن كل تركيز من بين ستة التراكيز المختلفة التي قمنا بتحضيرها يشكل ضابط للتراكيز الأخرى. وهكذا نستطيع مقارنة تأثير كل تركيز على إنبات بذور العدس.

العامل المتعلق: في هذه التجربة هو نسبة إنبات بذور العدس وتم قياسه عن طريق متابعة ظهور جذير للبذور.

فيعد تحضير التراكيز قمنا بنقع 600 بذرة عدس في وعاء مملوء بالمياه المقطرة لمدة 24 ساعة. وبعد ذلك قمنا بتوزيعهم بين 30 صحن بلاستيك (20 بذرة في كل منهم). وقمنا بتخصيص 5 مجموعات منهم لتراكيز مختلفة حيث إن كل مجموعة احتوت على خمسة صحن أي 100 بذرة لكل تركيز وعدد البذور هو عبارة عن إعادات العلاج في هذه التجربة.



صحنون الإنبات مع مستخلص طيون بتركيز مختلفة

عملية ريّ البذور:

في اليوم الأول (23/1/ 11) قمنا بريّ جميع الصحنون بالمحاليل المختلفة التي تم تحضيرها. في اليوم الأول استخدمنا 30 مليلتر من كل محلول. أما في الأيام 23/1-8/2 اكتفينا بـ 20 مليلتر وذلك بناء على ما وجدناه مناسباً حيث إن القطن المزروع عليه البذور يجب إن يكون رطباً بشكل دائم. قمنا بريّ البذور باستخدام ماصات ذات حجم 10 مليلتر .

خلال أيام التجربة حاولنا بقدر المستطاع الحفاظ على ظروف مختبر مستقرة مثل درجة حرارة مستقرة وهي درجة حرارة الغرفة، واستخدام نفس نوع بذور العدس في كل العلاجات، وحجم الريّ كان موحد لكل الصحنون. كما وحاولنا المحافظة على شدة الضوء ثابتة من خلال إبقاء الضوء مضاء في الغرفة. الغاية من العوامل الثابتة هو التأكد إن التغيرات التي حصلت هي بسبب العامل المستقل وليست بسبب عوامل خارجية أخرى.

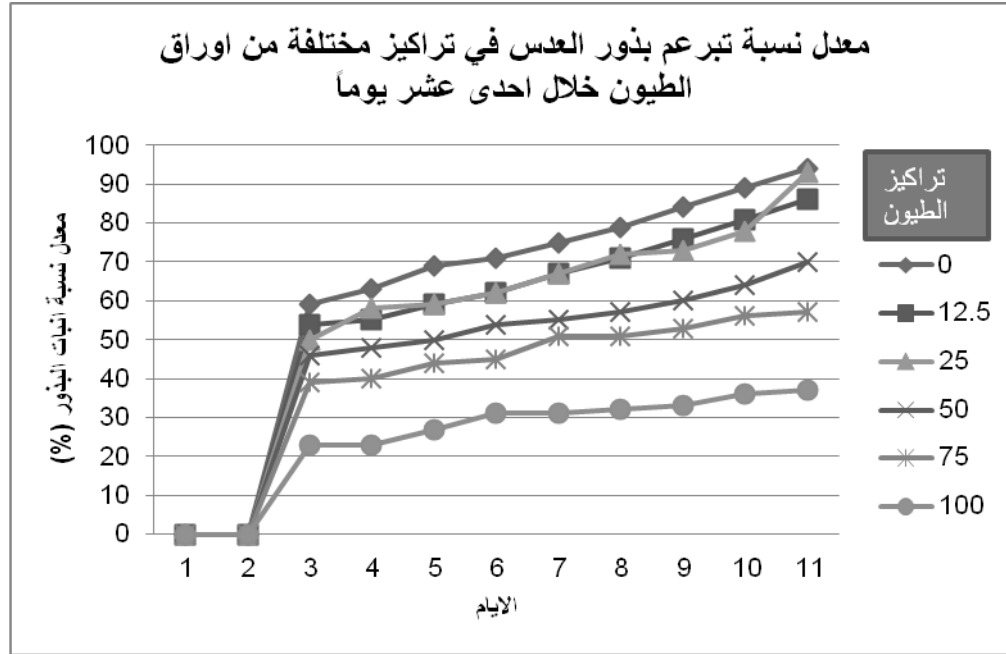
فحص النتائج: خلال التجربة (التي إستمرت 11 يوماً) قمنا بمراقبة التغيرات التي حدثت من خلال فحص إنبات بذور العدس وقد تم ذلك عن طريق فحص إنبات وإطالة جذير لكل من البذور وقمنا بعدد عدد بذور العدس التي أطلقت الجذير في كل صحن ومن ثم حسبنا نسبتها من مجمل البذور الموجودة في كل مجموعة وبعد ذلك جمعنا كل من المعطيات وعرضناها بجدول ملثمة (انظروا الملحق).

النتائج

خلال 11 يوم من الريّ والعناية ببذور العدس قمنا بمشاهدة وتسجيل عدد بذور العدس التي أطلقت جذيرا في كل من التراكيز المختلفة. بعدها قمنا بحساب معدل نسبة الإنبات في كل يوم لكل تركيز. النتائج ملخصة بالجدول التالي:

معدل نسبة إنبات بذور العدس (%) في تراكيز مختلفة من مستخلص الطيون خلال 11 يوم:

معدلات نسبة إنبات بذور العدس (%) خلال 11 يوم											تركيز الطيون (%)
11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
94	89	84	79	75	71	69	63	59	0	0	0
86	81	76	71	67	62	59	55	54	0	0	12.5
83	78	73	72	67	62	59	58	50	0	0	25
70	64	60	57	55	54	50	48	46	0	0	50
57	56	53	51	51	45	44	40	39	0	0	75
37	36	33	32	31	31	27	23	23	0	0	100



المجموعة التي عولجت ب- 0% من مستخلص الطيون نسبة إنبات البذور كانت صفر في أول يومين من التجربة وابتداءً من اليوم الثالث حصل إرتفاع حاد في معدل نسبة الإنبات للبذور حيث وصل إلى 60% وبعد ذلك إستمر إرتفاع تدريجي خلال الثمانية أيام التالية حتى أعلى معدل 90 % إنبات لبذور العدس. المجموعة التي عولجت ب- 12.5% من مستخلص الطيون لم يكن إنبات لبذور العدس في أول يومين، وحدث إرتفاع حاد في اليوم الثالث حيث وصل معدل الإنبات إلى 54% ومن ثم إستمر إرتفاع تدريجي حتى معدل إنبات 86%. أما في المجموعة التي عولجت ب- 25% من مستخلص الطيون لم يحدث إنبات أول يومين وفي اليوم الثالث حدث إرتفاع حاد بمعدل تبرعم البذور حيث وصل 50% ومن ثم إستمر إرتفاع تدريجي في السبعة أيام التالية وفي اليوم الأخير حدث إرتفاع حاد في المعدل من 78% إلى 93%.

من المفضل،
إضافة صور
لفصل النتائج.

المجموعة التي عولجت ب- 50% من مستخلص الطيون لم يكن هنالك إنبات نهائياً في أول يومين وحدث إرتفاع حاد في اليوم الثالث في معدل نسبة الإنبات حيث وصل إلى ما يقارب 45% ومن بعدها حدث إرتفاع تدريجي في الثمانية أيام الباقية حتى وصل معدل الإنبات 70% في آخر يوم.

المجموعة التي عولجت ب- 75% من مستخلص الطيون لم يحدث إنبات في أول يومين فقط في اليوم الثالث بدأ ظهور البادرات بنسبة أقل حيث وصل 40% من نسبة الإنبات وبعد ذلك حدث إرتفاع بطيء في نسبة الإنبات حيث وصل إلى 50%، وثبتت هذه النسبة لمدة ثلاثة أيام وبعدها حدث إرتفاع بسيط حتى وصل إلى معدل 57%.

أما المجموعة التي عولجت ب- 100% من مستخلص الطيون، في أول يومين كان معدل 0% من الإنبات، وفي اليوم الثالث حصل إرتفاع حاد حيث وصل إلى معدل 23% من نسبة الإنبات، وبعد ذلك حدث إرتفاع بطيء جداً حتى اليوم السادس وحافظ على معدل يقارب ال 30% في أربعة الأيام المتتالية، وبعد ذلك حدث إرتفاع بسيط جداً حيث وصل إلى 37% وهذا كان أقل معدل إنبات مع إنتهاء التجربة.

استنتاجات ونقاشات

كانت رغبتنا في هذا البحث هي اكتشاف فيما إذا كانت هنالك علاقة بين تركيز المادة المستخلصة من أوراق الطيون وبين نسبة إنبات بذور العدس وافترضنا كان انه كل ما زاد تركيز المادة المستخلصة من أوراق الطيون كلما قل إنبات بذور العدس .

بناءً على النتائج التي حصلنا عليها وجدنا أنه كلما زاد تركيز مستخلص الطيون كلما قلت نسبة إنبات بذور العدس. ففي تركيز 0% والذي هو عبارة عن مياه مقطرة فقط، وصل معدل نسبة إنبات البذور فيه لدرجة عالية جداً وهي ما يقارب إلى 95% ، بالمقابل في التركيز 100% ، وهو عبارة عن السائل المستخلص من أوراق الطيون فقط، فوصل معدل نسبة إنبات بذور العدس إلى 37% فقط (النتائج مبيّنة في الرسم البياني الصفحة السابقة). من هنا نرى بأن النتائج تدعم فرضيتنا، حيث نرى بأنه كلما زاد تركيز مادة الطيون أي من تراكيز (0%-100%) قلت بشكل بارز نسبة إنبات بذور العدس في اليوم الحادي عشر (من 94% حتى 37%). يتبين من ذلك أنه هنالك علاقة بين تركيز مستخلص الطيون ونسبة إنبات بذور العدس ويمكن الاستنتاج أن المواد المستخلصة من أوراق الطيون تُسبب إعاقَة إنبات بذور العدس. هذا الاستنتاج يعود تفسيره إلى ما ذكرناه سابقاً في المقدمة بأن الطيون يحتوي على مواد سامة مُعيقَة لإنبات بذور مختلفة وكلما ازداد تركيزها في وسط الإنبات ازدادت نسبة إعاقَة الإنبات.

يجدر بنا الملاحظة إلى أن هذه الاستنتاجات قد تكون غير موثوق منها حيث إن التجربة لم تتم بأكمل وجه فمثلاً:

(1) اضطررنا إلى التوقف عن الريّ لمدة يومين (الجمعة والسبت) وذلك بسبب عدم ذهابنا إلى المدرسة في هذه الأيام وهذا يمكن أن يؤثر في النتائج.

(2) لم تكن لدينا القدرة للتأكد من أنه بالفعل قد تم المحافظة على ظروف مستقرة، فالمختبر يستعمل على يد معلمين آخرين وأحياناً طلاب يدخلون إليه وأحياناً حتى المنظف وهكذا لا يمكننا ضمان بقاء الضوء مضاء طوال الوقت لأنه يوجد الكثير من الأشخاص الذين يستخدمون الغرفة بالرغم من تحذيرنا لهم.

كما وأن التركيز الأقصى قد يمس النتائج حيث إن تركيز 100% هو تقديرنا الشخصي حيث أنه لم يكن عبارة عن استخلاص السائل من أوراق الطيون فقط بل كان ممزوج مع مياه مقطرة. من هنا تكمن أهمية إعادة التجربة ككل وليس فقط إعادة علاجات فيها عدة مرات أخرى حتى يكون بإمكاننا التأكيد على هذا الاستنتاج.

رأينا في بحثنا هذا أن ظاهرة التضادية تميز نبات الطيون أيضاً بما يتعلق في بذور العدس. ظاهرة التضادية تمنح النبتة القدرة على حماية نفسها أحياناً من كائنات حية أخرى أو قد تفرز هذه المواد المعيقة دون الاستفادة منها. في هذه الحالة بما يتعلق في بذور العدس نفترض بأن إعاقَة إنباتها كانت بهدف الحماية أيضاً حيث إن مصير هذه البذور الإنبات والتحول إلى نبات والتي سوف تتنافس معها على الضوء أو على عوامل أخرى. تعكس هذه العلاقة بين الطيون والعدس علاقة التضادية وهي إحدى العلاقات المتبادلة الموجودة بين الكائنات الحية في الطبيعة والتي من خلالها يحاول الكائن الحي التأقلم مع بيئته.

التطرق للزيوت
العطرية في المقدمة أو
في النقاش كان سيرفع
من مستوى النقاش في
الوظيفة.

تتميّز أوراق الطيون بكونها لزجة وذات رائحة كريهة وقوية ويعود مصدرها إلى بعض من المواد السامة التي يفرزها طوال مراحل حياته من بينها سكريات ودهنيات وبروتينات. مثل : ترفنيم, ازولن, هيسفولين, تركسسترول اتستات, كمفور , تيمول , كربكول و واوكليفول (كيناول). هذه المواد هي التي تؤثر على نسبة إنبات البذور واستطالة الجذور ودرجه تطور الماصات ونتيجة لذلك يمكن أن يُعاق إنبات البذور.(1)

بالطبيعة تصل هذه المواد إلى بذور النباتات بواسطة التربة بعد تساقط الأمطار التي ترطب أوراق الطيون وبالتالي تتسرب المواد الموجودة فيها وهكذا تؤدي الأمطار إلى مرور المادة السامة الموجودة في الأوراق إلى التربة وهكذا تصل إلى بذور النباتات وتقوم بإعاقَة إنباتها. وهذا ما حاولنا تمثيله في التجربة حيث سقينا بذور العدس في محلول يشمل المادة السامة، كما في الطبيعة بعد تساقط الأمطار تحصل بذور النباتات بجانب نبتة الطيون على مياه ممزوجة بالمواد السامة.

بعد الحصول على نتائج بحثنا حول تأثير أوراق الطيون على نسبة إنبات بذور العدس نجد أن مُستخلص الطيون أعاق مرحلة الإنبات لبذور العدس ولكن ما زال يثير إهتمامنا سؤال آخر يتعلق بالعلاقة بين ظاهرة التضادية لدى نبات الطيون ونبات العدس ونريد أن نقترح إستمرار البحث عن طريق فحص تأثير تركيز مُستخلص الطيون على وتيرة نمو بادرات العدس. إن نتائج سؤال البحث المُقترح سوف تبيّن مدى تأثير مُستخلص الطيون على عملية نمو بادرات العدس. بحسب إعتقادنا, الإجابة عن هذا السؤال ستعطي صورة كاملة وواضحة بالنسبة لعلاقة ظاهرة التضادية بين نبات الطيون وبين إنبات بذور العدس ونمو بادرات العدس.

ظاهرة التضادية عند نبات الطيون والتي تظهر من خلال إعاقَة إنبات ونمو نباتات في البيئة المجاورة لنبتة الطيون, تتعكس من خلال الفكرة البيولوجية " العلاقات المتبادلة والمحافظة على توازن دينامي". يتبين ذلك من خلال ظاهرة التضادية والتي يفرض نبات الطيون مواد مُعيقة الى البيئة المجاورة والتي تصل إلى بذور نباتات أخرى وتمنع إنباتها في البيئة المجاورة وهذا مما يُقلل من تنافسها مع نبتة الطيون على أشعة الشمس من فوق سطح التربة وعلى موارد المياه والأملاح المعدنية من التربة, مما يتسنى لنبتة الطيون النمو ببطء وإستغلال الموارد المطلوبة لها بمفردها.

مصادر

1. רייבשטיין נעמי, עיכוב נביטה על ידי טיון דביק, אתר סנונית והמרכז להוראת המדעים האוניברסיטה העברית בירושלים
<http://www.snunit.k12.il/sachlav/bioteach/main/upload/.webpage/ikuvtayun.html>
2. הטבע נגד הטבע, אתר סנונית והמרכז להוראת המדעים האוניברסיטה העברית בירושלים.
<http://www.snunit.k12.il/bioteach/upload/.hov166/tevangd.html>
3. אלון עזריה, 300 פרחי בר בצבעי הקשת, הוצאת החברה להגנת הטבע, 1987, עמ 94.
<http://www.edu-negev.gov.il/bs/hofim/limor/tayun.htm>
4. מסד יהודית, נביטת צמחים אטיולציה אללופתיה, אתר חוקרים חקלאות (ספריה), 1997.
<http://www.edugal.org.il/hokrim/library/ma113.htm>