



יצירת פיקוס שדרות נטול פירות

דר' משה פליישמן

מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני, ראשון לציון
vhmoshea@agri.gov.il





פיקוסים - ממשפחות העצים העתיקים על פני כדור הארץ

הפיקוס מונה למעלה מ-800 מינים של עצים, שיחים ומטפסים. מרבית הפיקוסים צומחים באזורים בעלי אקלים ממוזג וביערות טרופיים בעולם. באזורי הגידול השונים פרי הפיקוס הוא מקור עשיר לתזונה של ציפורים ובעל חיים אחרים.



Ficus retusa



Ficus sycomorus



Ficus palmata



Ficus carica



Ficus pumila



Ficus auriculata



לפיקוסים פרי ייחודי הקרוי פגה



© W.P. Armstrong 2001

• הפרחים בפיקוס מקובצים בתפרחת מרוכזת תחת מעטה חצי סגור, ובמינים מסוימים יראו כפרי.

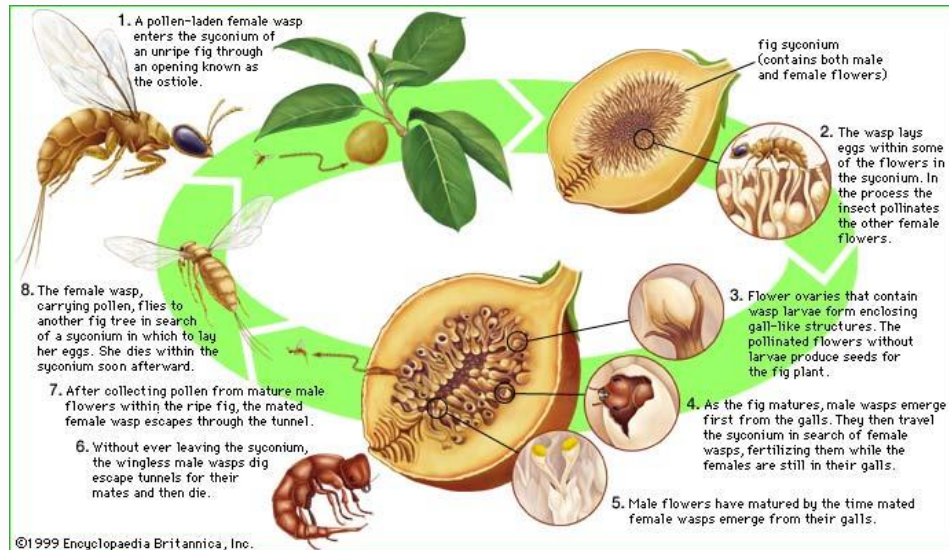
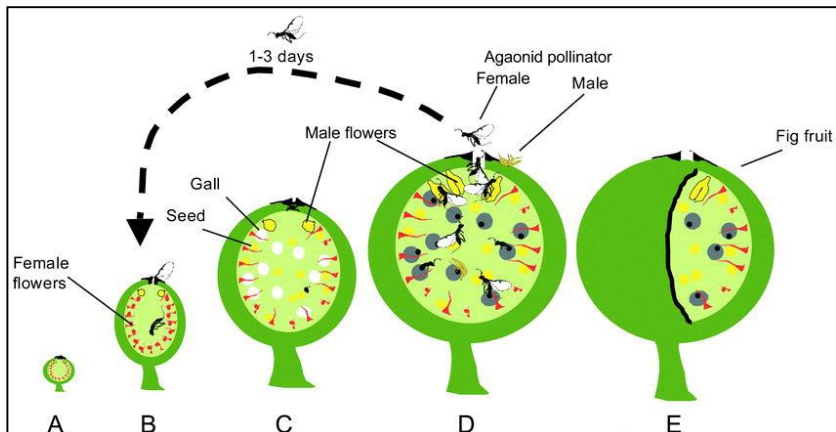
• התפרחת קרויה בשם "פגה", ופי הפגה נקרא "אוסטיאול". לאחר ההפריה של פרחי הפיקוס, הפרי צומח בתוך מעטה התפרחת ומפתח זרעים.

• בתמונה פגה מפוחמת המתוארכת ל 70-130 מיליון שנה



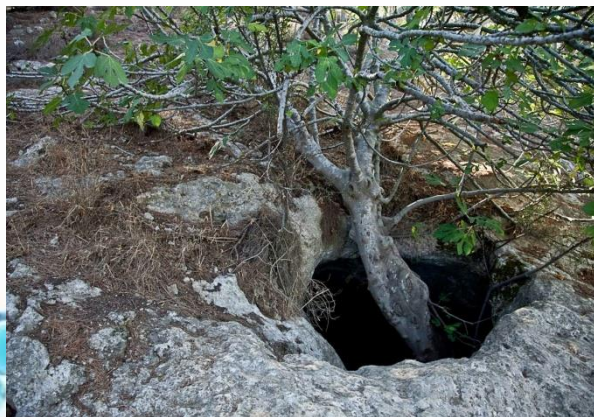
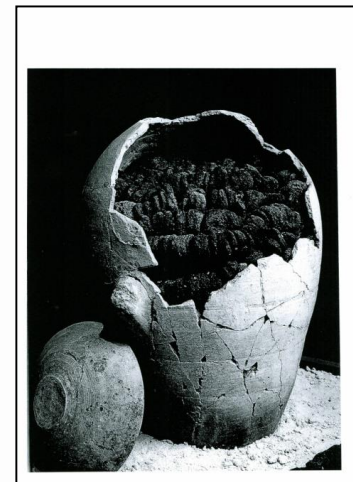


בפיקוסים קיימת מערכת סימביוטית ייחודית בין הצרעה לפגה





הנציגים הבולטים של משפחת הפיקוסים בארץ ישראל הם התאנה





הנציגים הבולטים של משפחת הפיקוסים בארץ ישראל הם התאנה והשקמה





פיקוס השדרות הוא עץ אורבני מרשים הגדל בערים רבות בישראל ובעולם

פיקוס השדרות הגר לארץ בשנות ה-20 של
המאה הקודמת.



לפיקוסים, יש להם גם לא מעט יתרונות.
צמרתם רחבה, עלוותם מבריקה, הם ירוקים
כל השנה, שורשיהם חזקים, הם לא זקוקים
להשקיה ומגיעים בכוחות עצמם למקורות
מים, הם קלים לתחזוק ונטולי מזיקים. על פי
מחקרים שנעשו בטכניון, הטמפרטורה בצלו
נמוכה בשלוש-ארבע מעלות מזו השוררת
תחת כל צל אחר. "מבחינה אקולוגית הם
עושים עבודה נפלאה בעיר", אומר זלוף,
"הם סופחים את הפיח. זה עץ מדהים
(הארץ 2004).





פיקוס השדרות הוא עץ נוי אורבני מרשים הגדל בערים רבות בישראל ובעולם

• "כאשר בוחנים איזה עצים שרדו מתוך אלה שנשתלו במהלך הדורות בתל אביב מתברר שהפיקוסים, בעיקר פיקוס השקמה ופיקוס השדרות, מובילים". חיים גבריאל, האגרונום הראשי של עיריית תל אביב.





פיקוס השדרות הוא עץ נוי אורבני מרשים הגדל בערים רבות בישראל ובעולם

• פיקוס השדרות מסוגל לייצר 3-4 גלי פירות בשנה

• הלעד נצעד על הפיכסה של הפיקוס, עטלפים מזמזמים סביב ראשינו? אביבה לורי הארץ 2004

• "טיול רגלי על המדרכות הוא חוויה מפוקפקת. פירות הפיקוסים נמרחים ונדבקים לנעליים ודי קשה להוריד אותם אחר כך. טיול ברחוב הנשיא בלילה דומה יותר לסצינה מסרט של היצ'קוק. עשרות עטלפים רעבים מתעופפים מעל לראש, חולפים במטסים נמוכים מצד לצד".

• דוקטור ג'קיל ומיסטר הייד: הפיקוס משתלט על העיר הקדוש המענה, המחבק ההורג והמלכלך האובססיבי: הצד המואר והאפל של העץ הכי שתלטן בת"א. אבי לוי פורסם: YNET 14.11.11

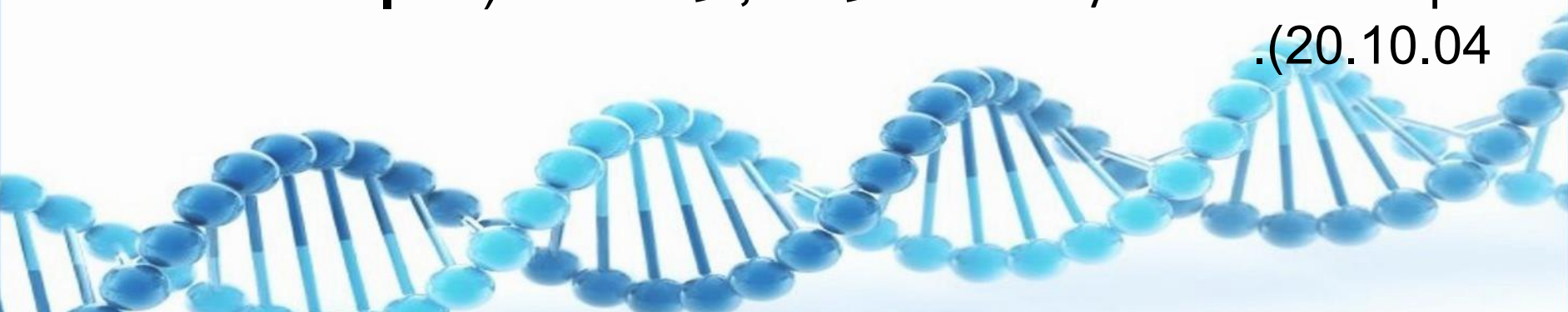




מחקרים למניעת יצירת פירות בפיקוס השדרות

• **"דר' איתן פרסמן** מהמחלקה לירקות במכון וולקני ודר' **יצחק בירן** מהמחלקה למטעים וצמחי נוי בפקולטה לחקלאות - חיפש גבריאלי בסוף שנות השמונים פתרונות חכמים, ולא מצא. "ניסינו לעקר את הפיקוסים בכל מיני חומרים וכל מיני שיטות", הוא אומר, "בהזרקה, באינפוזיה, דרך השורשים, בריסוס. אבל לא קיבלנו תוצאות מעשיות. (הארץ 2004).

• מדעני **"שלף מעבדה חקלאית"** ברחובות: הצלחנו לייצר נוסחה כימית, שתוזרק לגזעי העצים מדי שנה, ובכך תמנע את התופעה. יש תקווה? אמר ל-ynet **מנהל המעבדה, עודד יפה**. (דורון שפר 20.10.04).





מחקרים למניעת יצירת פירות בפיקוס השדרות

• **פרופ' דיני איזיקוביץ**, בראשית שנות ה-2000 רצה "ללמוד את יחסי הגולמין בין הפיקוסים לצרעות, כדי למצוא נקודות תורפה, ולהבין את מחזור החיים של הצרעה, ועל הבסיס הזה להתחיל לחשוב, כי אחרת קשה לתקוף אותה. הבעיה סבוכה מאוד. הפגה הזאת משמשת מזון למאות ציפורים ועטלפים".

• **פרופ' צבי מנדל**, חוקר במחלקה לאנטומולוגיה במכון וולקני שהיה מעורב בעבר בניסיונות שונים למציאת פתרון לבעיית הפיקוסים.

• חברת **'בוטניק' של איש העסקים דודי ברימר ומשה שמש** רשמו פטנט על הזרקת הורמונים "למניעת הריון" בפיקוסים ויחד עם **אביגיל הלר** בדקו את יעילות הזרקת ההורמונים. "שמש שבע רצון מהתוצאות. הלר פחות".

• בשנים האחרונות **פרופ' יוסי ריוב** מהפקולטה לחקלאות יחד עם **אביגיל הלר** בודקים את השפעת הזרקת חומרים נוספים, עד כה בהצלחה חלקית בלבד.



מחקרים למניעת יצירת פירות בפיקוס השדרות

NATIVE FIG SPECIES AS A KEYSTONE RESOURCE FOR THE SINGAPORE URBAN ENVIRONMENT



Alvin Francis S. L. Lok, W. F. Ang, B. Y. Q. Ng , T. M. Leong,
C. K. Yeo and Hugh T. W. Tan





מחקרים למניעת יצירת פירות בפיקוס השדרות

City injects ficus trees to stop masses of messy berries

Bryce Alderton

Using the product **Atrimmec** on the trees two years ago, and based on the results, city officials plan to expand the program to other ficus trees downtown.

The chemical blocks plant hormones that stimulate growth and reduces the need for trimming and pruning.

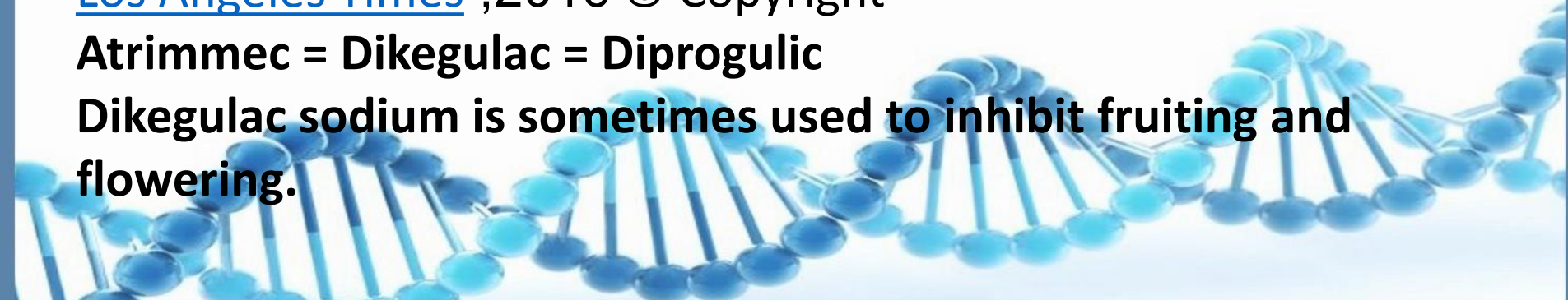
The city tried spraying the product onto trees, but that method was ineffective, May said. Timing is important; the product needs to be injected into trees before the berries start falling.

"If applied correctly, [**Atrimmec**] works quite well", Flores said .

[Los Angeles Times](#) ,2016 © Copyright

Atrimmec = Dikegulac = Diprogulic

Dikegulac sodium is sometimes used to inhibit fruiting and flowering.





מחקרים למניעת יצירת פירות בפיקוס השדרות

• ניתן לסכם ולומר שכל גישות העבודה עד היום הציעו מגוון טיפולים הורטיקולטוריים למיגור או מזעור השפעת הפגות המלכלכות של פיקוס השדרות במידת הצלחה מסוימת.

• גישה נוספת היא השבחה ליצירת עצי פיקוס השדרות שאינם מלכלכים?





השבחת עצי פרי

• הכלאות בפיקוס התאנה: יצירת פירות בעלי תכונות חדשות.

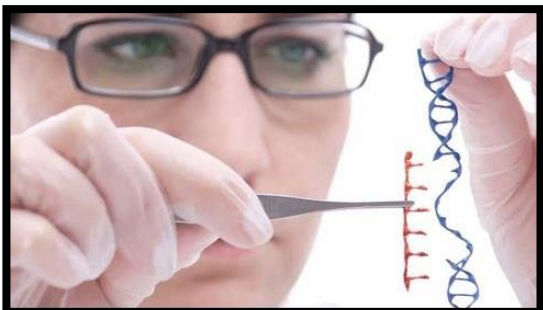
• שינויים גנטיים רבים, בלתי מבוקרים.

• לו"ז ארוך לקבלת תוצרים.





גישות בהשבחת עצי פרי



יצירת צמחים בעלי תכונות חדשות ע"י הכלאות קונבנציונליות.

החל באופן מכוון לפני כ- 200 שנה. התוצאה: שינויים גנטיים רבים, בלתי מבוקרים.



לו"ז ארוך לקבלת תוצרים.

החל משנות ה- 70 של המאה שעברה. החדרת גנים זרים: צמחים טרנסגניים.



התוצאה: שינויים גנטיים בודדים, אקראיים ומבוקרים. **מהיר יחסית. לא מאושר**

לשימוש. קיימת התנגדות ציבורית לתוצרים.

יצירת צמחים בעלי תכונות חדשות ע"י מוטגנזה מכוונת בגנים אנדוגניים.

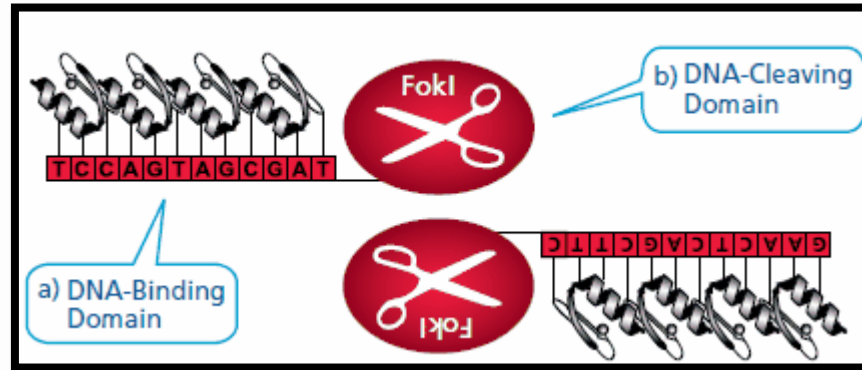
החל מראשית שנות ה-2000. התוצאה: שינויים גנטיים בודדים, מכוונים ומבוקרים.



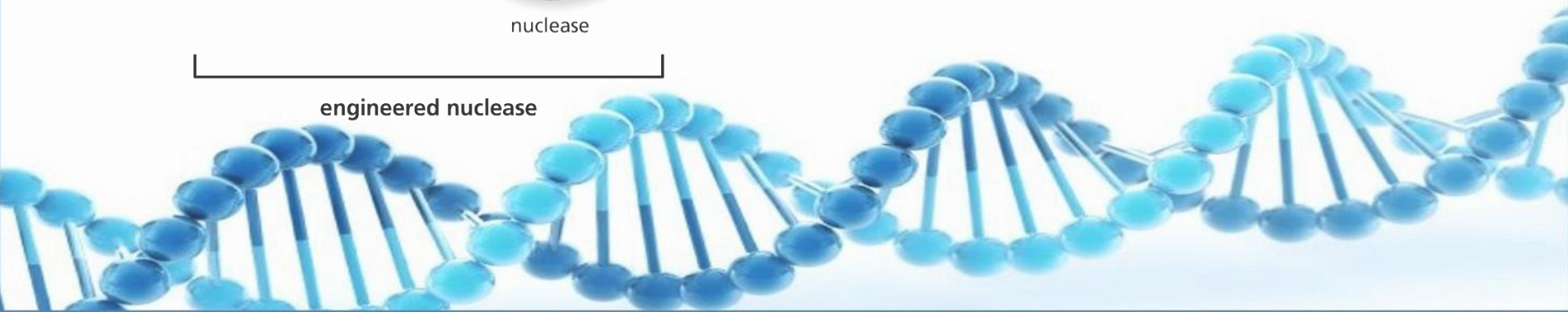
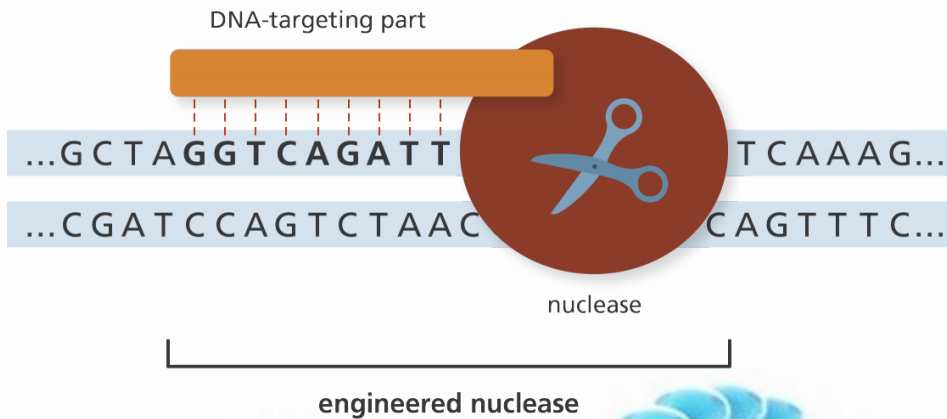
מהיר יחסית. יש אשור להפצה בישראל בארה"ב וארצות נוספות בעולם.



עריכה גנומית באמצעות האנזים נוקלאז

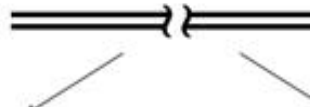
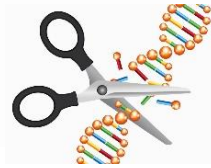
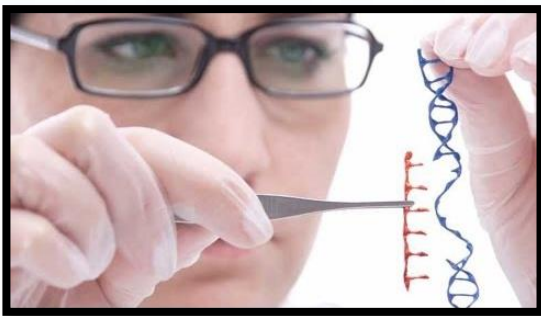


העריכה הגנומית מתבססת על נוקלאזות, המכילות אזור ספציפי הקושר DNA ואזור שאינו ספציפי החותך DNA.





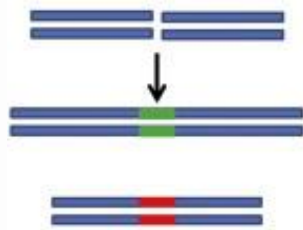
עריכה גנומית באמצעות האנזים נוקלאז



Non-Homologous End Joining, NHEJ
(error-prone)



Gene knockout



1. הנוקלאז יוצר שבר דו גדילי
2. במהלך התיקון על ידי מערכת התיקון התאית נוצרים מוטציות של החסרה/הוספה של נוקלאוטידים בודדים

3. החיבור בין שני קצוות ה-DNA יוצר מוטציות המשתיקות את הגן

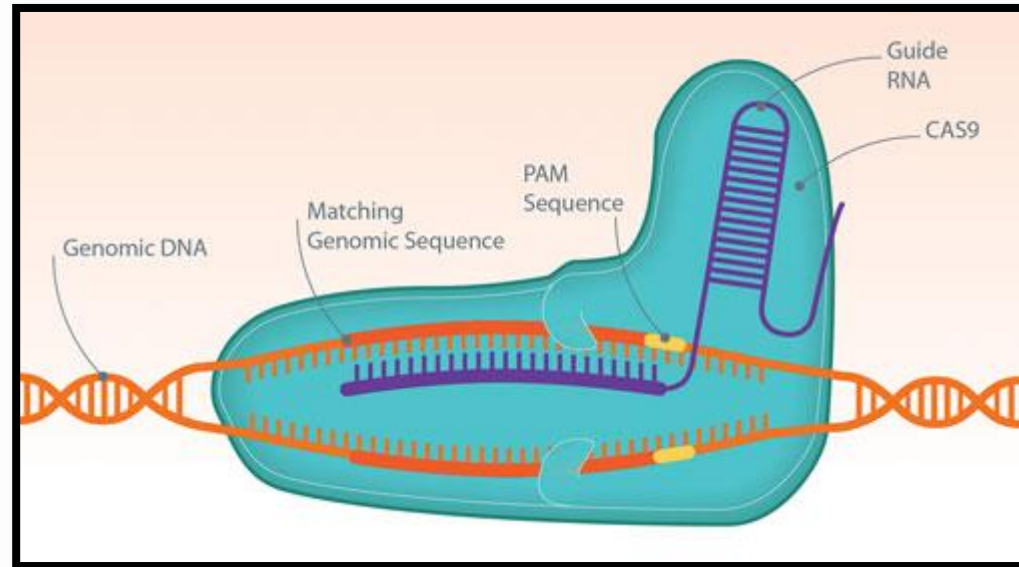




עריכה גנומית באמצעות CRISPR/Cas9



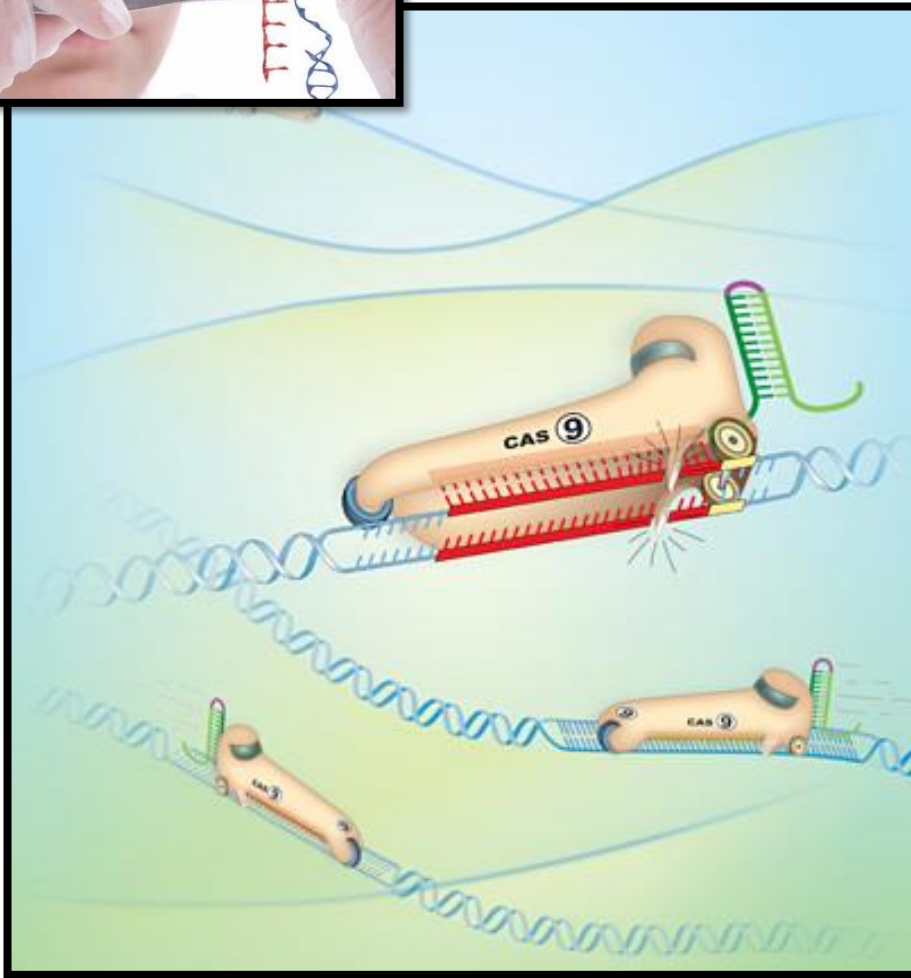
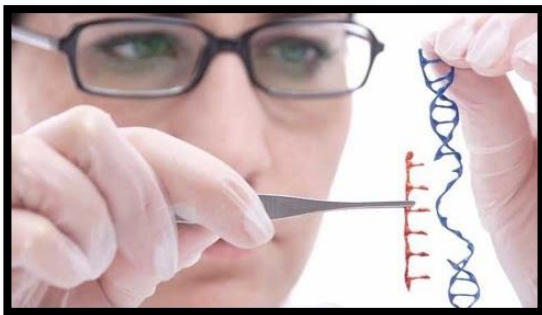
בשנת 2013 פורסמה מערכת טבעית שמקורה בבקטריות. המערכת משלבת את הנוקלאזה Cas9 ומקטע RNA קצר הנקשר ל-DNA באזור ספציפי. רצף ה-RNA ניתן לשינוי ועל ידי קישור פיזי לחלבון הוא מכווין אותו לרצף המטרה.



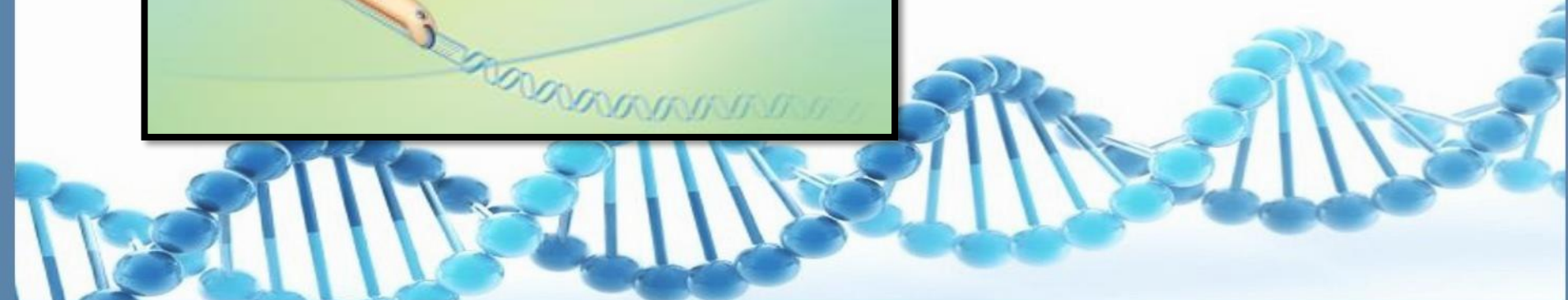
מערכת CRISPR דורשת PAM – protospacer-adjacent motif על מנת לפעול. רצף ה-PAM קצר ביותר, ולרוב מורכב מכמה נוקלאוטידים בלבד.



CRISPR/Cas9 – הרכבת הקלה של ה-DNA

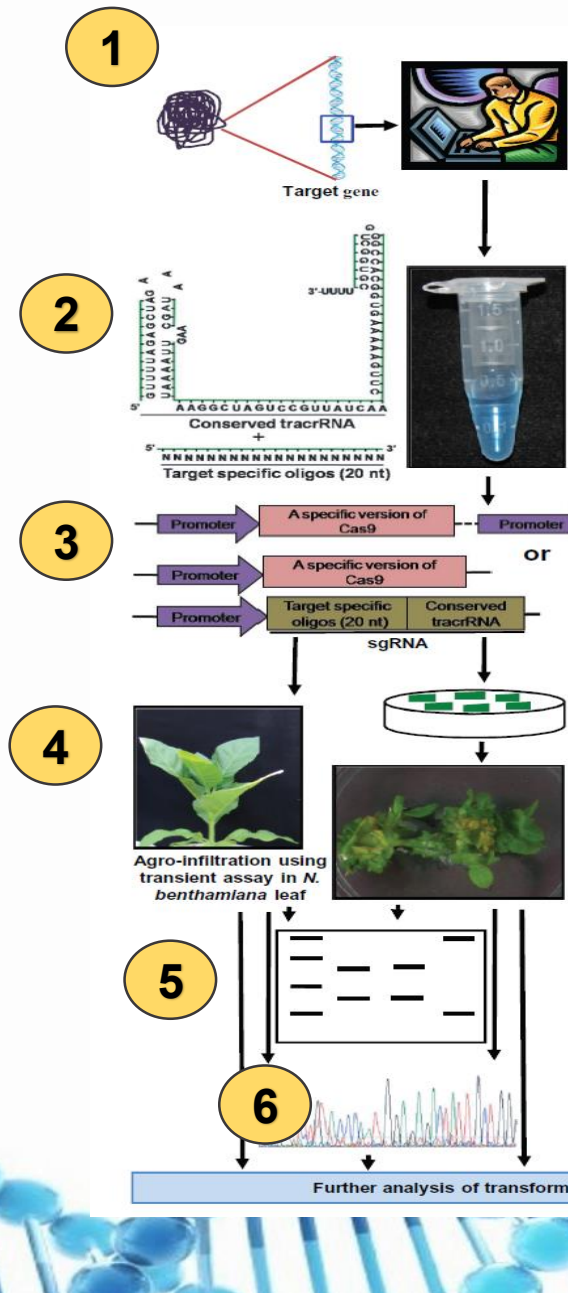


1. DNA דו גדילי- פסי הרכבת (350Mb).
2. חלבוני Cas9 = הרכבות.
3. sgRNA = נוסע מוכוון.
4. מטרה לתחנה מסוימת. עצירה וחיתוך – עצירת הרכבת וירידת הנוסע בתחנה המיועדת.





שלבי העבודה לעריכה גנומית בצמחים בשיטת ה- CRISPR/Cas9



1. איתור גן המטרה ורצף המטרה.

2. תיכנון ובניית רצף sgRNA המתאים.

3. שיבוט ה- Cas9 וה- sgRNA במערכת ביטוי צמחית.

4. החדרת רכיבי הביטוי לתוך רקמת המטרה.

5. סריקה אחר ארועי מוטגנזה בעזרת שיטות מולקולריות.

6. ריצוף אתר המטרה לוודא מוטגנזה מוצלחת.

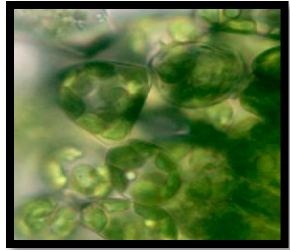
7. ביסוס הקו החדש ע"י ריבוי בתרביות ובחממה.





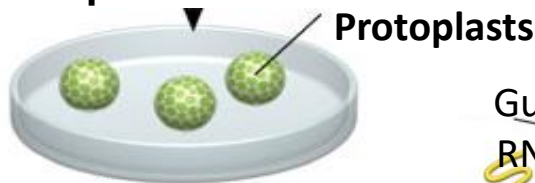
החדרת רכיבי הביטוי לרקמת המטרה

יצירת שינויים באמצעות החיידק אגרובקטריום



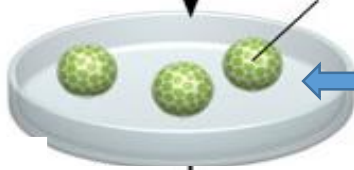
יצירת שינויים באמצעות האכלת פרוטופלסטים

הפקת פרוטופלסטים



Protoplasts

הכנסת Cas9 ו-sgRNA מתאים לפרוטופלסטים

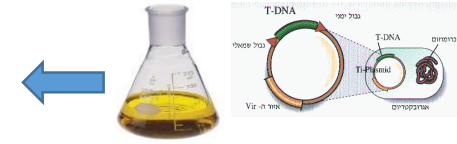


מיון פרוטופלסטים מוטנטיים, רגנרציה לצמח שלם



צמחים מוטנטיים

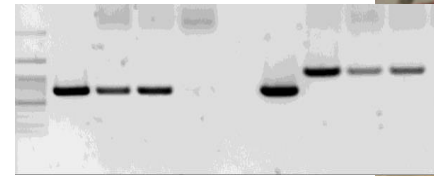
Non GMO



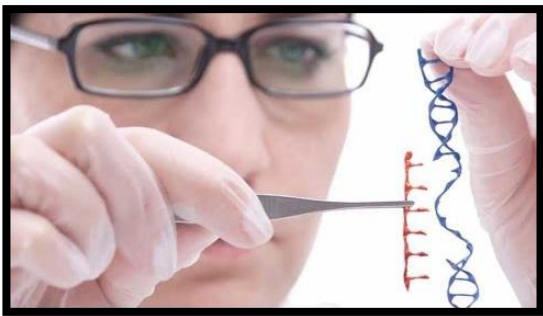
הדגרת והדבקת הצמח על ידי חיידקים מהונדסים



הפעלת מנגנון מיון ואיתו צמחונים מהונדסים גנטיו

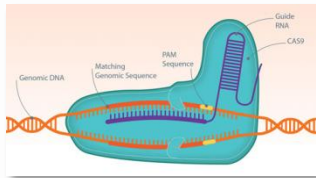


אנליזה גנטית וביסוס צמח מהונדס גנטית המכיל את המוטציה הרצויה

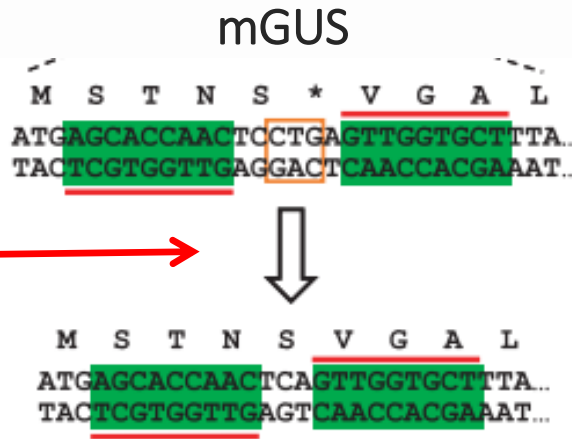


עריכה גנומית בפיקוס התאנה

הוכחת יתכנות - תיקון הגן המדווח GUS על ידי מערכת CRISPR



Cas9+sgRNA(mGUS)



Inactive mGUS



Active GUS

צביעת GUS 10 ימים לאחר ההדבקה



mGUS



mGUS

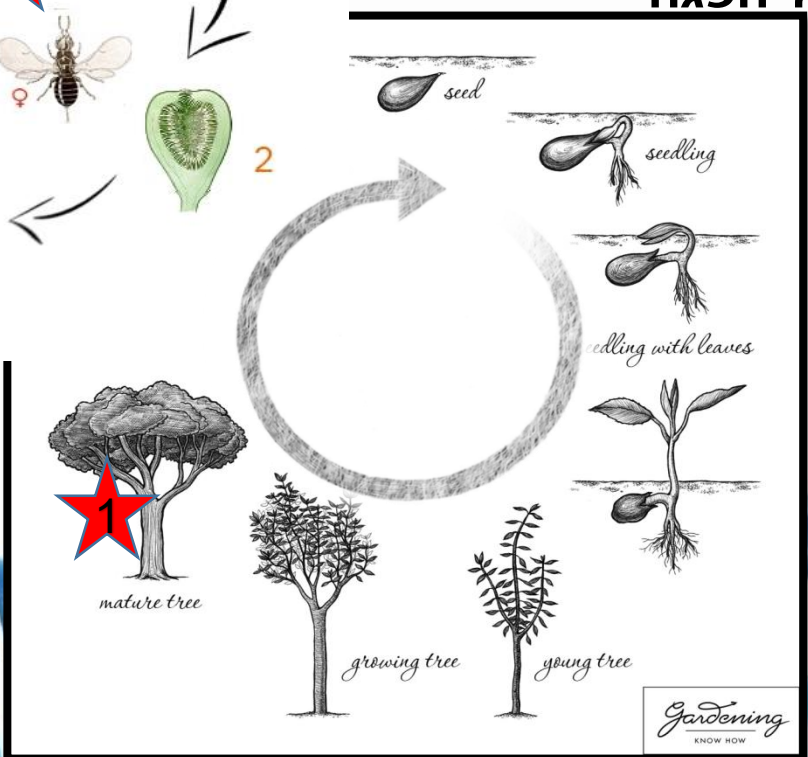




הצעת מחקר בנושא עריכה גנומית בפיקוס השדרות: שיתוק גנים מבקרי שלבי התפתחות שונים של יצירת הפגה



1. שלבים ראשונים בהיווצרות הפרח
2. שלבים ראשונים בהיווצרות הפגה
3. פגיעה ברקמת הניתוק של הפגה
4. פגיעה ביחסי פגה-צורה





לסיכום

• עד כה פותחו מספר שיטות הורטיקולטוריות למניעת יצירת פגות

בפיקוס השדרות.

• אנו מציעים גישה שונה: השבחה פיקוס השדרות ליצירת עצים שאינם

מלכלכים.

• השבחת פיקוס השדרות תעשה בשיטת העריכה הגנומית.

• תוצרי ההשבחה ישמשו לנטיעות חדשות או הרכבות על עצים קיימים.





תודה על ההקשבה

