**שימוש בביוטכנולוגיה**

***רונית קשי אגזני***

*הפעילות מבוססת על הרצאתו של ד"ר אמנון לרס בנושא:  
 "השימוש הפוטנציאלי בביוטכנולוגיה על מנת למזער את בעיית הרעב בעולם"*

**חלק א: דף פעילות לעבודה בקבוצות**

הדגמת המורה: עמידות לפתוגנים הגורמים לאובדן יבול רב: הצלת ענף הפפאיה בהוואי הודות לזן טרנסגני עמיד לוירוס.

**המידע**: בשנת 1990, [נגיף](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A0%D7%92%D7%99%D7%A3) בשם רינגספוט (ringspot) כמעט וחיסל את כל עצי הפפאיה באיי [הוואי](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%94%D7%95%D7%95%D7%90%D7%99). הזנים שהיו מ[הונדסים גנטית](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%94%D7%A0%D7%93%D7%A1%D7%94_%D7%92%D7%A0%D7%98%D7%99%D7%AA) היו עמידים לנגיף. עד היום לא נמצאה שיטה ביולוגית לטיפול בנגיף, בשנת 2004 רוב הזנים ברחבי הוואי היו הכלאות עם זנים מהונדסים גנטית, ומאגרי הזרעים היו מזוהמים בנגיף רינגספוט. בשנת 2010 80% מהפפאיות בהוואי היו מהונדסות גנטית. (מתוך ויקיפדיה. ערך: פפאיה)

**התרשים**:

DNA של פפאיה שאין לה עמידות נגד הוירוס גן לעמידות נגד הוירוס

DNA של פפאיה שיש לו גן לעמידות נגד הוירוס

החדרת ה DNA לגרעין תא של פפאיה

התפתחות צמח פפאיה שלם מהתא היחיד

|  |
| --- |
| **מטלה:**  **המירו את הטקסט בקטע שקבלתם (אחד משישה שלפניכם) – לתרשים.** |

**קבוצה א':** **פיתוח זן מלפפונים טרנסגני עמיד לוירוס** על ידי עמית גלאון ממכון וולקני: מחלת הצמחים קראוון הכתר אשר הגיעה לארץ בדרך מסתורית גרמה להכחדת 1,000 דונם של גידולי מלפפונים בשנה האחרונה. כתוצאה מכך ירדו לטמיון 10,000 טון מלפפונים והדבר בא לידי ביטוי במחסור בשווקים ועליית המחיר לצרכן. ההתמודדות עם המחלה מצריכה שימוש רב בריסוסים וגם הם אינם מונעים אותה, אלא רק מעכבים את התקדמותה.   
  
משתלות 'חישתיל' פיתחו סדרת מלפפונים מורכבים שעמידים למחלה בלי צורך בריסוסים או חיטוי קרקע. מדובר בשתילי מלפפונים שמורכבים בגיל של מספר שבועות על גבי מערכת שורשים חזקה של ירקות מקבוצת הדלעות. תהליך ההרכבה מתבצע בתהליך יחודי בחדרים סטריליים כדי להגן על השתילים הרכים והעדינים מפני מחלות.   
  
דודו מגל, מנהל הפיתוח של 'חישתיל', אמר שהשתילים המורכבים מקנים לחקלאי בטחון שמה שהוא שותל בקרקע הוא יזכה לקטוף. הודות להימנעות מריסוסים נהנה הצרכן ממלפפון נקי מרעלים ובריא. גם החקלאי ועובדיו אינם נחשפים לחומרי הדברה שעלולים לגרום להם לנזק בריאותי.   
  
ישנן מספר השערות לגבי הדרך שבה הגיעה המחלה לארץ, אך אף אחת מהן לא הוכחה. ההתפרצות הראשונה היתה באזור חדרה, אחד ממרכזי הגידול של מלפפונים בישראל, והיא התפשטה משם לכל הארץ ומופיעה בעיקר במשקים העוסקים בגידול אינטנסיבי של מלפפונים.

(http://www.inn.co.il/News/News.aspx/154831)

**קבוצה ב':** **עמידות לזחלי פרודניה:** הפרודניה היא זחל שניזון מעלי צמחים רבים וגורם בכך נזק רב לצמחים. בטכנולוגיות של הנדסה גנטית הוחדר לצמח גן ליצירת רעלן שהזחל נפגע ממנו. כתוצאה מאכילת הצמח המהונדס, הזחל מת, אינו מתרבה והצמחים לא ניזוקים ממנו. הרעלן לא פוגע בבני אדם.

**קבוצה ג':** **העשרת אורז בויטמין A:** חסר בויטמין A (בטא-קרוטן) גורם למוות של רבע מיליון בני אדם ולעיוורון של חצי מיליון בני אדם במז' אסיה בשנה. מדובר באוכלוסיות שניזונות מאורז. הפתרון: החדרת גן ליצירת בטא-קרוטן באורז. האורז מקבל גוון צהוב. גנים ממקורות שונים הביאו ליצירת כמויות בטא-קרוטן שונות. כמחצית מאוכלוסיית העולם מתבססת על אורז כמצרך המזון הבסיסי והעיקרי בדיאטה היומית שלהם. למרות היותו מרכיב מזון כה מרכזי, אין לאורז ערך תזונתי גדול במיוחד והוא עני מאוד בוויטמינים ובמרכיבי מזון חיוניים אחרים. בדרום-מזרח אסיה, למשל, 70% מהילדים מתחת לגיל חמש סובלים מחסר ויטמין A, הגורם לעיוורון חלקי או מלא, לפגיעה במערכת החיסון, לפגיעה בהתפתחות ולפיגור שכלי. תוספת של ויטמין A לדיאטה של אוכלוסייה זו תוכל, כך מניחים, למנוע כמיליון עד שני מיליון מקרי מוות של ילדים בשנה. האפשרות ליצור זן אורז המייצר כמויות גדולות של ביתא קרוטן בזרעים התאפשרה בזכות הבנת מסלול הביוסנתזה של הביתא קרוטן בצמחים, שפוענח ברובו על ידי פרופ' יוסי הירשברג וקבוצתו מהאוניברסיטה העברית בירושלים. הקרוטנואידים מהווים משפחה של פיגמנטים בעלי צבע צהוב, כתום ואדום. פיגמנטים אלו הם מרכיבים חיוניים בתהליך הפוטוסינתזה ולכן נמצאים בכל הצמחים. מדוע, אם כן, אין באורז שאנו אוכלים מספיק קרוטנואידים?

אורז רגיל, כפי שאנו מכירים מן המכולת, הוא זרעים מקולפים של צמח האורז (Oryza sativa). מרבית הוויטמינים נמצאים בקליפה העוטפת את גרגרי האורז, שהיא שמנונית ונוטה להירקב. מסיבה זו מפרידים אותה מהגרגרים כדי לאפשר אחסון זול ונוח לאורך זמן. גרגר האורז מגיע אלינו, אם-כך, חסר ביתא קרוטן, אך הוא מכיל את חומר המוצא של הקרוטנואידים (GGPP (geranylgeranyl diphosphate. כדי להפוך GGPP לביתא קרוטן, יש צורך בשלושה אנזימים שונים.

במחקר שפרסמו החדירו לתאים של צמח האורז שלושה גנים המקודדים את שלושת האנזימים הדרושים.

כיצד אפשר להבדיל בין גרגרי האורז המהונדסים המכילים את הוויטמין הנדרש ובין גרגרי אורז שלא קלטו את הגן? התשובה לשאלה זו קלה. מכיוון שביתא קרוטן הוא פיגמנט כתום (הוא היוצר למשל את צבע הגזר). קל לברור את גרגרי האורז הזהובים ולבדוק את תכולת הוויטמינים שלהם. ואכן, נמצא כי הגרגרים הזהובים מכילים ביתא קרוטן בכמות כזו שמנת אורז יומית ממוצעת תכיל מספיק חומר מוצא ליצירת הכמות הדרושה לויטמין A.(מאת אורן שולדינר, מתוך אתר מט"ח).

**קבוצה ד':** **מניעת הבשלת יתר:** עיכוב יצירת אתילן (הורמון צמחי האחראי להבשלת פירות) על ידי עיכוב ביטוי הגנים לאנזימים המזרזים יצירת אתילן. האטת ההבשלה מונעת ריקבון מהיר מדי. השיטה מיושמת בעגבניה ובמלון.

**קבוצה ה':** **האטת תהליך התרככות הפרי:** על ידי "השתקת" הגנים ליצירת האנזימים הרלוונטים לתהליך. "השתקת" הפעילות של גן היפוך תרגום (=anti-sense), או על ידי החלפת או השלמת בסיס. במקרה זה ראשית מבודדים את קטע המידע התורשתי (דנ"א) לגן בו מעונינים מתא מתאים. לאחר מכן יוצרים "תמונת ראי" שלו ולמידע זה מצרפים סמני התחלה וסיום לפני העברתו למקבל.   
כאן חובה לציין שתרגום המידע בתא לחלבון נעשה בכיוון מסוים. מכיוון שלתא הוחדרה "תמונת ראי" הרי שיחול כעת היפוך תרגום שיניב משהו שאינו בעל משמעות (= (Anti-sense ובכך יושתק הגן וימנע ייצור החלבון המקורי. הדוגמה לכך הייתה המקרה הראשון של יצירת מוצר מצמח טרנסגני - עגבנייה בעלת חיי מדף ארוכים יותר על ידי כך שהופסק ייצור חלבון מסוים - האחראי לייצור אתילן - הורמון ההבשלה. (מתוך הנדסה גנטית בצמחים רקע מדעי והיבטים הלכתיים פרופ' אליעזר גולדשמידט ד"ר אריה מעוז אסיא, חוברת ס"ה-ס"ו, אלול תשנ"ט (ספטמבר 1999)**.**

**קבוצה ו':** **האטת תהליכי הזדקנות הפרי** : על ידי עיכוב או הגברת ביטוי הגנים ליצירת האנזימים הרלוונטים. למשל: הגברת ביטוי גנים לאנזימים המזרזים ייצור ציטוקינין, שתפקידו לעכב תהליך הזדקנות. האטת תהליך ההזדקנות באמצעות העלאת

רמת ההורמון הצמחי ציטוקינין (מתוך אתר מוטנ"ט – "השימוש הפוטנציאלי בביוטכנולוגיה על מנת למזער את הירידה באיכות ואת הפחת בתוצרת חקלאית טריה לאחר הקטיף" מאמר מאת אמנון לרס)

להתקדמות תהליך ההזדקנות בצמחים השפעה חקלאית שלילית משמעותית . בעת האחסון של תוצרת חקלאית טרייה, לעתים קרובות תהליך ההזדקנות הטבעי אף מואץ עקב ניתוק העלה או הפרח מצמח האם וחשיפה לתנאי העקה המלווים באחסון כגון מחסור במים, חושך או טמפרטורה קיצונית. ההזדקנות לאחר הקטיף מובילה לירידה באיכות ירקות ופרחים ואף גורמת לרגישות גבוהה יותר כנגד פתוגנים מחוללי רקבונות. בברוקולי לדוגמה יש צורך בקירור לטמפרטורה נמוכה על מנת להאט את קצב התקדמות תהליך ההזדקנות , וזה מוביל להוצאות גבוהות וסרבול במערכת האחסון והשיווק. להתקדמות תהליך ההזדקנות הטבעי

במהלך הגידול יש גם משמעות חקלאית כלכלית גבוהה שכן במחקרים רבים הודגם מתאם שלילי בין קצב התקדמות ההזדקנות לבין הביומסה של הצמח.

להורמון הצמחי ציטוקינין נמצאה פעילות מעכבת הזדקנות בצמחים רבים. פעילות זו הודגמה תחילה על ידי שימוש בטיפולי ריסוס שבמסגרתם הוביל יישום ההורמון ממקור חיצוני להאטת ההזדקנות. האנזים isopentenyl trasferase (IPT) זוהה כאנזים המזרז שלב קובע מהירות בביוסינתֵזת ההורמון ציטוקינן הצמחים. מחקרים מוקדמים הראו שהכנסת

הגן IPT , ששובט מחיידק בעל יכולת ייצור ציטוקינין, לתוך גנום צמחים טרנסגניים, בשעה שביטוי הגן המוחדר מתרחש בצורה קונסטיטוטיבית , מוביל לדחיית תהליך ההזדקנות בעלים. עם זאת העלאת רמת הורמונים, כולל ציטוקינין , בצורה לא מבוקרת בצמחים גורמת לתופעות לוואי שליליות . על מנת להתגבר על בעיה זו פותחה, תחילה בטבק, מערכת שבה הביטוי של הגן IPTמתבצע תוך כדי התבססות על מערכת משוב הגורמת לעלייה ברמת הציטוקינין רק כשרקמת העלה של הצמח הטרנסגני נכנסת לתהליך ההזדקנות.