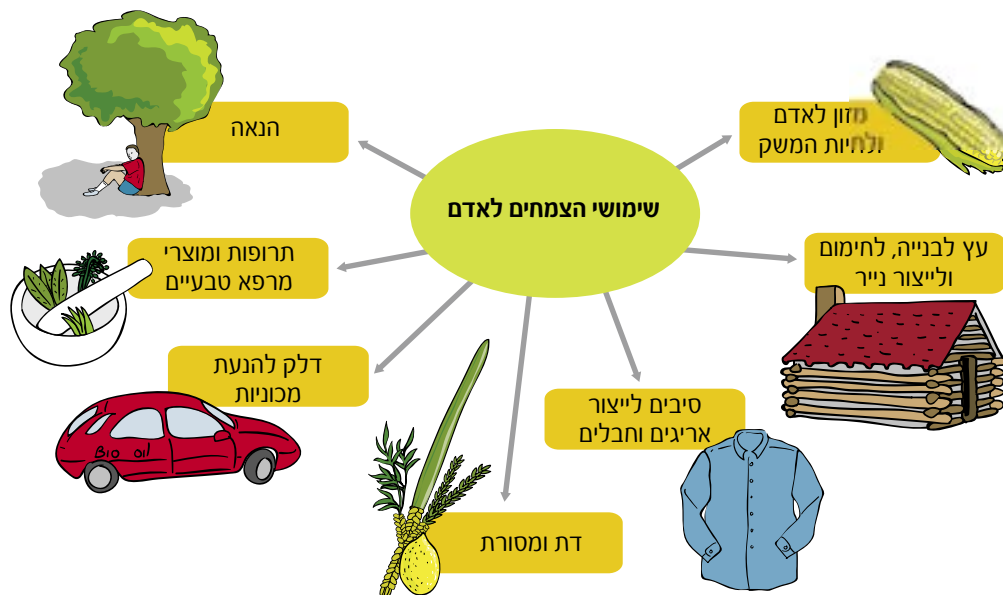




ה מעורבות האדם בגידול צמחים במשק חקלאי

מבוא

גידול צמחים במשק החקלאי החל לפני כ-10,000 שנה, ומטרתו לספק מזון מגוון לבני האדם ולחיות המשק וכן מוצרים רבים נוספים (איור ה-1).



איור ה-1: שימושי הצמחים לאדם

רוב איברי הצמחים מנוצלים על ידי האדם למטרות שונות. רוב יבול הזרעים משמש מרכיב חשוב מאד בתזונה של בני האדם ושל חיות המשק. מקצת הזרעים משמשים לגידול צמחי הדור הבא וליצירת זרעים נוספים.



מעניין לדעת



שלושה מיני דגניים - חיטה, אורז ותירס - מספקים יותר מ-50% מהמזון של בני-האדם בעולם, ו-20 מינים אחרים מכלל הגידולים החקלאיים מספקים כ-90% מהמזון. הרבה מאוד מיני צמחים אחרים, שיש להם פוטנציאל כמקור מזון עדיין אינם מנוצלים.

שדה חיטה

??שאלה ה-1

- א. ציינו איזה מבין מוצרי המזון והמשקאות הבאים הוכנו מזרעים: סלט חומוס, טחינה, לחם, סוכר, שמן, מיץ תפוזים, קפה, קקאו, צ'יפס, במבה.
- ב. רשמו עוד מוצר מזון, שלא הופיע ברשימה בסעיף א, שהוכן מזרעים.

בעשרות השנים האחרונות הבינו החקלאים שאין די בלטמון זרעים באדמה, להמתין (ולהתפלל) לגשם שישקה את הצמחים ולקצור את היבול או לקטוף את הפירות. כיום, גידול צמחים במשק החקלאי הפך לתעשייה מתוחכמת המתבססת על ידע ועל טכנולוגיה מתקדמת. שיטותיה שונות מאוד מאלה שהיו נהוגות בעבר (ונהוגות עדיין גם כיום במקומות שונים בעולם). מעורבות האדם בגידול צמחים ניכרת בשלושה תחומים עיקריים:

- ♦ **הגדלת היבול** באמצעות השקיה, דישון, הדברת מזיקים ומחלות וגידול הצמחים בתנאים מבוקרים (אור, טמפרטורה, CO₂).
- ♦ **הכוונת הפריחה וייצור הפירות** באמצעות הוספת הורמונים, גיזום ושינוי תנאי תאורה.
- ♦ **הגדלת מגוון הצמחים** שהאדם מגדל לצרכיו השונים בדרכים שונות: **אקלום** צמחים שהובאו מאזורים גיאוגרפיים אחרים בעולם, **טיפוח זנים** ושינוי תכונותיהם בהתאם לצרכי האדם, באמצעות **ברירה מלאכותית**, הכלאות בין זנים/מינים ובינם לבין קרובי הבר שלהם, ושיטות של **הנדסה גנטית**.

בפרקים ב', ג' וד' הוסברו השיטות שבהן האדם מתערב במחזור חיי הצמח כדי להגדיל את היבול ולהתאימו לצורכי המגדלים והצרכנים וכאן נחזור ונסכם אותן (טבלה ה-1).

עוד על:
מעורבות האדם בגידול צמחים במשק חקלאי, פרק ט'.

עוד על:
מינים ולנים, בסעיף 2.

טבלה ה-1: דוגמאות להתערבות במחזור חיי הצמח

השלב במחזור החיים	הפעולה שעושים המגדלים	מטרה	דוגמאות ליישום
זרע	שחיקה, ריכוך כימי או ריסוק של קליפה קשה	1.	זית
	חשיפה לתנאי הארה מתאימים	2.	חסה
	השקיה, זיבול ודישון	3.	כל הגידולים החקלאיים
שלב וגטטיבי	הגברת פוטוסינתזה ושיפור הצמיחה	4.	ירקות ופרחים בחממות
	השפעה על התפתחות שורשים	5.	ייחורים
	גיזום וזמירה	6.	עצי פרי וגפנים
	ריסוס בחומר הגורם לנשירת עלים		הכנת הצמח לאיסוף פירות וזרעים
	כיסוי השטח ברשת	7.	ירקות ופירות
	הכוונת מועד הפריחה לפי צרכי השוק		פרחי נוי בחממות
	חיגור	9.	עצי פרי
שלב רפרודוקטיבי	דילול פרחים ופירות בדרך ידנית או באמצעות הורמונים		הקטנת תחרות בין מבלעים
	הוספת כוורות	10.	הדרים, אבוקדו
	האבקה מלאכותית		תמרים
	כיסוי המטע ברשת		מניעת אכילת הפרי על-ידי ציפורים ועטלפים
	תרבית רקמה		ריבוי צמחים בדרך אל-זוויגית
			בננה
			בננה, אבוקדו, אפרסמון
אחסון תוצרים של המשק החקלאי לאורך זמן		11.	הכוונת ההבחלה בפירות קלימקטריים
		12.	האטת תהליכים טבעיים כמו פריחה והבשלה; עיכוב הבחלה
	רחיצה, חיטוי	13.	פרי הדר, פלפלים
	ציפוי בדונג		פרי הדר, תפוחים
			צמצום איבוד מים מהפרי ושמירה על מראה מבריק; הקטנת הפגיעה המכנית; צמצום חשיפה למזיקים וליובש

??שאלה ה-2

השלימו במחברת את המידע בתאים הריקים שבטבלה. היעזרו במה שלמדתם בפרקים ב', ג' וד'.

ה.1. משם לכאן: אַקלום צמחים



שקמה - עץ שמוצאו באפריקה ואוקלם בארץ לפני מאות שנים

לא כל הגידולים החקלאיים גדלים באופן טבעי באזורנו. מאז שהחל גידול צמחים לצורכי האדם ניסו החקלאים לגדל צמחים שהובאו מכל מיני מקומות בעולם. התהליך שבסופו מצליחים לגדל בארץ צמחים שהובאו ממקומות אחרים נקרא **אַקלום**. במהלך האקלום חושפים בהדרגה את הצמחים (או את הזרעים) שהובאו מבית גידול אחד, לתנאים שבבית הגידול החדש. לעתים בוררים מתוך האוכלוסייה המיובאת צמחים שתכונותיהם מתאימות לתנאים החדשים. לא בכל מקרה מצליח האקלום בגלל ההבדלים בתנאים של בית הגידול המקורי: אקלים, סוג הקרקע, גורמי מחלות וכדומה.

כבר לפני יותר ממאה שנה הבינו המגדלים והחוקרים שהעברת צמחים מבית גידול אחד לאחר עלולה לגרום בעיות אקולוגיות חמורות. בשנת 1898 הוקם בארה"ב "שירות האינטרדוקציה" הממלכתי, (אינטרדוקציה: הכנסת צמח למקום גידול חדש) והוחל במחקר מבוקר בנושא של העברת צמחים ואקלומם והבעיות הכרוכות בכך.

אקלום צמחים אינו פעולה של מה בכך והצלחתו אינה תמיד מובטחת. היו מקרים שהאקלום כשל. היו גידולים שאקלומם כשל בניסיון הראשון, אך הצליח בניסיונות שלאחר מכן. היו מקרים שהאקלום הצליח מאוד אך הצמח הפך להיות "צמח פולש" ואף גרם (וגורם) נזקים לסביבתו החדשה. בכל ניסיון לאקלם צמחים בסביבה חדשה, יש לתת את הדעת להשלכות האקולוגיות האפשריות של התהליך, ומכאן הצורך לנקוט אמצעי זהירות בתהליך.

מעניין לדעת: צמחים מאוקלמים כפולשים



צמח שהובא לארץ ואוקלם כאן אך הפך למטרד של ממש הוא **שיטה כחלחלה**. הצמח הובא לארץ בשנות העשרים של המאה העשרים כדי לייצב חוליות (דיונות), והתפשט בכל הארץ. ככל הצמחים הפולשים **השיטה הכחלחלה** גורמת נזק לבתי הגידול שבהם היא מתרבה ללא בקרה: היא מונעת מצמחים מקומיים לצמוח בקרבתה, פוגעת במגוון הביולוגי במקום ומשנה את אופי הקרקע. בשל השתלטות השיטה על גדות הנחלים נגרמת לעתים קריסה של הגדה ופגיעה בתוואי הנחל. הרחקתה של **השיטה הכחלחלה** מבתי הגידול השונים היא משימה קשה וכמעט בלתי אפשרית, בשל מספר הזרעים העצום שנוצרים בצמח ומשום שכריתה ושריפה לא גורמות למות הצמח והוא שב וצומח. גם כאשר עוקרים את השיטה הכחלחלה לא נפתרת הבעיה, משום שבקרקע נותר מאגר זרעים העמיד במשך עשרות שנים.

?? שאלה-3

צינו שלוש תכונות של הצמח **שיטה כחלחלה** התורמות להצלחתו כמין פולש.



שיטה כחלחלה

ה.1.1 שלבי האַקלום

בתהליך האקלום מבחינים בשלושה שלבים עיקריים:

- ♦ בחירה של צמחים מתאימים לאקלום בארץ והבאתם,
- ♦ הסגר,
- ♦ ריבוי הצמח והפצתו.

א. בחירה של צמחים מתאימים לאקלום בארץ והבאתם

בעבר נהגו להעביר צמחים בוגרים שלמים וניסו לאקלם אותם במקומם החדש. עם השנים מצאו שכדי לאקלם צמחים בהצלחה עדיף להעביר זרעים. הסיבות לכך הן אלו:

- ♦ העברת צמחים בוגרים/שלמים שנעקרו מהקרקע היא כמעט תמיד מורכבת יותר ויקרה יותר ולא תמיד מסתיימת בהצלחה.
- ♦ בהעברת צמחים בוגרים קיימת סכנה שיועברו עם הצמחים גם גורמי מחלות ומזיקים שונים. סכנה זו אינה כה גדולה כאשר מעבירים זרעים.

כאשר התנאים בבית הגידול המקורי של הצמח ושל בית הגידול המיועד בישראל דומים, הסיכויים לאקלום מוצלח הם גבוהים יותר. יש אזורים בעולם שאקלימם דומה לאקלים השורר בישראל, למשל: דרום קליפורניה, דרום אפריקה וחלקים גדולים של אוסטרליה, ולכן מאזורים אלה הובאו לארץ צמחים רבים. אחת הדוגמאות היא **עופרית הכף** שהובאה לארץ מדרום אפריקה המשמשת כ"גדר חיה" ובולטת בפריחתה התכולה.



עופרית הכף

עם זאת במהלך השנים הסתבר שאפשר לאקלם בהצלחה בארץ גם צמחים הגדלים באזורי אקלים השונים מאקלים ארצנו. למשל זני **תפוח-אדמה** שהובאו מסקוטלנד שם האקלים קר ולח יותר מאשר בארץ, הצליחו כאן, ואילו זנים שהובאו מצרפת מאזורים בעלי אקלים דומה לזה שבארץ, לא הצליחו כאן.

בבחירת זנים של פירות, ירקות וגידולי שדה לאקלום, מעדיפים זנים בעלי יכול גבוה, חיי מדף ארוכים, עמידות למחלות, למזיקים ולתנאי עקה (יובש, מליחות).

מספר מיני הזרעים ומיני הצמחים החדשים שמובאים לארץ לצורך בדיקת התאמתם לאקלום הוא קטן יחסית בשל הסיכון שהם יעבירו מזיקים ומחלות לצמחי הארץ. מסיבה זו אסור לחלוטין לנוסעים ולתיירים להביא ארצה פירות, שתילים, פרחים וזרעים.

קשר לאקולוגיה:
התאמה.

ב. הסגר

כל חומר צמחי - צמחים או זרעים - שמגיע ממקומות שמחוץ לישראל חייב להיות מחוטא ומצויד במסמך רשמי המאשר את היותו נקי ממחלות. לאחר מכן הוא חייב להימצא בהסגר בפקוק משרד החקלאות לתקופה מסוימת שבמהלכה בודקים שהחומר המיובא אינו נושא גורמי מחלה ומזיקים. כאשר יש חשש להימצאותם של גורמי מחלות ומזיקים מגדלים את הזרעים במקום סגור כשהם מבודדים מסביבתם (למשל בחממה סגורה) במשך כמה חודשים (לפחות עונה שלמה) כדי לוודא שהם אינם נגועים במחלה כלשהי.

ג. ריבוי הצמח והפצתו

לאחר תקופת ההסגר ולאחר שנמצא שהחומר המיובא אינו נושא מחלות ומזיקים, אפשר להתחיל להרבות ולהפיצו. במהלך ריבוי החומר הצמחי בודקים את תכונותיו ואת מידת הסתגלותו לתנאי האקלים בבית הגידול החדש. נהוג לגדל את הצמחים החדשים בכמה אזורים בארץ כדי לבחון באילו תנאים מתפתחים הצמחים בצורה הטובה ביותר. במהלך השלב הזה באקלום משגיחים מומחים על גידולם של הצמחים ואם מתגלה גורם מחלה או מזיק כלשהו, הצמחים מושמדים מיד כדי למנוע הפצת המחלה בארץ.

ה. 2.1 צמחים שאוקלמו בארץ

אקליפטוס המקור

האקליפטוס הוא העץ הנפוץ ביותר באוסטרליה. הוא הובא לישראל, בסוף המאה ה-19, כדי לסייע לייבוש ביצות שהן בית גידול ליתושים מעבירי מחלת הקדחת. האקליפטוסים צמחו והתפתחו להפליא במקומות רבים בארץ, ויערות אקליפטוסים נמצאים בעיקר במקומות שהיו בהם פעם ביצות. האקליפטוס כלול היום ברשימת המינים הפולשים בארץ.

מיני הדורים (תפוזים, אשכוליות ועוד)

עצי ההדר מקורם בדרום מזרח אסיה. כאשר הוקמו המושבות הראשונות בארץ ניטעו בהן גם פרדסים. שמם של ההדרים, ובעיקר התפוזים מהזן "שמוטי", יצא למרחוק כ"תפוחי הזהב של יפו" (Jaffa Oranges) - שם המעיד על איכות.



אקליפטוס המקור



עץ הדר

עצי פרי סובטרופיים

קשה לדמיין את המדפים בחנויות הפירות ללא האפרסמון, האבוקדו, המנגו, האנונה והגויאבה. מוצאם של אלו הוא מאזורים הסמוכים לאזורים הטרופיים שסביב קו המשווה (מכאן השם סובטרופיים) שבהם האקלים חם ולח יותר מאשר בארץ.

פירות אלו אוקלמו היטב בארץ ומשמשים גם לתצרוכת מקומית וגם וליצוא.

טבלה ה-2: דוגמאות לפירות סובטרופיים שאוקלמו בארץ

שם הצמח	האזור שממנו הובא הצמח
אבוקדו	מרכז אמריקה: מדרום מקסיקו ועד צפון אמריקה הדרומית
אנונה	מרכז אמריקה ודרומה
אננס	ברזיל (דרום אמריקה)
אפרסמון	דרום-מערב סין
גויאבה	מרכז אמריקה ודרומה
ליצי	מזרח אסיה
מנגו	דרום-מזרח אסיה, צפון הודו
קיווי	דרום סין
שסק	סין ויפן



פירות סובטרופיים על מדף במרכול (מימין לשמאל: מנגו, קיווי, אננס, ליצי)

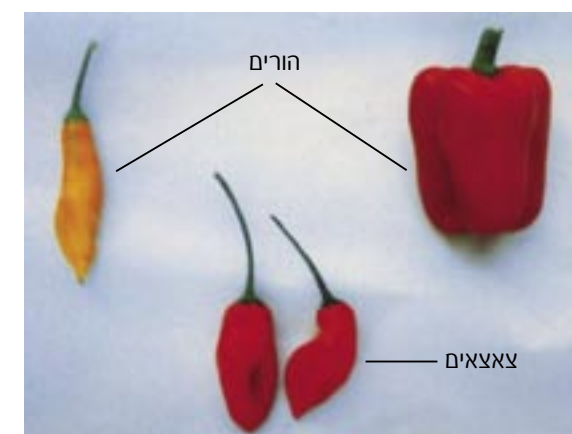
מעניין לדעת: עוד על אקלום צמחים בישראל

האקלום של גידולים שונים ושל עצי פרי החל בארץ עם הקמת המושבות הראשונות על ידי הברון רוטשילד. החוקר אהרון אהרונסון (אחיה של שרה "גיבורת ניל") שגילה ליד ראש פינה את "אם החיטה", החל באקלום של עצי פרי טרופיים בתחילת המאה ה-20 ליד עתלית. לאחר מותו בשנת 1919 נפסקה פעולת האקלום, אך היא חודשה כמה שנים לאחר מכן. ב-1931 ניטע גן אקלום בתחנת הניסיונות ברחובות והוכנסו ארצה מינים וזנים חדשים רבים. ביער אילנות שליד הישוב קדימה, במרכז הארץ, הקים משרד החקלאות בשנות ה-50 של המאה ה-20 גן אקלום לעצי נוי ויער. המטרה העיקרית הייתה לבדוק את מידת ההתאמה של מיני אקליפטוס שונים לתנאי הארץ ובנוסף לבדוק התאמתם של מיני עצי נוי ויער שנאספו מרחבי העולם כדי לשתול אותם בארץ. הגן משמש כאוסף צמחים לאומי (ארבוֹרטום) והוא מעין מוזיאון של עצים. הוא משתרע על שטח של כ-130 דונם, ובו כ-750 מיני עצים ייחודיים מכל רחבי העולם.



2. מיטן יוצא חדש: טיפוח זנים באמצעות ברירה מלאכותית והכלאות

השיטות ל**טיפוח זנים** חדשים מבוססות על העובדה שבאוכלוסיות בטבע, הפרטים שנוצרו ברבייה זוויגית שונים במעט זה מזה בתכונותיהם. ה**שונות הגנטית** הזו היא המאפשרת לחקלאים לברור ולהעדיף פרטים מסוימים בעלי תכונות רצויות להם ולגדל רק אותם. החקלאים גם יכולים לגרום להאבקה מלאכותית ולהפריה בין פרטים מסוימים וכך להכליא ביניהם.



פלפלים צבעוניים והוריהם

במהלך דורות רבים של **הכלאות** ו**ברירה מלאכותית** שכזו מתקבל זן שהוא בעל תכונות הרצויות לחקלאים. למשל: עצי פרי נמוכים שקל לקטוף את פירותיהם, עצי פרי הנותנים יבול גבוה של פירות עסיסיים, גידולים עמידים כנגד מליחות, מזיקים ומחלות, פלפלים צבעוניים, פירות וירקות שחיי המדף שלהם ארוכים.

הכלאות כאלה כבר נעשו בעבר הרחוק, אף בטרם נודע המנגנון התורשתי שבאמצעותו מתקבל הזן החדש. כך למשל, המגוון הגדול של זני חיטה ושל הכלבים שאתם מכירים הוא תוצאה של הכלאות בין זנים שונים ושל ברירה מלאכותית. ניתן גם להכליא בין זנים תרבותיים לבין "קרובי משפחתם" הגדלים בטבע, וכך לטפח זנים חדשים בעלי תכונות רצויות למגדלים ולצרכנים.

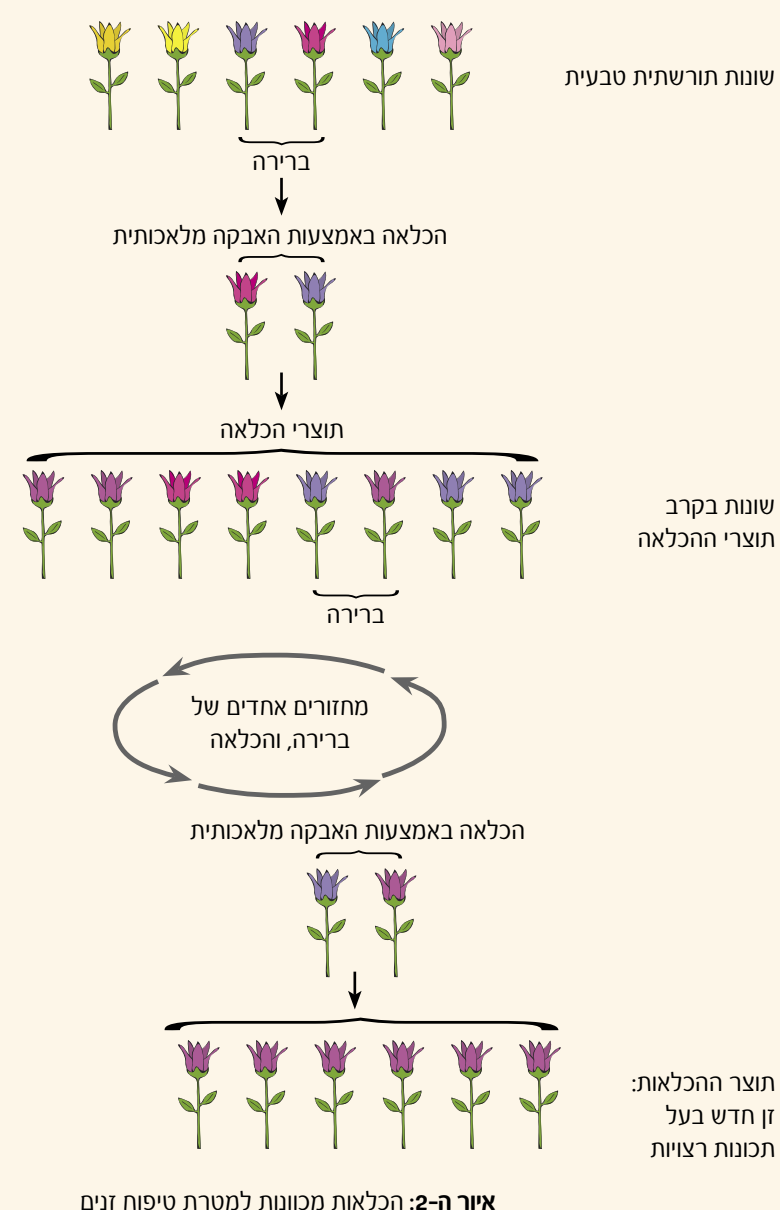
על מושגים: מינים וזנים

צמחים משתייכים ל**משפחות** הכוללות **סוגים** שונים שנחלקים ל**מינים**. ה**זנים** הם תת-קבוצה בתוך מין מסוים. לדוגמה: הסוג **תפוח** שייך למשפחת הורדניים הכוללת מינים שונים של תפוחים. המין **תפוח תרבותי** כולל אלפי זנים (גרני סמית', דלישס, חרמון אדום ועוד). בין זנים שונים ניתן לבצע הכלאות ולעתים ניתן לבצע גם בין מינים שונים. ה**פומלית** היא תוצאת הכלאה בין המינים **אשכולית** ו**פומלה**.

1.2.1 איך מכילאים בצורה מכוונת?

בהכלאה הנעשית על ידי החקלאים כדי להשיג שילוב בין תכונות של שני פרטים, צריך למנוע האבקה עצמית טבעית. בפרחים דו-זוויגיים (דו-מיניים) החקלאים עושים זאת על ידי הסרת אבקנים והעברת גרגרי האבקה באופן ידני מפרח של פרט מסוים לפרח של פרט אחר. מובן מאליו שהאבקה מלאכותית בצורה זו דורשת עבודת ידיים עדינה ומומחיות (איור ה-2).

כיום נעזרים גם בזנים שאינם מייצרים גרגרי אבקה פוריים, כלומר הם בעלי **עקרות זכרית**. העקרות הזכרית מונעת האבקה עצמית ומאפשרת להאביק צמח מסוים בגרגרי אבקה פוריים של זן אחר. בזנים בעלי עקרות זכרית משתמשים הרבה מאוד בעולם לייצור זרעים של גידולים, כמו: **תירס**, **סורגום** ו**קנולה**.



?? שאלה ה-4

עמידות נגד מזיקים היא אחת התכונות שנוהגים לטפח. תכונה זו מועילה לצמח, למגדלים, למערכת האקולוגית ולנו כ"דיירים" במערכת. הסבירו שני היבטים חיוביים של עמידות צמחים כנגד מזיקים.

2.2 דוגמאות לתוצרים של תהליך טיפוח

חיטת התרבות וחיטה ננסית

בחיטת התרבות השיבולת אינה מתפרקת והגרורים נשארים צמודים לצמח האם, ולכן קל יותר לאסוף את היבול. חיטת התרבות טופחה לפני אלפי שנים באזורנו באמצעות ברירה מלאכותית מחיטת הבר ששיבולתה מתפרקת.

זנים ננסיים של חיטה טופחו באמצעות הכלאות בין זנים גבוהים לבין זנים נמוכים. היתרון של הזנים הנמוכים הוא שגבעוליהם אינם נשברים תחת כובד גרגרי החיטה המבשילים. כמו כן ההשקעה הווגטטיבית בגבעול קטנה יותר, והיבול של הזרעים גדול יותר בהשוואה לזני החיטה הרגילים. עבודת טיפוח זנים אלו בשילוב טכנולוגיות חקלאיות, דישון וחומרי הדברה כונתה "המהפכה הירוקה" במסגרתה הצליחו מדינות באסיה, באפריקה ובאמריקה הדרומית להגדיל את כמות המזון באופן ניכר ולהקטין את מצוקת הרעב בקרב תושביהן.



חיטת הבר

מעניין לדעת: הטיפוח מקנה פרס נובל לסלום

בשנת 1970 זכה המדען האמריקאי נורמן בורלוג (Norman Borlaug), בפרס נובל לשלום על תרומתו בתחום טיפוח זני חיטה ננסיים המניבים יבול גבוה.



זני שזיפים

במקרים רבים החקלאים מפתחים זנים חדשים על פי טעמים של הצרכנים ודרישותיהם. למשל: הצרכנים באנגליה מעדיפים זני שזיפים עסיסיים (מלאי מיץ) שציפתם "נמסה" בפה וטעמה מתוק חמוץ. בישראל מעדיפים זנים שאינם רכים מדי וטעמם מתוק. הזנים "שיני כריש" שפותחו בארץ הם שזיפים בגווני אדום, בורדו וצהוב והם בעלי צורה מוארכת הדומה לשן של כריש.

זני סייפנים

טיפוח זנים חדשים נעשה לעתים בשל בעיות "מעשיות מאוד". לדוגמה: משקל הגבעול. בזמנו הזן הנפוץ מבין הסייפנים היה בעל גבעול ארוך וכבד. משקלו הכבד של גבעול הפרח גרם לקושי במציאת אגרנט מתאים (הזר נטה ליפול על צדו ולהפיל את האגרנט) ולקושי בייצוא הפרחים לחו"ל. הכלאות של סייפן תרבותי עם סייפן הבר, שהוא עדין וקטן, הניבו זן חדש של סייפנים בעל התכונות הרצויות.



סייפנים תרבותיים

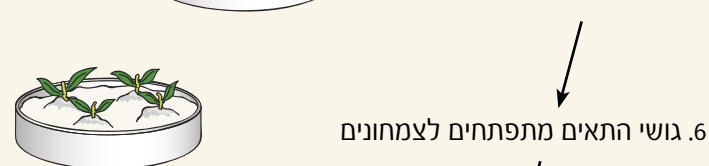
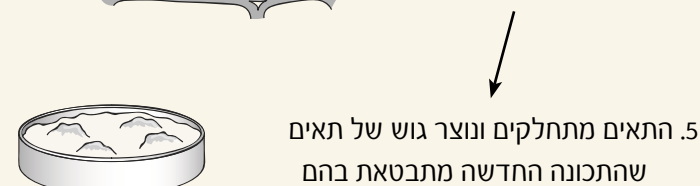
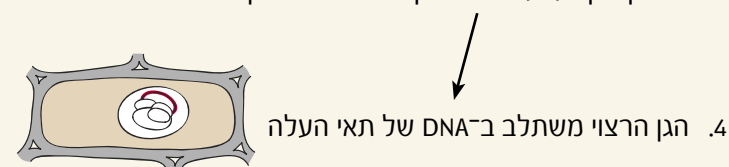
3. טיפוח זנים חדשים באמצעות הנדסה גנטית

בעשורים האחרונים משתמשים המטפחים גם בשיטות של **הנדסה גנטית** כדי לטפח זנים חדשים בעלי שילוב רצוי של תכונות. הנדסה גנטית מבוססת על העברה מכוונת של קטעי DNA מסוימים מאורגניזם אחד לאחר. הנדסה גנטית אפשרית גם כאשר האורגניזמים אינם שייכים לאותו **מין ביולוגי** (species) ואין אפשרות להכליא ביניהם. מכאן נובע שבאמצעות הנדסה גנטית משיגים שינוי במטען התורשתי של אורגניזם בדרך שאינה אפשרית כלל בטבע.

1.3 איך "מהנדסים" צמח?

יצירת צמח מהונדס מתחילה באיתור הגן לתכונה רצויה באורגניזם כלשהו: צמח, בעל חיים, ואפילו חיידק או נגיף. במעבדה מעבירים את הגן לצמח שאותו רוצים לשפר, לשנות. העברת גן מאורגניזם אחד למשנהו אינה משימה פשוטה. כדי לעשות זאת משתמשים לעתים באורגניזם "מעביר", למשל חיידק שב-DNA שלו שולב גם קטע של DNA נושא המידע לתכונה, שאותו רוצים להעביר לצמח (איור ה-3). מדביקים קטעים של עלים בחיידק וכך מועבר הגן הרצוי לתאי העלה. לאחר העברת הגן הרצוי, תאי הצמח המהונדס מכילים את המידע לתכונה הרצויה והיא מתבטאת בו.

1. איתור ובידוד גן רצוי מאורגניזם אחר (חיידק, בעל-חיים)
2. ההשתלת הגן בחיידק "מעביר"
3. הדבקת קטעי עלה בחיידק שבו הושלת הגן הרצוי



7. הצמחים המהונדסים מועברים לחממה או לשדה

איור ה-3: יצירת צמח חדש בהנדסה גנטית

קשר לאקולוגיה:

שימושים בהנדסה גנטית.

לאחר שהצמחים המהונדסים התפתחו, הם מועברים לחממות ואף לשדה, תלוי בסוג הצמח ובתנאי גידולו. את הצמח המהונדס נוהגים להרבות במשך כמה דורות כדי להבטיח שכל הצאצאים לדורותיהם יהיו בעלי התכונה ה"חדשה"/הרצויה.

אחד היתרונות החשובים של ההנדסה הגנטית הוא האפשרות לייצר זנים בעלי עמידות גבוהה יותר למזיקים ואו מחלות, ועקב כך, בדרך כלל, לקבל יבול רב ואיכותי יותר וגם לצמצם את השימוש בחומרי הדברה המזיקים לסביבה. עד היום הצליחו בדרך זו להביא לידי יצירת צמחים עמידים בפני מזיקים ומחלות, עמידים בתנאים סביבתיים קשים כמו חום, קור, יובש ומליחות גבוהה ובעלי ערך תזונתי משופר.

אחד הכיוונים החדשים בהנדסה גנטית של צמחים היא החדרת מידע לאנטיגן (לדוגמה: חלבון ממעטפת של וירוס גורם מחלה) לתאי תפוח-אדמה. בעקבות אכילת תפוח-האדמה תופעל מערכת החיסון הפעיל של האדם ויווצרו בו נוגדנים שיקנו לו חיסון כנגד הוירוס.

2.3. דוגמאות לתוצרים חשובים של הנדסה גנטית



אורז זהוב ואורז לבן

♦ **"אורז זהוב":** אחד הפיתוחים החשובים של הנדסה גנטית באורז התקבל לאחר שהחדירו לאורז שני גנים מצמח התירס. גן אחד נושא מידע לתכונות של אגירת ברזל, וגן שני נושא מידע לייצור בטא-קרוטן (ממנו נוצר ויטמין A בבעלי-חיים). בטא-קרוטן הוא מרכיב חיוני בייצור צבעני הראייה בבני אדם. רמות הברזל והקרוטן באורז הזהוב (שצבעו זהוב בגלל נוכחות הקרוטן) הן גבוהות מאלו שבאורז הרגיל וצריכתו עשויה למנוע אנמיה ועיוורון בקרב אוכלוסיות שניזונות בעיקר מאורז.

- ♦ **עגבניות** מועשרות בחומרים נוגדי חמצון כמו ליקופן, ושיש בהן שיעור גבוה יחסית הוויטמינים C ו-E.
- ♦ **כותנה, סויה, קנולה, תירס ותפוחי-אדמה** שהוחדר להם הגן ליצירת הרעלן Bt (שהתגלה לראשונה בישראל) שמקורו מחידק. הרעלן Bt פוגע בזחלי חרקים הניזונים מעלי הצמחים. שילובו של הגן ליצירת הרעלן מונע פגיעה ביבולים על ידי חרקים ומקטין את הצורך לרסס בחומרים להדברת מזיקים.

- ♦ **בחיטה** - גן שנלקח מחיטת בר והוחדר לחיטה *תרבותית* מקצר את זמן ההבשלה ומעשיר את גרגרי החיטה בחלבונים, אבץ וברזל.
- ♦ **חמניות** - שהועבר להן גן לייצור חלבון קזאין שמקורו בפרות, המייצרות את החלבון הזה. הקזאין מכיל כמה חומצות אמיניות החיוניות לגופנו ומעלה את הערך התזונתי של זרעי הצמח.
- ♦ **תפוח-אדמה** - לגידול זה הוחדר גן הנושא מידע לעמידות נגד פטרייה הגורמת למחלת הכימסון ואשר גרמה בעבר להרס של יבול תפוחי האדמה שהוביל לאסון הרעב שאירע באירלנד במאה ה-19 (ראו פרק ד, סעיף 2.1). הגן לעמידות נמצא בזן בר של תפוח אדמה הגדל במקסיקו.
- ♦ צמח זוהר כשהוא נמצא במצוקת מים. חוקרים הצליחו להחדיר לצמחים גן שמקורו במדוזה טרופית. נוכחותו של הגן גורמת לפליטת אור זוהר, כאשר הצמח מתחיל לסבול מעקת מים. בחושך ניתן להבחין בעלים הזוהרים ולדעת שהצמח סובל ממחסור במים.

טבלה ה-3: הנדסה גנטית במספרים - גידולים מהונדסים בארה"ב

הגידול	גודל השטח שבו מגדלים צמחים מהונדסים שהם עמידים בפני קוטלי עשבים ואו קוטלי חרקים (בארה"ב) (% מהשטח הכולל של הגידול)	
	בשנת 2000	בשנת 2009
כותנה	61%	88%
תירס	25%	84%
סויה	54%	91%

?? שאלה ה-5

- הכינו גרף על פי המידע בטבלה ה-3. נמקו את בחירת דרך ההצגה הגרפית.
- תארו את המגמה של השינויים במהלך השנים.
- אילו מוצרי מזון מיוצרים מסויה? אתרו מידע בנושא וסכמו בקצרה את הממצאים.
- חפשו במקורות מידע עדכניים (עיתונות יומית, רשת האינטרנט) כתבה העוסקת בשינוי של צמח (שלא הוזכר כאן) באמצעות הנדסה גנטית. ציינו מי האורגניזם שבו נעשה השינוי, מי האורגניזם שהוא המקור למידע הגנטי ומה היתרון שבביצוע התהליך.



הרחבה: דיאלוג וסאלות פתוחות בנושא צמחים מהונדסים

בד בבד עם השימוש ההולך וגובר בצמחים מהונדסים גנטית, גובר בקרב הציבור החשש מצריכת מוצרי מזון המיוצרים מצמחים מהונדסים. ההתנגדות לצמחים מהונדסים מושתתת על סיבות שונות: דתיות, בריאותיות וסביבתיות. המתנגדים מסיבות של אמונה דתית טוענים שאין להתערב במנגנונים התורשתיים של יצורים חיים שהם "יציר הבריאה".

אחרים טוענים שאכילה של מזון מהונדס עלולה לפגוע בבריאות ולגרום לתופעות לוואי שלא ניתן היום לצפותן. לפי שעה לא ברור האם אכילת חלבונים "חדשים" שמקורם בצמח מהונדס תשפיע על בריאות האדם הניזון מצמחים אלה. גוף האדם מתייחס לחלבונים שאינו מכיר, כאל חומר זר, והם עלולים לגרום לאלרגיות ולעורר את המערכת החיסונית להגיב נגדם. עם זאת, ראוי לציין שבארה"ב, בקנדה ובאוסטרליה מיליוני אנשים ומיליוני חיות משק ניזונים כבר שנים מיבולים של זנים מהונדסים של תירס, סויה, כותנה וקנולה ולא נצפו כל תופעות לוואי לא רצויות.

רבים מתנגדים לשימוש בצמחים מהונדסים בשל החשש מההשלכות של הצמחים ה"חדשים" על **המערכת האקולוגית**: צמח שעבר שינוי בתהליכי הנדסה גנטית יכול להפיץ גרגרי אבקה זרעים, נושאי מידע תורשתי "חדש" לסביבתו. הפצה שכזו יכולה לשנות את הרכב המינים הטבעי, שכן ההכלאה בין צמח מהונדס לבין קרובו בטבע יכולה להביא ליצירת זן חדש שאי אפשר לצפות מראש מה תהינה תכונותיו. חוקרים רבים מנסים לבדוק את מידת הסכנה למערכת האקולוגית ולפי שעה אין מסקנות חד-משמעיות. מנגד, אחרים טוענים שהסכנה למערכת האקולוגית היא מזערית. התומכים בשימוש בצמחים מהונדסים מדגישים את יתרונותיהם התזונתיים ואת ההקטנה בצורך להשתמש בקוטלי חרקים ובדשנים שהשפעתם המזיקה על הסביבה כבר הוכחה.



סמל המציין שהמוצר אינו כולל רכיבים מאורגניזם מהונדס גנטית (Genetically Modified Organism)

סיבה נוספת להתנגדות לטיפוח צמחים מהונדסים מבוססת על הסכנה שהשימוש הממושך בזנים הנושאים את הגן לרעלן Bt יביא לברירה של חרקים עמידים לרעלן זה ואלה יתרבו באוכלוסייה ושוב יעלה הצורך להדביר את המזיקים באמצעות חומרי הדברה. דבר דומה קרה לאחר שהשתמשו שנים רבות בקוטלי חרקים; עם השנים התרבו באוכלוסיית החרקים פרטים העמידים לחומר קוטל החרקים, שיעורם באוכלוסייה גדל ועקב כך יעילות של החומר ההדברה פחתה.



4: הרחבה: מעורבות החקלאים משפיעה על הסביבה

חשיבות הצמחים לאדם היא רבה מאוד, אולם חשוב לזכור שהצמחים הם חלק מהמערכת האקולוגית, והגידולים החקלאיים בשדות ובמטעים משפיעים על המערכות האקולוגיות בסביבתם ועל הנוף. להלן מובאות דוגמאות אחדות להשפעות של החקלאות על הסביבה:

כריתת צמחייה טבעית: כריתה של יערות ושרפת הגזעים והענפים לשם יצירת שטחי קרקע לחקלאות או למרעה עלולה לגרום להכחדת מינים, להרס קרקעות ולשיטפונות (עקב השינוי בכיסוי הקרקע). כריתת הצמחייה הטבעית מקטינה את קיבוע ה- CO_2 , ושרפתה מגדילה את שחרור ה- CO_2 לאטמוספירה ועקב זאת גוברת התחממות האטמוספירה.

פיתוח שטחי חקלאות באזורים מדבריים: כדי לעצור את התפשטות שטחי המדבר - תהליך המכונה **מדבור** - משתמשים בשיטות טכנולוגיות מתקדמות, המאפשרות לגדל גידולי חקלאות גם בשטחי מדבר. תהליך המדבור אמנם מואט, אך בו בזמן מוסיפים מינים למערכת האקולוגית המקומית ומשנים את הרכבה.

שימוש בדשנים: עודפי דשנים מגיעים לקרקע, לנחלים, למאגרי מים ולמי תהום ופוגעים באיכותם.

שימוש בחומרי הדברה: חומרים להדברת חרקים, מכרסמים וצמחים עלולים לפגוע לא רק במזיקים לחקלאות אלא גם בבעלי-חיים ובצמחים בבתי הגידול הסמוכים לשטחים החקלאיים, שאינם גורמים כל נזק לגידול החקלאי. חומרי הדברה ודשנים עלולים להגיע גם למקורות מים ולפגוע באיכותם.

גידול צמחים מהונדסים: כפי שלמדתם בסעיף 3 ישנה אפשרות שיתרחשו הכלאות בין צמחים מהונדסים לבין קרוביהם הגדלים בר בטבע, וכך ייווצרו זנים חדשים שאין אפשרות לחזות מראש מה יהיו תכונותיהם. ייתכן שהם לא יהוו כל סכנה אך באותה מידה ייתכן והם ייהפכו למין פולש שיתחרה בצמחייה הטבעית ובגידול החקלאי, ולא ניתן יהיה להדבירו בדרכים המקובלות.

גידול צמחים המושכים בעלי חיים: הצמחים שמגדלים החקלאים מושכים אליהם בעלי-חיים, מהם שלא היו נפוצים באזור הגידול, ומהם שהיו באזור ואוכלוסייתם גדלה. לדוגמה: שדות הבוטנים בעמק החולה מושכים אליהם אלפי עגורים, החולפים מעל העמק בעונות הנדידה בדרכם מאירופה לאפריקה בסתיו וחזרה לאירופה באביב, והנזק ליבול הוא גדול ביותר. בפני החקלאים ניצבת דילמה: למנוע מהעגורים לאכול את הבוטנים, למשל על ידי השמעת קולות ירי המבריחים אותם מהשדות, או לפזר להם גרגרי תירס בסמוך לשדות הבוטנים, וכך להציל את יבול הבוטנים. בצד הנזק הנגרם לחקלאים מנוכחות העגורים הם מושכים לאזור המוני מטיילים הבאים לצפות בעגורים ותורמים לפיתוח ענף התיירות באזור.



עגורים בעמק החולה

להלן טבלה המסכמת את השפעת צבע הרשתות על היבול של פלפל.

צבע הרשת	יבול פלפל		
	כלל היבול (טונה לדונם)	באיכות המתאימה ליצוא (טונה לדונם)	משקל פרי פלפל ממוצע (גרם)
שחורה	6.79	4.51	162
צהובה	9.72	7.72	171
אדומה	9.22	6.94	169

- מהו המשתנה הבלתי תלוי ואלו הם המשתנים התלויים בניסוי המתואר?
- סרטוט גרף של כלל יבול הפלפל מתחת לרשתות השונות.
- מהו הקשר בין צבע הרשת לכמות היבול הכללית של הפלפל?
- מהו הקשר בין צבע הרשת לכמות היבול המתאימה לייצוא?
- מהו הקשר בין צבע הרשת למשקל הפרי הממוצע של פלפל?
- באיזו רשת תמליצו לחקלאים להשתמש? נמקו.
- מהו התהליך הביולוגי המשפיע על כמות היבול? הסבירו.



רשתות צבעוניות

- הכינו כרזת פרסומת למשיכת תיירים לקטיף של פירות.

כל הפעולות שתוארו הן התערבות מכוונת של החקלאים בסביבה הטבעית שמטרתה לייצר מזון ולהתפרנס מהחקלאות. אבל פעולות אלו עלולות לפגוע בטווח זמן ארוך במגוון הביולוגי הטבעי ובמאזן התהליכים במערכת האקולוגית.

צמחים, חקלאות ותיירות

בשנים האחרונות החלה להתפתח בארץ תיירות פנים הקשורה לגידולי החקלאות, למשל: חקלאים בגולן מזמינים אנשים לקטוף בעצמם דובדבנים, פירות יער, תפוחים ואגסים והקוטפים משלמים לבעלי המטע עבור הפירות. חוות לגידול תבלינים מציעות להכין תערובות תבלינים וצמחים מותאמות לטעמו של כל אחד, ובעונת הסתיו מוזמנים התיירים להשתתף במסיק הזיתים ובהכנת שמן זית. התיירות החקלאית הזו מהווה מקור הכנסה נוסף לחקלאים ושל תושבים אחרים באזור וגם מעלה את מודעות הקהל ה"עירוני" לבעיות החקלאות ולשמירת הטבע.

?? שאלות לסיכום הפרק

- למגדלי תות שדה ממליצים להציב כוורות של דבורי דבש בסמוך לחלקות המניבות פרי. הסתבר שהמפגש בין הדבורים וצמחי תות השדה תורם להפחתת העיוותים בצורת הפרי, להגדלת הכמות של פרי משובח בכ־75% ולהעלאת היבול הכללי בכ־15%.
 - באיזה שלב במחזור החיים של תות השדה מעורבות הדבורים?
 - מהו התהליך שלו מסייעות הדבורים, התורם להגדלת כמות הפרי והפחתת העיוותים בתות השדה?
 - מהם יחסי הגומלין בין צמחי תות השדה לבין הדבורים? הסבירו.
- לפניכם רשימה של פעולות הנהוגות בחקלאות. ציינו מהו העיקרון הביולוגי שעליו מבוססת כל פעולה.
 - אחסון ירקות ופירות בקירור
 - ציפוי פרי הדר המיועד ליצוא בדוג
 - טבילת ייחורים בתמיסות של מווסתי צמיחה
 - הארה מלאכותית של חלקות פרחי קטיף
- השפעת רשתות שחורות וצבעוניות על התפתחות הפלפל

רשתות צל שחורות הנפרשות מעל גידולים חקלאיים משמשות להגנה מפני קרינה חזקה, וכן להגנה מפני מזיקים מעופפים כמו ציפורים, חרקים ועטלפים, ופגעי מזג האוויר כמו: ברד ורוחות. בעשור האחרון נחקרה ההשפעה של רשתות צל שחורות ורשתות צבעוניות על הפריחה ועל היבול. רשת צל שחורה מקטינה את עוצמת הקרינה אך אינה משנה כלל את הרכב קרינת האור. הרשתות הצבעוניות משנות את הרכב הסוגים של קרינת האור העובר דרכן, הן מעבירות יותר קרינה בתחום האור האדום ואדום-רחוק.

עיקרי הנושאים בפרק

- ◆ מעורבות האדם בגידול צמחים באה לידי ביטוי בשלושה תחומים:
 - ◆ הגדלת כמות היבולים באמצעות השקיה, דישון, הדברת מזיקים ומחלות וגידול בתנאים מבוקרים (אור, טמפרטורה, CO₂, מינרלים).
 - ◆ הכוונת הפריחה וייצור הפירות למועדים מתאימים לשיווק באמצעות הוספת הורמונים, גיזום ושינוי תנאי התאורה.
 - ◆ הגדלת מגוון מיני הצמחים שהאדם מגדל לצרכיו השונים באמצעות אֶקְלוּם צמחים שמקורם באזורים גיאוגרפיים אחרים בעולם וטיפול זנים חדשים באמצעות הכלאות, ברירה מלאכותית והנדסה גנטית.
 - ◆ גידול צמחים מהונדסים וצריכת מזון שמקורו בצמחים שהם תוצרי הנדסה גנטית מעורר דילמות שונות.
 - ◆ הגידולים החקלאיים בשדות ובמטעים משפיעים על המערכות האקולוגיות בסביבתם ועל הנוף.
 - ◆ פיתוח מוקדי תיירות באזורים חקלאיים הוא תחום מתפתח התורם לכלכלת החקלאים והאזור.

מושגים חשובים בפרק

אקלום
ברירה מלאכותית
האבקה מלאכותית
הכלאות
הנדסה גנטית
טיפול זנים
שונות גנטית

מילון מונחים

מונחים ש**מודגשים** בתוך ההגדרה מופיעים גם הם במילון.
המונח האנגלי יסייע לכם לחפש חומרים ברשת האינטרנט.

אבקן (stamen) – איבר הרבייה הזכרי בפרח שבו נוצרים גרגרי האבקה. כולל **זיר ומֵאָבָק**.

אוקסין (auxin) – **הורמון** בצמחים המווסת גדילה של תאים ומשתתף בבקרה של שינויים באופן הגידול של הצמח. האוקסינים נוצרים בעיקר בקצות שורשים וב**קדקודי הצמיחה**.

אזור (רקמת) ניתוק (abscission zone) – אזור בבסיס פטוטרת של עלה או של עוקץ פרי. בזמן שלכת או בעת **הבשלת הפרי** חל ניתוק בין תאי הרקמה באזור זה והאיבר נושר.

אנדוספרם (endosperm) – רקמה בזרעים המכילה **חומרי תשמורת**, הנוצרת בעקבות ההפריה ונמצאת מסביב לעובר או לצֵדו. לפני ה**נביטה** או במהלכה מפורקים החומרים באנדוספרם לרכיביהם המסיסים ומאפשרים את גדילתו של הנבט.

אֶקְלוּם (acclimation) – שינוי הפיך במורפולוגיה או בפיזיולוגיה של אורגניזם בתגובה לשינוי בתנאי הסביבה. בחקלאות האקלום כולל תהליך של **ברירה מלאכותית**.

אתילן (ethylene) – חומר גזי המופרש בצמח ופועל בו כהורמון המווסת תהליכי צמיחה שונים. יחד עם **אוקסין**, הוא משפיע על ניתוק עלים בעת שלכת ועל הבשלת פירות בשרניים.

ביצית (ovule) – החלק שבתוך **השחלה** שבו מתרחשת **מיזוג** שאחד מתוצריה הוא תא הביצה שהוא **תא הרבייה הנקבי**. אחרי ההפריה מתפתחת הביצית לזרע. יש צמחים שבשחלותיהם ביצית אחת ויש צמחים שבשחלותיהם כמה ביציות.

בצל (bulb) – איבר תת־קרקעי של צמח המורכב מעלים עבים ובשרניים הנמצאים על גבעול מקוצר. הבצל משמש כמאגר של חומרים המשמשים להתחדשות הצמיחה לאחר עונת תרדמה. ראו גם: **גיאופיט**.

בְּרִיָּה טבעית – (natural selection) – תהליך הקובע את התרומה היחסית של פרטים שונים באוכלוסייה לדור הבא. פרטים המותאמים יותר מאחרים לתנאי הסביבה מעמידים יותר צאצאים פוריים ששורדים.

בְּרִיָּה מלאכותית – (artificial selection) – ברירה הנעשית בידי האדם, במטרה לטפח זני צמחים ובעלי חיים בעלי תכונות רצויות למטפת. המגדלים מונעים את התרבותם של פרטים החסרים תכונות אלו. ראו גם: **טיפול זנים**.

גבעול (stem) – הציר המרכזי של צמח הנושא עלים ופרחים. גבעול יכול להיות על־קרקעי או תת־קרקעי. הוא בנוי מפרקים ובתוכו צינורות הובלה. ראו גם: **נצר**.

גדילה (growth) – תוספת בלתי הפיכה של ביומסה, בעקבות חלוקת תאים בדרך של **מיטוזה** והתארכות תאים. לרוב מלווה בהתמיינות לרקמות ולאברים.

גורמים חיצוניים (external factors) – גורמים בסביבת הצמח שמשפיעים על הצמח ועל התפתחותו, כגון: טמפרטורה, אורך יום, זמינות חמצן, כמות המים והמינרלים וזמינותם, ריכוז פחמן דו־חמצני ועוד. ראו גם: **גורמים פנימיים**.

גורמים פנימיים (internal factors) – גורמים המשפיעים על הצמח ועל התפתחותו שמקורם באורגניזם עצמו, בתהליכים פנימיים המתרחשים בו, כגון: כמות מווסתי הצמיחה, גיל הצמח, המידע התורשתי שלו ועוד.

גיאופיט (geophyte) – צמח **רב־שנתי** בעל איבר אגירה תת־קרקעי. בתום עונת הצמיחה החלקים העל־קרקעיים של הצמח נובלים והצמח נכנס למצב של תרדמה. בסיום התרדמה שבים ומתפתחים עלים ופרחים. ראו גם: **בצל, פקעת**.

גִּיבֶּרֶלִינִים (gibberellins) – (ביחיד – גִּיברלין) – קבוצה של **הורמונים** בצמחים המשפיעים על התארכות הצמח, הם מזרזים נביטת זרעים ופעילים גם בוויסות **הפריחה**.

גידולים חסויים – גידול צמחים במחסה, כמו: חממות, מנהרות פלסטיק וכדומה. הצמחים בהן מוגנים וגדלים בתנאים השונים מהתנאים בסביבה הטבעית.

גיצום ענפים (pruning) – חיתוך של ענפי שיחים ועצים שנעשה למטרות אלה: סילוק ענפים מתים או ענפים הנגועים במחלות, עיצוב צורת העץ, גובהו ורוחבו והגדלת כמות היבול ואיכותו.

דילול (thinning) – פעולה שנעשית לשם הקטנת מספר הפירות ו/או הפרחים במטרה לקבל פירות בגודל רצוי ובאיכות גבוהה.

דשן (fertilizer) – תרכובות אנאורגניות המוספות לקרקע, מספקות לצמח יסודות מינרליים בצורה שהצמח יכול לקלוט אותם ותורמות לגידול הצמח.

האבקה (pollination) – התהליך של העברת גרגרי אבקה (באמצעות רוח, חרקים, מים ועוד) מהאבקנים של **הפרח** אל **הצלקת** שבראש **העלי** בפרח מאותו מין ביולוגי.

האבקה זרה (הדדית) (heterogamy) – מעבר של גרגרי אבקה, בין פרטים שונים של אותו מין ביולוגי.

האבקה מלאכותית (artificial pollination) – העברה של גרגרי אבקה מפרח לפרח הנעשית בידי האדם.

האבקה עצמית (autogamy) – מעבר של גרגרי האבקה אל צלקת באותו הפרט.

הבחלה (after ripening) – תהליך מלאכותי להבשלת פירות שנקטפים בטרם הבשילו. ההבחלה נעשית בדרך כלל בעזרת חשיפה לחומרים כימיים כמו **אתילן**. נהוג להבחיל פירות הדר, תמרים ובגנות על פי המועד המתאים לשיווקם לצרכנים.

הבשלה (ripening) – שלב סופי של התפתחות **הפרי**.

הורמון (hormone) – חומר טבעי המופרש על ידי תאים או איברים במקום אחד בגוף הצמח, ומשפיע על פעילותם של תאים או איברים במקום זה או בחלק אחר של הצמח. ראו גם: **מווסתי צמיחה**.

הזדקנות (senescence) – תהליכים בצמח, או באיברים מסוימים בצמח, שבמהלכם נפסקים בהדרגה תהליכי גדילה וייצור. חומרים שונים מועברים מהרקמות המזדקנות אל חלקי הצמח הנותרים ונאגרים לשימוש בעתיד. בחלקי צמח נשירים (עלים, ענפים, איברי פרח, פרחים, פירות וזרעים) מתפתח **אזור ניתוק**.

הכלאה (hybridization) – פעולה מכוונת של האדם הגורמת להפריה בין אורגניזמים למטרות **טיפוח זנים** והשבחה. הכלאה נעשית בין פרטים נבחרים שונים (מבחינה גנטית) של אותו מין ביולוגי או בין מינים קרובים.

הנדסה גנטית (genetic engineering) – שינויים בחומר התורשתי של אורגניזם הנעשים למטרות שימושיות.

הפריה (fertilization) – התהליך הבסיסי של **רבייה זוויגית**: התלכדות של שני **תאי רבייה** ויצירת **זיגוטה** דיפלואידית.

הצצה (emergence) – הופעת הנצרון מעל פני המצע שבו נובט הזרע. דרך מקובלת בחקלאות לאמוד את אחוז הנביטה.

הרכבה (grafting) – שיטה לריבוי אל־זוויגי (וגסטיבי) של צמחים כדי לקבל צמח המורכב מחלקים שנלקחו משני צמחים שונים, המתאחים בעקבות ההרכבה לצמח אחד. החלק התחתון הכולל את מערכת השורשים נקרא **כנה** ואילו החלק העליון שאותו מרכיבים על הכנה נקרא **רוכב**. הכנה והרוכב נבחרים על פי תכונות רצויות של כל אחד מהם.

התמיינות תאים (differentiation) – תהליך שבו תאים משתנים בצורתם, במבנה שלהם ובתפקודם. תהליך זה מתרחש במהלך התפתחות העובר ובתהליכי צמיחה של איברים חדשים בצמח.

זבל אורגני (organic fertilizer) – תרכובות אורגניות שמקורן בחלקי צמחים ובהפרשות של בעלי חיים. הזבל האורגני מתפרק בהדרגה ומשחרר לקרקע יסודות מינרליים. הזבל האורגני משמש גם לשיפור איכות הקרקע.

זיגוטה (zygote) – תא המתקבל מהתלכדות בין **תאי רבייה** נקביים וזכריים (הפריה). מתא זה מתקבלים באמצעות **מיטוזה** כל התאים המרכיבים את היצור הרב־תאי.

זיר (filament) – הציר של **האבקן** הנושא בראשו את **המאבקן**. מבנה הזיר ותכונותיו המכניות מותאמים לדרכי ההאבקה (רוח, חרקים, ציפורים וכו').

זרע (seed) – יחידת התפוצה הבסיסית של צמחי הזרע. מבנה המכיל **עובר**, **חומרי תשמורת** ומעטפות זרע. הזרע מתפתח בעקבות **האבקה והפריה**. חומרי התשמורת מאוחסנים ב**פסיגים** או ברקמת **אנדוספרם** שמצויה סביב העובר או לצדו.

חד־שנתי (annual) – צמח המשלים מחזור חיים מנביטה לפריחה, ייצור זרעים, הזדקנות ומוות בעונה אחת או בשנה אחת. ראו גם: **רב־שנתי**.

חומרי תשמורת (storage materials) – תרכובות הנאגרות באיברי הצמח ובזרעים ומשמשות בעת הצורך כמקור לחומרים ולהפקת אנרגיה.

חֶנְטָה (fruit set) – השלב בחיי הצמח שבו מתחילה התפתחות הפרי.

חשופי זרע (gymnospermae) - צמחים חסרי פרחים ופירות המאופיינים בכך שהביציות וגרגרי האבקה שלהם חשופים על עלה או קשקש של איצטרובל (איבר המכיל את אברי הרבייה בצמחים חשופי זרע, מורכב מעלים קטנים המאורגנים יחדיו. במקרים רבים הוא מעוצה). לקבוצה זו שייכים בין השאר אורן, ארז וברוש.

טיפוח זנים (breeding) - טיפוח זנים של צמחים ובעלי חיים בעלי תכונות הרצויות לאדם באמצעות תהליכי ברירה מלאכותית.

ייחור (cutting) - קטע מצמח שבתנאים מתאימים יכול להתפתח לצמח חדש על כל חלקיו. חלקי הצמח המתאימים להיות ייחורים שונים מצמח לצמח (ענפים, עלים, שורשים). ריבוי באמצעות ייחורים הוא דרך של רבייה אל־זוויגית.

כֶּנָה (stock) - חלק צמח מושרש המהווה חלק חשוב בתהליך ההרכבה. על הכנה מרכיבים את הייחור המשמש כרוכב.

לחץ טורגור (turgor pressure) - הלחץ שמפעילים הנוזלים שבתוך החלולית שבתא הצמח על קרום התא ועל דופן התא. לחץ טורגור פועל בכל הכיוונים במידה שווה. כאשר הצמח סובל ממצוקת מים לחץ הטורגור יורד והעלים כומשים.

מָאָבֶק (anther) - החלק המורחב בקצה האבקן המכיל את גרגרי האבקה.

מווסתי צמיחה (growth regulators) - הורמונים צמחיים מלאכותיים (סינתטיים). ראו גם: **אוקסין**, **ג'ברלין**, **אתילן**.

מחזור חיים (life cycle) - מהלך חיי הצמח מ**נביטה** ועד יצירת זרעים **הזדקנות** ומוות. מהלך זה כולל **שלב וגטטיבי ושלב רפרודוקטיבי**. יש צמחים בעלי מחזור חיים **חד־שנתי** ואחרים בעלי מחזור חיים **רב־שנתי**.

מי קולחין (treated wastewater) - שפכים שעברו תהליך טיהור וניתן להשתמש בהם להשקיית גידולים חקלאיים לתעשייה.

מיזוה (חלוקת הפחתה) (meiosis) - תהליך של חלוקת גרעין התא לאחר הכפלת החומר התורשתי. בסופו מתקבלים מגרעין דיפלואידי ארבעה גרעינים הפלואידים השונים זה מזה במידע התורשתי. **תאי רבייה** נוצרים בעקבות מיזוה - שלב ייחודי והכרחי ב**רבייה זוויגית**.

מיטוזה (mitosis) - תהליך של חלוקת גרעין לאחר הכפלת החומר התורשתי. בסופו מתקבלים מגרעין אחד שני גרעינים שמערכת הכרומוזומים שבכל אחד מהם זהה לזו שבאחר וזהה לזו שהייתה בגרעין שממנו נוצרו. בדרך כלל לאחר חלוקת הגרעין (מיטוזה) מתחלקים מרכיבי התא האחרים. תוצאת החלוקה היא שני תאי בת, הזהים במסענם התורשתי.

מים מליחים (low/medium salinity water) - מים ששיעור המלחים בהם גבוה משיעור המלחים במי השתייה, אך נמוך מזה של מי ים. ניתן להשתמש במים אלו בתעשייה ולהשקיית גידולים מסוימים בחקלאות. ראו גם: **מי קולחין**.

מכосי זרע (angiospermae) - כלל הצמחים בעלי פרחים המאופיינים בכך שה**ביציות** שלהם נמצאות בתוך **שחלה** וה**זרעים** נוצרים ב**פרי** ומתפתחים בו.

מעכב נביטה (germination inhibitor) - תרכובת כימית המצויה בזרע או בפרי המעכבת את ה**נביטה**.

מריסטמה (meristem) - גוש של תאים לא ממוינים, שתאיו מתחלקים ומייצרים תאי בת, אך שומרים על כושר ההתחלקות שלהם. מריסטמה קדקודית נמצאת ב**קדקודי צמיחה** ומריסטמה היקפית - **קמביום** - נמצאת בהיקף הגבעולים והשורשים. מהמריסטמות מתפתחים רקמות הצמח ואיבריו.

נבט (seedling) - צמח צעיר שהתפתח מה**עובר** שב**זרע**. כולל **שורשון** ו**נצרון**. בדרך כלל השורשון פורץ תחילה את קליפת הזרע ובעקבותיו הנצרון. ראו גם: **נביטה**.

נביטה (germination) - תחילת הפעילות המטבולית והגדילה של ה**עובר** בזרע ובקיעת ה**שורשון** מתוך קליפת הזרע. נביטה מתרחשת רק לאחר שמתקיימים תנאים מתאימים: זמינות מים, טמפרטורה מתאימה, זמינות חמצן ובצמחים מסוימים גם תנאי ההארה.

נחשון (pollen tube) - חלק תא מאורך, מעין "צינור" דקיק המתפתח מגרגר אבקה כאשר הוא נובט על גבי ה**צללקת** ו"צומח" בתוך **עמוד העלי** עד הביצית ב**שחלה**. דרך הנחשון נודדים תאי הרבייה הזכריים אל הביצית שבה מתרחשת ה**הפריה**.

ניצן (bud) - קצה צעיר וקצר מאוד של **נצר** (גבעול) שממנו מתפתחים עלים או פרחים. ניצן בקצהו של הנצר הוא ניצן קודקודי וניצן בחיק עלה הוא ניצן חִיקִי.

נצר (shoot) - חלקי הצמח העל־קרקעיים - הגבעולים, העלים והפרחים.

נֶצְרוֹן (plumule) - חלק הנבט המהווה את תחילתו של ה**נצר**, בראשו ה**ניצן** הקודקודי.

נשירה (abscission) - היתקנות מהצמח של עלים, פרחים או פירות כתוצאה מהיווצרות **אזור ניתוק** במקום החיבור אל ה**גבעול**. הנשירה קשורה בשינויים הורמונליים בצמח.

עובר (embryo) - צמח צעיר רדום, המתפתח מה**זיגוטה**. בעובר מבחינים ב**שורשון**, **פסיגים** ו**נצרון**. העובר נשאר רדום עד הנביטה.

עלה (leaf) - איבר של הנצר, לרוב ירוק, שטוח ודק. בעלה מתרחש תהליך ה**פוטוסינתזה**.

עלי (pistil) - איבר הרבייה הנקבי של ה**פרת**, בנוי מ**שחלה** ו**צללקת**, ובדרך כלל גם עמוד עלי המחבר ביניהם.

פוטוסינתזה (photosynthesis) - התהליך שבאמצעותו צמחים ממירים אנרגיית אור לאנרגיה כימית ומשתמשים בה להרכבת פחמימות מ־CO2 וממים.

פוטופריודיזם (photoperiodism) - תגובות התפתחותיות של צמחים למחזוריות היומית של אור וחושך. בצמחים תחילת ה**פריחה** תלויה במידת אורכה של תקופת חושך רצופה במהלך היממה.

פירות ללא זרעים ראו: **פרתנוקרפיה**

פסיג (cotyledon) - עלה ראשוני שהוא חלק מעובר הצמח בזרע. במינים מסוימים נאגרים בו **חומרי תשמורת** שישמשו את ה**עובר** בעת ה**נביטה**. צורת הפסיגים שונה, בדרך כלל, מצורתם של עלי הצמח הבוגר. על פי מספר הפסיגים ממינים את הצמחים מכосי הזרע לחד־פסיגיים ולדו־פסיגיים.

פקעת (corm) - גבעול תת־קרקעי קצר ומעובה שנאגרים בו **חומרי תשמורת** וממנו צומחים שורשים, כלפי מטה, ועלים ופרחים כלפי מעלה. ראו גם: **גיאופיט**.

פרח (flower) - מבנה בצמחים מכוסי זרע המכיל את איברי הרבייה. בדרך כלל בנוי מעלי גביע, עלי כותרת, **אבקנים** ו/או **עלי**.

פרח דו־זוויגי (bisexual flower) - פרח שיש בו גם איברי רבייה זכריים וגם איברי רבייה נקביים.

פרח חד־זוויגי (unisexual flower) - פרח שיש בו איברי רבייה זכריים או איברי רבייה נקביים.

פרי (fruit) - איבר המתפתח מה**שחלה** (ולפעמים גם מחלקים אחרים) של הפרח (בדרך כלל לאחר הפריה) משמש בית קיבול לזרעים ומסייע להפצתם.

פריחה (flowering) - שלב במהלך התפתחות הצמח שבו משתנה כיוון ההתפתחות של **קדקודי הצמיחה** והם מתפתחים לפרחים. הפריחה עשויה להיות מושפעת מגורמים פנימיים או מגורמים חיצוניים, כמו אור וטמפרטורה.

פרתנוקרפיה (parthenocarpy) - היווצרות פרי ללא הפריה, ולכן הפרי חסר זרעים. דוגמה: בננה, אננס.

צופן (nectary) - רקמה מפרישה צוף הנמצאת ב**פרח** או בסמוך לו. מיקומו של הצופן מותאם לרוב למבנה גופו של המאביק (חרק או בעל חיים אחר) כך שבעת איסוף הצוף המאביק יבוא במגע עם **מאבק** ויעביר את גרגרי האבקה **לצלקת** בפרח אחר.

צלקת (stigma) - קצהו העליון של ה**עלי**, חלק ממערכת הרבייה הנקבית בצמחים בעלי פרחים. המבנה של הצלקת והחומרים המופרשים ממנה מותאמים לקליטת גרגרי האבקה ולנביטתם.

צמחי יום ארוך (long day plants) - צמחים שפורחים רק כאשר מספר שעות החושך קטן מערך מסוים (ערך סף). ראו גם: **פוטופריודיזם**.

צמחי יום קצר (short day plants) - צמחים שפורחים רק כאשר מספר שעות החושך גדול מערך מסוים (ערך סף). ראו גם: **פוטופריודיזם**.

קדקוד צמיחה (apical meristem) - אזור של **מריסטמה** בקצה ה**שורש**, בקצה ה**נצר** ובניצנים.

קומפוסט (compost) - תוצר של פירוק שאריות של חומר אורגני, על ידי שלשולים, פטריות וחיידקים. בקומפוסט משתמשים להשבחת הקרקע והשימוש בו מצמצם את הצורך בדשנים.

קמביום (cambium) - רקמה מריסטמטית בהיקף הגבעול והשורשים. מחלוקת תאי הקמביום נוצרים תאים של רקמה ההובלה והגבעול והשורש מתעבים.

קנה שורש (rhizome) - גבעול אופקי תת־קרקעי, בעל פרקים קצרים ועבים יחסית, הצומח במקביל לפני הקרקע. גבעול זה מצמיח מה**ניצנים** שבמפרקים ענפים נושאי עלים ושורשים. אחת מהדרכים לרבייה **אל־זוויגית** של מיני צמחים רבים.

קרקע (soil) - תוצר של התפוררות מכנית וכימית של סלעים ושל פעילות אורגניזמים. הקרקע משמשת מצע גידול לאורגניזמים החיים ביבשה.

רבייה אל־זוויגית (רבייה וגטיבית) (asexual reproduction) - היווצרות צמח חדש מהורה יחיד, ללא יצירת תאי רבייה. ההרכב התורשתי של הצאצא(ים) ברבייה אל־זוויגית זהה לזה של ההורה. ראו גם: **רבייה זוויגית**.

רבייה זוויגית (sexual reproduction) - היווצרות צמח חדש בעקבות התלכדות שני **תאי רבייה** - זכרי ונקבי - שנוצרו בעקבות **מיזוג** ויצירת **זיגוטה**. צאצאי הרבייה הזוויגית שונים, בדרך כלל, בהרכבם התורשתי הן זה מזה, והן מהוריהם. ראו גם: **רבייה אל־זוויגית**.

רב־שנתי (perennial) - צמח שיכול להתקיים שנים אחדות ולעתים אף שנים רבות. הוא יכול להתרבות יותר מפעם אחת במהלך חייו. ראו גם: **גיאופיט**, **חד־שנתי**.

רוכב (scion) - קטע מענף בעל ניצנים (**ייחור**) המורכב על צמח אחר - **כנה**. ראו גם: **הרכבה**.

רקמת ניתוק - ראו: **אזור ניתוק**.

שונות גנטית (תורשתית) (genetic variation) - ההבדלים ברצף ה־DNA בין פרטים באוכלוסייה. להבדלים אלו יש משמעות מבחינה אבולוציונית והם משמשים כ"חומר גלם" ל**ברירה הטבעית** ול**ברירה המלאכותית**.

שורש (root) - איבר של צמחים, שתפקידיו העיקריים הם קליטה של מים ומינרלים מהקרקע ואספקתם לנצר, ועיגונו של הצמח בקרקע. השורש חסר כלורופיל, עלים וניצנים. מהשורש מסתעפים שורשים צדדיים. בקצה השורשים מתפתחות יונקות, הקולטות את המים ואת החומרים המומסים בהם. שורשים של צמחים מסוימים משמשים לתפקידים נוספים כמו אגירת **חומרי תשמורת**.

שורשון (radicle) - השורש של ה**עובר** ושל ה**נבט** שממנו תתפתח מערכת השורשים של הצמח. השורשון פורץ ראשון את קליפת הזרע בעת ה**נביטה**.

שחלה (ovary) - חלקו התחתון, המורחב והחלול של ה**עלי** שבתוכו מתפתחות הביציות. לאחר ההפריה מתפתחת השחלה ל**פרי** ובתוכו הזרע/ים. שחלה קיימת רק בצמחים **מכוסי זרע**.

שלב וגטיבי (vegetative stage) - שלב בהתפתחות הצמח מזרע לבוגר, במהלכו מתווספים לצמח שורשים, עלים וענפים, אך לא איברים הקשורים לרבייה זוויגית.

שלב רפרודוקטיבי (reproductive stage) - שלב בהתפתחות הצמח שבו נוצרים איברים המעורבים **ברבייה הזוויגית** (פרחים ופירות). באיברים אלו נוצרים **תאי רבייה** ומתרחשים בהם תהליכי ה**האבקה**, ה**הפריה** ומתפתחים זרעים ופירות.

שלוחה (stolon) - גבעול אופקי, בעל פרקים ארוכים ודקים יחסית הצומח במקביל לפני הקרקע (בדרך כלל מעל הקרקע, אך ייתכנו גם שלוחות תת־קרקעיות). גבעול זה מצמיח מה**ניצנים** שבמפרקים ענפים נושאי עלים כלפי מעלה ושורשים כלפי מטה. אחת מהדרכים ל**רבייה אל־זוויגית** של מיני צמחים רבים. ראו גם: **קנה שורש**.

מפתח

א			ג		
אבולוציה	25		ג'ברלין	65, 38	
אבקנים	97, 16		- השפעה על פריחה	93	
אורור הקרקע	57		- ועמילאז	66, 65	
- ונביטה	42		- בנביטה	65	
אוטורופים	49, 10		גבעול	20, 14, 13	
אוקסין	63		- מעובה	14	
- השפעה על השתרשות ייחורים	87		- תפקודים של..	14	
- יישומים בחקלאות	71		גדילה	63, 48	
- תגובה לאור	64		גורם מגביל	51	
אור			גורמים חיצוניים/סביבתיים	63, 50, 48, 39, 30, 8	
- ונביטה	42, 39			93, 92, 86	
- ויצירת כלורופיל	51		- השפעה על פריחה	94	
- מקור אנרגיה לפוטוסינתזה	50		גורמים פנימיים	63, 50, 48, 43, 30, 8	
- תנאי תאורה	123			94, 93, 92, 86	
- השפעה על פריחה	94		גיאופיטים	83, 61, 19	
אזור (רקמת) ניתוק	62		גידולים חסויים	67	
אחסון זרעים	43		גזום	123, 111, 72	
אחסון תוצרים	123		גרגרי אבקה	97	
אטיולציה (חיוורון)	51		- נביטה של..	102	
איברי רבייה	16				
אנדוספרם	104, 103, 27, 26		ד		
אנזימים	38, 37		דו־ביתי	98	
אנרגיית אור	11		דו־זוויגי, פרח	98	
אקלום	124, 123		דו־פסיגי	26	
- שלבים	125		דיות	53, 52	
אקלים ים תיכוני	19		דילול		
אקלים ממוזג	19		- פירות	123, 72, 60	
אקליפטוס	126		- פרחים	123	
אתילן	66		- פרחים ופירות	111	
- הבשלת פרי	107		דישון	135, 123, 71, 70	
- השפעה על פריחה	93		דרווין, צ'.	63	
- יישומים בחקלאות	71		ה		
			האבקה	99, 98, 8	
ב			- זרה	100	
ביות מיני בר	41		- חשיבותה לחקלאות	101	
בִּיצָה	28		- מלאכותית	129, 128, 123, 102	
ביצית	103, 98		- עצמית	100	
בית גידול/בתי גידול	19		- עצמית, מניעה	128, 100	
- יבשתי	20		- על ידי בעלי חיים	99	
- מימי	20		- על ידי רוח	98	
בנק זרעים	33		הבחלה	112	
בעלי זרעים, צמחים	104		הבשלת פירות	123, 107, 6	
בצל	83, 15		הגנה	15, 14, 11	
ברירה מלאכותית	129, 128, 123, 41				

תא ביצה - ראו: תא רבייה נקבי.

תא רבייה זכרי (male gamete) - תא שנוצר בגרגר האבקה בעקבות מיוזה. תא הרבייה הזכרי מועבר אל השחלה והביצית באמצעות הנחשון. בגרעין התא שלו n כרומוזומים.

תא רבייה נקבי (female gamete) - תא שנוצר בביצית שבשחלה בעקבות מיוזה. בגרעין התא שלו n כרומוזומים.

תרבית רקמה (tissue culture) - שיטה לגידול צמחים שלמים מתאים או מקטע של רקמה מחוץ לגוף האורגניזם שממנו הם נלקחו. הגידול בתרבית רקמה נעשה בתנאים מבוקרים על מצע סטרילי המספק את כל התנאים והצרכים לקיום ולהתרבות: חומרי מזון, חומציות (pH), טמפרטורה וכדומה.

תרדמת זרעים (dormancy) - תופעה המתבטאת בכך שהזרעים אינם נובטים על אף שתנאי הסביבה כמו: מים, אור, חמצן וטמפרטורה מאפשרים את צמיחת העובר. הפעילות המטבולית של זרע רדום היא נמוכה מאוד. הגורמים העיקריים לתרדמה הם קליפה קשה של הזרע ואי־בשלות של העובר.

הדרים (מינים)	126	זיבול	123, 70	ייחורים	85	ממטרות	69
הובלה	48	זיגוטה	103, 102, 98	- השתרשות	87	מניעת האבקה עצמית	128, 100
- מערכת	15	זיר	97	- השפעת גורמים על התפתחות	86	מעכבי נביטה	42, 38, 30
הומיאוסטאזיס	62	זירוז נביטה	33	ים תיכוני, אקלים	19	מפיצים	11
הורמונים	123, 87, 63	זני מכלוא	102	ירקות	18	מריסטמה	48, 47
- בנביטה	38	זנים	128, 90			משאבים	10
- השפעה על התפתחות פרי	112, 105	זרע/זרעים	105, 104, 26, 16	כ			
- השפעה על פריחה	93	- בפרי	106	כלורופיל	62, 49, 15	נ	
- יישום הידע בחקלאות	71	- כמזון	122, 43	כלורופלסטים	49	נביטה	29
- פירות ללא זרעים	112	- קליפה קשה	123	כנה	90	- דגמים	41
- תרבית רקמה	88	- תפיחה	35, 34	כריתת יערות	135	- זירוז	33
הזדקנות	66, 61					- שלבים	35
- עיכוב	72	ח		ל		נחשון	103, 102
הזעה	52	חד־ביתי	98	לחץ טורגור	56	ניצן	13
הכלאות	129, 128	חד־זוויגי, פרח	98			נצר	13, 12
הנדסה גנטית	133 - 131	חד־פסיגי	26	מ		נצרון	35, 26, 16
- שלבים	131	חד־שנתי, צמח	105, 93, 61, 19, 9, 8	מאביקים	97, 21, 11	נשימה תאית	107, 61, 59, 58, 37, 35
- יתרונות	131	חוטרים	82	מאבק	97	נשירה מכוונת	72
- תוצרים	132	חומרי הדברה	135	מבלע	105, 60	נשירה, איברים	61
הנצה	81	חומרי תשמורת	17, 26, 28, 38, 48,	מגוון ביולוגי	124		
הסגר	126		103, 59	מווסתי צמיחה	63	ס	
העשרה ב־CO ₂	68	חיגור	123, 112, 60	מזון		סובטרופיים, עצי פרי	127
הפצה	105	חיוורון (אטיולציה)	51	- מאכלים ומשקאות מצמחים	18		
- על ידי בעלי חיים	109	חיטה	129	- לאדם	43	ע	
- זרעים	33, 29	חלבונים	38, 28, 18	- מזרעים	27	עובר	108, 105, 104, 26, 16
- זרעים ופירות	110, 109, 17	חממה	86	מחזור	70	עיכוב נביטה	30
הפריה	103, 102, 21, 16, 8	חמצן	59, 7	מחזור חיים	92, 19, 9, 8	- וקליפה	29
- כפולה	103	- קליטה בנביטה	37	- מעורבות האדם	123, 122	עלה/עלים	20, 15, 11
הצצה	41	חנטה	105	מי קולחין	68	- אוגרים	15
הרכבה	90	חקלאות		מידע תורשתי	84, 80	- גביע	96, 16
- החלפת זן	91	- ותיירות	136	מיוזה	103, 97, 92	- כותרת	96, 16
השקיה	123	- הכוונה של התפתחות פירות	111	מיטוזה	104, 80, 48	- עטיף	96, 16
- מקורות מים ל...	68	- השפעה על הסביבה	135	מים	56, 52, 11	עלי	98, 97, 16
- שיטות	69	- חשיבות ההאבקה	101	- בזרע	27	עמוד עלי	98, 97
התאמה	62, 55	חשופי זרע	25, 6	- ומינרלים	59	עמילאז (אנזים)	66, 38
- לביצוע פוטוסינתזה	55, 54			- ומינרלים, הובלה	14	ענפים	11
- להפצה	17	ט		- ומינרלים, קליטה	12	עצה	60, 49, 48, 14
- של איברי הצמח לבית גידול	20	טבעות שנתיות	49	- ונביטה	36, 35, 34	עקרות זכרית	128
- מבנה לתפקוד	110, 99, 12	טיפוח זנים	131, 129, 128, 123	- מגיב בפוטוסינתזה	49		
התחממות אטמוספירה	135	- תוצרים	130	- מליחים	68	פ	
התמיינות	93, 80, 48, 47	טמפרטורה		- שפירים	68	פוטוסינתזה	49, 15, 14, 10, 7
- לפרחים	92	- ונביטה	40, 39	מין ביולוגי	131, 90		67, 52, 51, 50
התפתחות, הצמח	63	- השפעה על פריחה	95	מינים	128	- גורמים משפיעים על...	50
		- השפעה על פוטוסינתזה	54, 53	- פולשים	124	- השפעת טמפרטורה על...	54, 53
		טפטפות	69	מינרלים	71, 70, 56, 18, 11	- תוצרים	58
				- חשיבות לצמח	57	פוטופריודיזם	94
		י		- סימני מחסור	57	פחמימות	59, 28, 27, 18
		יונקות	20, 12, 58	- קליטה מהקרקע	58	פחמן דרחמצני	123, 11
		יחס בין שטח פנים לנפח	55, 12, 10	מכוסי זרע	25, 16, 7, 6	- ועמילן	52
		יחסי גומלין	21, 11, 10	ממוזג, אקלים	19	- מגיב בפוטוסינתזה	51, 50, 49

מקורות התמונות (לפי מספרי העמודים)

6	עדשת המים	Krisitian Peters (WM)
8	סביון	שילי דור-חיים
8	זית	שילי דור-חיים
12	יונקות	מנחם מושליון
13	שורשי אוויר	אירית שדה
14	צבר, קולרבי,	אירית שדה
15	קנוקנות	דפנה רוטשילד
17	הרדוף, מכנף	אירית שדה
18	ירקות ופירות במטבח	שילי דור-חיים
21	האבקה	יונתן רודין
29	מבנה זרעים מותאם להפצה הרדוף	אירית שדה
29	חבצלת החוף	דגנית עצמון
31	דקל "מתושלח"	איליין סולווי Elaine Solowey
35	זרעים יבשים ותפוחים	אירית שדה
40	לוטם שעיר ולוטם מרווני	ארנה שוורצמן
43	נבטים מוכנים לאכילה	אירית שדה
43	יונים ליד ממגורת דגון בחיפה	מעין בלילה
48	זית עתיק	James Emery (WM)
55	ענף אלודיאה	Ernst Schutte (WM)
55	תאים וכלורופלסטים באלודיאה	Frank Ribot (Netherland)
55	ענף אלודיאה מקרוב	Krisitian Peters (WM)
57	סימנים מחסור בברזל	Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives
58	צמחים טורפים	אירית שדה
67	חקלאים בעבודתם	PICT0540 (WM) Flickr (ללא שם הצלם)
67	מנהרות	http://drmazesfarm.com
67	חממות	רבקה אלקיים
69	ממטרות	(Dwight Sipler (http://flicker.com/photos/fhptofarmer/4679680189
69	קונוע	באדיבות משוב לחקלאות
71	מתקן לקומפוסט	אירית שדה
73	מימוזה	A. Salguero, Real Gardin Botanico de Madrid, Espana (WM)
73	מימוזה	Frank Vincentz (WM)
73	מנגנוני טריפה נפילה	אירית שדה
73	מנגנוני טריפה נסגרת	אירית שדה
74	חמניות	עודד אמיר
81	הנצה	CrazyD. (WM)
82	גזע תמר עם חוטרים	טומי סיגלר ז"ל (באדיבות עלון הנוטע)
86	ייחורים של תאנה	טומי סיגלר ז"ל (באדיבות עלון הנוטע)
88	צמח בתרבותית רקמה	Daderot (Plant Tissue Culture Lab, Atlanta Botanical Garden, Atlanta, GA, USA (WM)
89	שתילי בנות לפני העברה למטע	טומי סיגלר ז"ל (באדיבות עלון הנוטע)
90	תפוח לאחר הרכבה	טומי סיגלר ז"ל (באדיבות עלון הנוטע)
91	קקטוסים מורכבים	אירית שדה
92	התפתחות שעועית (2 תמונות)	אירית שדה
97	שושן צחור	Brenda (WM)
99	גרגרי אבקה (שושן וחמנית)	אלמוג בוקר
105	מלפפון מפרח לפרי	remf.dartmouth.edu (WM)
105	הדרים מפרח לפרי	אירית שדה
108	אפרסק	Jack Dykinga, USDA ARS Image number K6084-1
109	הפצה על ידי הרוח (הרדוף)	אירית שדה
109	פירות עסיסיים	אירית שדה
110	מכנף נאה	אירית שדה
111	פרי של אספסת	אירית שדה
113	אבטיח ללא גרעינים	אירית שדה
114	חמצץ	אילנה אדר
122	שדה חיטה	איתמר גולן
124	עץ שקמה בת"א	אירית שדה
126	הדר בפריחה	אירית שדה
126	אקליפטוס	שילי דור-חיים
127	פירות סובטרופיים במרכול	אירית שדה
128	זני פלפלים	חן שיפרס
130	חיטת הבר	אבינעם דנין
130	סייפנים	(Carl Lewis (http://www.flicker.com/photos/carllewis/1199582316/sizes/1
132	אורז לבן וצהוב	http://www.goldenrice.org (WM)
135	עגורים בעמק החולה	מירי ברומר
137	רשתות צבעוניות	מירון סופר, מו"פ גילת

1. תמונות שמקורן לא צוין צולמו על ידי רות אמיר. עשינו כל מאמץ לאתר את כל בעלי הזכויות של התמונות ואם חלה טעות נשמח לתקנה.
2. (WM) - התמונה נלקחה מ-Wikimedia Commons וניתנת לשימוש חופשי תוך ציון שם הצלם.

54, 49, 48	- וגטטיבית	80
31	- זוויגית	92, 80, 79, 16
95	- זוויגית ואל-זוויגית, יתרונות וחסרונות	114
113, 112	רבייה מינית ראו: רבייה זוויגית	
108	רוכב	90
104, 27, 26	רמות ארגון	55
83, 14	- בצמח	52
93, 92, 16	רפרודוקטיבי, שלב	92, 16, 8
98	רקמות	
98	- בצמח	48
96	- הובלה	20
105, 16	- תמיכה	20
104	רקמת (אזור) ניתוק	62
107		
105	ש	
109	שומנים	28, 18
94	שונות גנטית	128
93	שורשים	20, 13, 12, 11
95	- אוגרים	13
96	- היצמדות	13
	שורשון	35, 26, 16
	שחלה	98, 97, 16
98	שיפה	60, 48, 14
80, 79	שלב וגטטיבי	123, 47, 8
112	שלב רפרודוקטיבי	123, 96, 92, 16, 8
108, 107	- גורמים משפיעים על	93
98, 97	שלוחה/שלוחות	81
94	שלטון קדקודי	72, 65
94	שלכת	62, 61
	שריפה ונביטה	40
104		
73, 58	ת	
134, 133	תא ביצה	103, 98
122, 7	תאורה מלאכותית	96, 67
	תאי רבייה	16
	- זכריים	103, 102
92, 64, 47	תגובת הצמח	
20	- למגע	73
70	- לשמש	74
37	- למזיקים	74
12	תזונה צמחונית	18
104, 42, 34, 26, 17	תיירות וחקלאות	136
29	תנועה בצמחים	72
15	תפיחה (של זרע)	35, 34
42	תקשורת בצמחים	74
	תרבות רקמה	123, 88, 85
	- יתרונות וחסרונות	89
61, 9, 8	תרדמה	38
79	- בזרעים	33, 31, 30
80, 79	- בזרעים, יתרונות וחסרונות	31
85	תרופה מצמחים	21
84		
	פיוניות	
	פיזור בזמן ובמרחב	
	פיטוכרם	
	פירות ללא זרעים	
	פירות קלימקטריים	
	פסיג'ים	
	פקעת	
	פרח/ים	
	- דר-זוויגיים	
	- חד-זוויגיים	
	- מבנה	
	פרי/פירות	
	- גדילה	
	- הבשלה	
	- התפתחות	
	- עסיסי	
	פריחה	
	- השפעת הורמונים	
	- השפעת טמפרטורה	
	- השפעת תאורה מלאכותית	
	צ	
	צופנים	
	צורת רבייה	
	- יתרונות וחסרונות	
	ציפה	
	צלקת	
	צמחי יום ארוך	
	צמחי יום קצר	
	צמחים	
	- בעלי זרעים	
	- טורפים	
	- מהונדסים	
	- שימושים	
	ק	
	קדקוד צמיחה	
	קוטיקולה	
	קומפוסט	
	קליטת חמצן בבטיה	
	קליטת מים ומינרלים	
	קליפת הזרע	
	- ועיכוב נביטה	
	קנוקנות	
	קרקע, אוורור	
	ר	
	רב־ שנת, צמח	
	רבייה	
	- אל-זוויגית	
	- אל-זוויגית, בחקלאות	
	- אל-זוויגית, יתרונות וחסרונות	

