

# האבקה מלאכותית

## אוריינית מתחום מדעי החיים



מצמיחה כנפיים

אלמוץ • אמונת • אגרות משמעות

אילת כ"א

052-643-7937

eilat52@gmail.com

המצגת מיועדת למורי מוט"ל בהיל"ה – תשפ"ג

## לא לוותר על צפיה בסרטונים ובכתבות משמש רקע מצוין לרלוונטיות של האוריינית

## קישורים לסרטוני יוטיוב

סרטון יוטיוב – 5 דקות - חברת עידית

<https://www.youtube.com/watch?v=rmesmWHLJDU>

מסבירה: האבקה ע"י חרקים בעיקר דבורים, ורוח.

האבקה: הדבורים מעבירות חלק זכרי פולן לנקבי ואז נוצרת לנו הפריה. שינויי אקלים הביאו לצמצום מספר הדבורים והחרקים, ויצרו לחוסר סנכרון בין פריחת עצי זכר לפריחת עצי נקבה. פתרון: האבקה מלאכותית. הפקת אבקה שזהו דבר טבעי פיזרו בעזרת מתקן תותח האבקה המביא את האבקה בזמן הנכון לעץ, הפיתוח הביא להגדלת יבולים

<https://www.zinman.org.il/%D7%94%D7%90%D7%91%D7%A7%D7%94-%D7%A2%D7%9C-%D7%99%D7%93%D7%99-%D7%97%D7%A8%D7%A7%D7%99%D7%9D/>

אנימציה - האבקה

<https://www.youtube.com/watch?v=0FNQiYOwVnU>

Edete Artificial Pollination 2020

אנגלית – 2 דקות

<https://vimeo.com/665555772/630a460aaf>

מעבר מתלות ההאבקה בתנאי הטבע לפתרון האבקה מלאכותית – 50 דקות

מר עילם רן, מייסד ומנכ"ל עידית טכנולוגיות מדויקות לחקלאות



## קישורים לכתבות

<https://techttime.co.il/2021/06/23/edete/>

**חברת עידית פיתחה מערכת רובוטית להאבקה מלאכותית של גידולים חקלאיים  
יוני, 2021**

<https://finance.walla.co.il/item/3416278>

**הדבורים נכחדות והאבקת הפרחים בסכנה. החברה הזאת המציאה תחליף – יוני 2021  
הסטארט-אפ הישראלי 'עידית' פיתח טכנולוגיה להאבקה מלאכותית של גידולים חקלאיים כתחליף  
להאבקה באמצעות דבורים. הניסויים הכשירו את הקרקע לכניסה לשוק השקדים של קליפורניה**

# מהי האבקה?

הרבייה הזוויגית (זאת שנהגנו בעבר לקרוא לה "רבייה מינית") בצמחים, כמו ביצורים רבים אחרים, כוללת העברה של תאי המין שמייצר הזכר אל אברי המין של הנקבה. בצמחים פעולה זאת נקראת האבקה היא ההעברה של האבקה שמייצרים אברי הפרח הזכריים, האבקנים, אל החלק הנקבי של הפרח, הצלקת של העלי. לטבע דרכים רבות לשם כך, באמצעות הרוח או המים, או באמצעות בעלי-חיים – חרקים, ציפורים ויונקים. אבל בחקלאות אנחנו נזקקים לעתים להאבקה מלאכותית.

בצמחי הזרע, האבקה היא המעבר של גרגר האבקה מהאיבר הזכרי של הצמח בו נוצר (אבקן), אל האיבר הנקבי (עלי) של אותו צמח או צמח אחר. ההאבקה מהווה את הבסיס לרבייה הזוויגית בצמחי הזרע. מכיוון שצמחים אינם יכולים לנוע במרחב, להאבקה חשיבות ייחודית בתור אמצעי למפגש הגנים של האורגניזם המסוים עם גנים שונים של אותו המין ויצירת צאצאים בעלי צרופים גנטיים חדשים, כבסיס לתכונות חדשות. מפגש כזה מהווה את היתרון הגדול של הרבייה הזוויגית לעומת הרבייה האל-זוויגית. גם בתהליך הפצת הזרעים קיים היבט של הפצת צרופים חדשים של גנים בבית הגידול.



# האבקה על ידי דבורים

הדבורים נחשבות למאביקים המתוחכמים ביותר בעולם החרקים; אורח חייהן מותאם במיוחד לחיי שיתוף (סימביוזה) עם צמחים בעלי פרחים. הדבורים ניזונות מצוף, אך מאכילות את זחליהן גם באבקה. עקב כך, הן פוקדות קשת רחבה ביותר של פרחים. הדבורים מסוגלות להבחין בין דגמי פרחים שונים, ותחום האור שהן מזהות כולל גם אור על-סגול, שאינו נראה לבני-אדם. דבורים ממינים שונים הן בעלות כושר למידה גבוה, עובדה התורמת ליעילות ההאבקה. דבורת הדבש, ומינים מסוימים של דבורי בר מקפידים על הפרדה בין אבקות פרחים ממקורות שונים. בכל גיחה חדשה מהכוורת, דבורת הדבש פוקדת פרחים של צמח ממין יחיד. עובדה זו מהווה יתרון עבור הצמחים המואבקים, משום שכל האבקה שהם מייצרים מועברת אך ורק בין פרחים של אותו המין, ולא מבוזבזת בפרחים אחרים. פרחים רבים מסמנים לדבורים את מצבם על ידי שינוי צבע (למשל תורמוס ההרים), וכך הדבורים נמנעות מלבקר בפרחים שכבר הופרו. לזכרי הדבורים אינטראקציות ייחודיות עם הפרחים. פרחים רבים משמשים להם כמקלט לילה, משום שבפרחים אלה, (למשל אירוסי ההיכל ושפתן מצוי), הטמפרטורה בשעות הבוקר גבוהה בכמה מעלות מזו של סביבתם - יתרון אנרגטי עבור הדבורים. פרחים מהסוג דבורנית מושכים את זכרי הדבורים על ידי חיקוי נקבת הדבורה, ואינם מעניקים למאביקיהם גמול כלשהו (האבקת רמייה).



בשריפות ענק באמזונס בברזיל ובאוסטרליה נכחדו על פי הערכות בתוך שנה וחצי (2019-2020) מאות מיליוני דבורים, שהביאו לשיאו תהליך הכחדה רב שנים של הדבורים בעולם. על פי ההערכות, במהלך 25 השנים האחרונות נכחדו כ-75% מהדבורים וחרקים אחרים בעולם עקב התחממות כדור הארץ, שריפות, שימוש נרחב בכימיקלים, עיור מואץ, חיסול אזורי מחייה טבעיים, ועוד. 30% מהמינים נמצאים כיום בסכנת הכחדה מוחלטת.

החרקים מהווים גורם משמעותי בהאבקה הטבעית בעולם. הכחדתם מהווה איום ממשי על נתח גדול מהגידולים החקלאיים שמזינים את העולם וביניהם: תפוחים, אגסים, שזיפים, שקדים ועשרות גידולים נוספים. על רקע זה נוסדה חברת הסטארט-אפ הישראלי 'עידית' Edete מבסמת טבעון. עידית פיתחה טכנולוגיה חלוצית שמאפשרת האבקה מלאכותית של גידולים חקלאיים בכדי לאפשר ביטחון תזונתי והגדלת יבולים.

בטבע מבוצעת האבקה רוח בצמחים שונים כולל דגנים ועשבים, וכן גידולים חקלאיים נוספים כגון זיתים, תמרים, פיסטוקים, אגוזי מלך, זרעי ירקות ועוד, באמצעות מעבר ברוח של פולן (החלק הזכרי בצמח) מפרחי זכר אל פרחי נקבה בהם מתבצעת ההפריה. האפקטיביות של האבקה רוח תלויה בסינכרון הפריחה, בתנאים מטאורולוגיים כגון טמפרטורה, כיוון ועוצמת רוחות ובתנאי סביבה נוספים כגון מים ואיכות הקרקע.

הדבורים נכחדות והאבקה הפרחים בסכנה.

## האבקה מלאכותית

דוגמא: תמרים

העברה במכוון ע"י האדם אבקה מצמח לצמח

המטרה: הגברת הסיכוי לקבלת יבול פרות גדול יותר

### יתרונות:

מאפשרת לנטוע במטע בעיקר עצים נקביים (שפרחיהם מכילים רק עלי), ורק מעט עצים זכריים (שפרחיהם מכילים אבקנים), שימשו מקור לגרגירי האבקה, וכך כמות היבול מוגדלת.



# חברת עידית

חברת עידית הוקמה במאי 2016, על ידי ארבעה יזמים בעלי ניסיון חקלאי, הנדסי ועסקי רב, והתמקמה בבסמת טבעון, כפר בדואי בצפון. החברה מעסיקה 11 עובדים ובהם חוקרים בכירים, ומהנדסים. החברה מפתחת פתרון של האבקה מלאכותית לבעיות ההאבקה של גידולים חקלאיים המהוות איום משמעותי על הביטחון התזונתי העולמי. האבקה היא תהליך הגורם להפריה של צמחים ובלעדיה לא יגדלו פירות, ירקות, אגוזים, קפה ועוד. 75% מהגידולים החקלאיים תלויים בהאבקה של חרקים ובעיקר של דבורים, אבל אוכלוסיית החרקים העולמית והדבורים במיוחד, הולכת ופוחתת, חלקה אף נכחד לחלוטין. ההאבקה המלאכותית מבטיחה את ייצור היבול החקלאי וביכולתה גם לתרום להגדלתו.

עידית פיתחה פתרון האבקה מלאכותית מקצה לקצה, המהווה תחליף מלא או השלמה להאבקה חרקית. הפתרון כולל הפקת פולן, החלק הזכרי בצמח, מפרחים ויכולת לשמר את הפולן לתקופה של למעלה משנה. החברה מאביקה מטעי שקדים באמצעות פיזור פולן יבש בכמויות מזעריות במערכת נשלטת ומבוקרת, על ידי מאביקים מכניים שפיתחה, הטוענים את הפולן במטען אלקטרוסטטי המסייע להצמדתו לצלקת בראש עמוד העלי, שהוא חלק מהמערכת הנקבית בפרח. המאביקים המכאניים מבצעים היצמדות אוטונומית לנוף העץ תוך שימוש בטכנולוגית ליידר שמכווינה את תזוזת המאביקים בהתאם למבנה של כל עץ מואבק. החברה הוכיחה בניסויי שטח את יכולתה להפיק ולשמר פולן איכותי ולבצע האבקה של שקדים באמצעות אבי הטיפוס שפיתחה.



צוות סטארט אפ "עידית"



חברת עידית פיתחה מערכת רובוטית להאבקה מלאכותית של גידולים חקלאיים – כתבה מ-2021 המערכת מפזרת באופן יעיל את האבקנים על מטעים פורחים, תוך שימוש בחיישנים וחשמל סטטי להצמדת הפולן לצמח. "הטכנולוגיה תאפשר למגדלים להזין את העולם בצורה היעילה ביותר"

סטארט-אפ האגרי-טק הישראלי עידית (Edete מבסמת טבעון, שפיתח טכנולוגית האבקה מלאכותית של גידולים מואבקי חרקים (כמו שקדים) מרחיב את שירותיו ומפתח פתרון להאבקה מלאכותית עבור גידולים מואבקי רוח. הפתרון ייושם בתחילה במטעי פיסטוקים, אחד מהגידולים בעלי קצב הצמיחה המהיר בעולם.

גודל שוק הפיסטוק העולמי כ-9-6 מיליארד דולר בשנה והמגדלות המובילות בעולם הן ארה"ב, טורקיה ואיראן, וכן מספר מדינות נוספות ובהן יוון, ספרד, איטליה, אפגניסטן, סוריה, סין ואוסטרליה.

הסטארט-אפ הישראלי 'עידית' פיתח טכנולוגיה להאבקה מלאכותית של גידולים חקלאיים כתחליף להאבקה באמצעות דבורים. הניסויים הכשירו את הקרקע לכניסה לשוק השקדים של קליפורניה

סטארט-אפ האגרי-טק הישראלי עידית טכנולוגיות מדויקות לחקלאות (Edete מבסמת טבעון השלים בהצלחה פיילוט ראשון של האבקה מדייקת כתוספת להאבקה באמצעות רוח, שהצליח להגדיל יבול של מטע פיסטוקים בקליפורניה ב-24%. החברה, שהתמקדה עד כה בטכנולוגיית האבקה מלאכותית של גידולים מואבקי חרקים (כמו שקדים), הרחיבה לאחרונה את שירותיה ופיתחה פתרון להאבקה מלאכותית עבור מגוון גידולים מואבקי רוח, בעקבות ביקוש מצד מגדלים בארצות הברית.

הטכנולוגיה של עידית כוללת קטיף פרחים באופן מכני, הפרדה בין אבקת הפולן לפרחים ושימור הפולן באחסון למשך למעלה משנתיים תוך הבטחת איכות הנביטה. בזמן הפריחה נבחר הפולן המתאים ביותר מבחינה גנטית ומפוזר על ידי מאבקי ה-BeTM 2 ביעילות על מטעים פורחים. הטכנולוגיה עושה שימוש בחיישנים שמאפשרים לפזר את האבקה בקרבה אופטימלית לצמחים. בנוסף, טעינה של האבקה במטען אלקטרוסטטי מבטיחה כי האבקה תיצמד לפרחים ותיקלט על ידם. המערכת של עידית פועלת הן ביום והן בלילה (24 שעות ביממה) ובכל טמפרטורה.



מערכת ההאבקה הרובוטית של עידית במטכ פיסטוקים בקליפורניה.  
תמונה באדיבות עידית.



# האבקה מלאכותית

## אוריינית מתחום מדעי החיים

### ± מחוון

## האבקה מלאכותית – בעזרת מערכת לייזרים אוטונומית

העלייה בטרנד הטבעונות ויצירת תחליפי חלב מן החי גרמו לכך שהביקוש בשוק השקדים הולך וגובר. עץ השקד לא יכול להפרות את עצמו. לתאי הזרע ולתאי הביצית המצויים באותו עץ יש מאגר גנים משותף. אם גן נפגע - הסיכוי שהפגיעה תבוא לידי ביטוי בדורות הבאים גדול יותר, מאשר אם ההפריה נעשית בין עצים שונים שיש ביניהם גיוון גנטי. כתוצאה מכך, פרי השקד יכול להתקבל רק כאשר תאי הביצית שנמצאים בתוך פרחי השקד שעל עץ אחד מופרות על ידי תאי זרע שמקורן מעץ שקד אחר, בעל מטען גנטי שונה.

אחת החלופות לדבורים היא האבקה מלאכותית. חברה ישראלית פיתחה פטנט להאבקה מלאכותית. מדובר במכונה אוטומטית המשתמשת במערכת לייזרים כדי למפות בצורה מדויקת את אזורי הפריחה בעצי השקד. המכונה אוספת את אבקת השקדים בצורה זהירה שניתן לשמר אותה עד למעלה משנה. לאחר מכן, המכונה משתמשת באותה אבקה כדי להאביק בצורה מדויקת את הפרחים בעזרת תותחים קטנים. מכונת ההאבקה אינה תלויה בסוג העץ או בסוג האבקה, ולכן היא יכולה לשמש להאבקה של מגוון של זני עצים. למכונה זה יש שימוש גם בחקלאות הפיסטוק. מסתבר כי כתוצאה מההתחממות הגלובאלית נקבות עצי הפיסטוק פורחות לפני הזכרים, וכאשר הזכרים מתחילים לייצר את האבקה שלהם, הנקבות כבר סיימו לפרוח ולכן לא מתקבל יבול.

תהליך ההאבקה הוא העברת האבקה מעץ לעץ על ידי דבורים. תהליך האבקה השקדים לא יכול להתבצע בעזרת הרוח, מפני שהגרגרים שמרכיבים את האבקה מאוד דביקים, נדבקים אחד לשני, והופכים להיות כבדים מדי לנשיאה ברוח. בדרך כלל, החקלאים מסתמכים על דבורים כאמצעי היחיד להאבקה העצים. בעולם קיים מחסור רב בדבורים ולכן חקלאים נאלצים לשכור בעונת הפריחה של השקד כוורות דבורים שעולות לא מעט כסף. ריכוז הדבורים בסביבה אחת שהיא לרב מרוססת ואינה מכילה מגוון תזונתי פוגע בדבורים. בסוף תהליך ההאבקה כ- 40% מהדבורים מתות.

## עץ פיסטוק – אלת הבטנה



# עץ שקד (שקדיה)



# שאלה - 1

בהתייחס להפריה עצמית של עץ השקד, כתבו בטבלה מטה לגבי כל משפט אם הוא נכון או לא נכון

כתבו נכון / לא נכון	
<input checked="" type="checkbox"/>	לעץ שקד בודד אין גם תאי זרע וגם תאי ביצית
<input type="checkbox"/>	לתאי רביה המצויים באותו עץ יש מאגר גנים משותף
<input type="checkbox"/>	הפריה בין עצים שונים מגדילה את הגיוון הגנטי
<input type="checkbox"/>	הסיכוי לפגיעה גנטית בשקד קטן עם עליית המגוון גנטי שלו



## שאלה - 2

---


מהן הבעיות בהאבקת פרחי השקדים?

1. עץ לא יכול להפרות את עצמו
2. כמות הדבורים בעולם הולכת ופוחתת
3. הגרגרים לא נישאים ברוח
4. כל התשובות נכונות

## שאלה - 2

---

מהן הבעיות בהאבקת פרחי השקדים?

1. עץ לא יכול להפרות את עצמו
2. כמות הדבורים בעולם הולכת ופוחתת
3. הגרגרים לא נישאים ברוח
4. כל התשובות נכונות 

## שאלה - 3

להלן שלושה משפטים: סמנו את התשובה הנכונה בהתייחס למשפטים אלו

1. תעשיית השקדים גורמת להתרבות הדבורים ע"י כך שהם מספקים להם מטעים בהם הן

יכולות לאסוף צוף

2. התעשייה חושפת את הדבורים למגוון תזונתי מוגבל שיוכל לפגוע בהתפתחות שלהן.

3. התעשייה מרכזת את הדבורים במקום מרוסס ובו חומרים כימיים שיכולים לפגוע בדבורים.

א- כל המשפטים נכונים

ב- כל המשפטים שגויים

ג- משפטים 2,3 נכונים

ד- משפטים 1,3 נכונים

## שאלה - 3

להלן שלושה משפטים: סמנו את התשובה הנכונה בהתייחס למשפטים אלו

1. תעשיית השקדים גורמת להתרבות הדבורים ע"י כך שהם מספקים להם מטעים בהם הן

יכולות לאסוף צוף

2. התעשייה חושפת את הדבורים למגוון תזונתי מוגבל שיוכל לפגוע בהתפתחות שלהן.

3. התעשייה מרכזת את הדבורים במקום מרוסס ובו חומרים כימיים שיכולים לפגוע בדבורים.

א-כל המשפטים נכונים

ב-כל המשפטים שגויים

ג-משפטים 2,3 נכונים



ד-משפטים 1,3 נכונים

## שאלה - 4

---

מהו הסדר הנכון של עבודת מכונת ההאבקה של חברת עידית?

- א-איסוף האבקה מפרחי הזכר, מיפוי בלייזר, יריית האבקה על פרחי הנקבה.
- ב-איסוף האבקה מפרחי הזכר, יריית האבקה על פרחי הנקבה, מיפוי בלייזר.
- ג-מיפוי בלייזר, איסוף האבקה מפרחי הזכר, יריית האבקה על פרחי הנקבה.
- ד-מיפוי בלייזר, יריית האבקה על פרחי הנקבה, איסוף האבקה מפרחי הזכר

## שאלה - 4

מהו הסדר הנכון של עבודת מכונת ההאבקה של חברת עידית?

- א-איסוף האבקה מפרחי הזכר, מיפוי בלייזר, יריית האבקה על פרחי הנקבה.
- ב-איסוף האבקה מפרחי הזכר, יריית האבקה על פרחי הנקבה, מיפוי בלייזר.
- ג-מיפוי בלייזר, איסוף האבקה מפרחי הזכר, יריית האבקה על פרחי הנקבה.
- ד-מיפוי בלייזר, יריית האבקה על פרחי הנקבה, איסוף האבקה מפרחי הזכר



## שאלה - 5

---

ציינו יתרון אחד וחסרון אחד של האבקה מלאכותית לעומת האבקה טבעית :

יתרון:

חסרון:

---

## שאלה - 5

ציינו יתרון אחד וחסרון אחד של האבקה מלאכותית לעומת האבקה טבעית :

### יתרון:

- ✓ מקטין את התלות במאביקים טבעיים (חרקים, רוח)
- ✓ ניתן לשמור את האבקה עד שנה, וכך להימנע מהאבקה בשנים בעייתיות בשל בצורת או מחלת עצים

- ✓ מאפשר האבקה מדוייקת יותר ומעלה את הניצולת מהעצים
- ✓ מתאים למגוון רב של עצים וזנים

### חסרון:

- ✓ קיימות עלויות של רכישת המכונה, הפעלתה, ואחזקתה
- ✓ המכונה גדולה ודורשת מקום איחסון רב
- ✓ הפעלת המכונה דורשת מיומנות שיש ללמוד אותה



## שאלה - 6

---

ההתחממות הגלובלית יצרה בעיה בעצי הפיסטוק,

מה הבעיה?

כיצד האבקה המלאכותית יכולה לפתור בעיה זו?

---

## שאלה - 6

ההתחממות הגלובלית יצרה בעיה בעצי הפיסטוק,

### מה הבעיה?

✓ בשל שינויי הטמפרטורה נקבות עצי הפיסטוק פורחות לפני הזכרים, וכאשר הזכרים מתחילים לתת את האבקה שלהם הנקבות מפסיקות לפרוח ולכן לא מתקבל יבול.

### כיצד האבקה המלאכותית יכולה לפתור בעיה זו?

✓ באמצעות האבקה מלאכותית ניתן לאסוף את אבקת הזכרים, לשמור אותה שנה שלמה ובעונה הבאה – עם פריחת הנקבות להשתמש בה להאבקת עצי הפיסטוק ולהבטיח את קבלת הפרי.