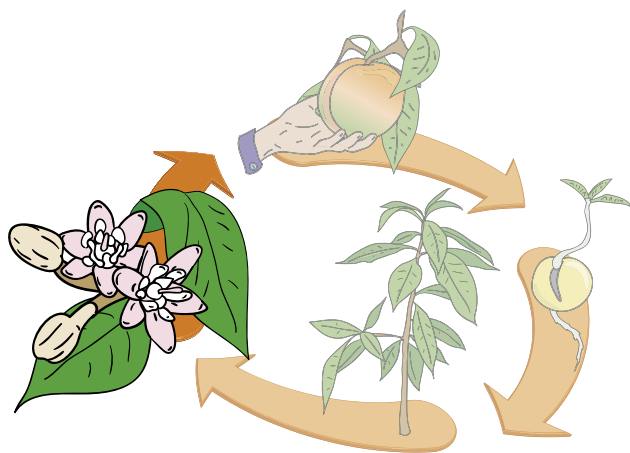




ד רבייה: ממעטים לרבים

מבוא

הרבייה, מאפשרת את המשך קיומם של **המינים** (species) על פני כדור הארץ, והיא מאפיין של חיי כל האורגניזמים ובהם הצמחים.

בטבע מוכרות שתי צורות רבייה: רבייה **אל-זוויגית** (רבייה אל-מינית) ורבייה **זוויגית** (רבייה מינית).

הרבייה האל-זוויגית קדמה לרבייה הזוויגית מבחינה אבולוציונית ומתקיימת בחיידקים, בפטריות בצמחים ובמיני בעלי-חיים פשוטים. רבייה זוויגית מורכבת יותר מרבייה אל-זוויגית ומתקיימת במינים **אוקריוטים** (שתאיהם בעלי גרעין תא): פטריות, צמחים ובעלי-חיים. יש מינים המתרבים בשתי צורות הרבייה - זוויגית ואל-זוויגית.

שתי צורות הרבייה נבדלות זו מזו במספר הפרטים התורמים למידע התורשתי (הגנטי) של הפרט החדש.

1.1 דרכים לרבייה אל־זוויגית

ישנן דרכים אחדות שבהן מתפתח צמח חדש מאיברים שונים של צמח בוגר. כולן מבוססות על יכולתו של הצמח לפתח איברים חדשים מאיברים קיימים, כמו עלים, גבעולים ושורשים. התהליך התאי שעליו מבוססת רבייה אל־זוויגית הוא חלוקת תא בדרך של **מיטוזה**.

על מושגים: מיטוזה

מיטוזה היא חלוקה של גרעין התא שחלה לאחר הכפלת החומר התורשתי. בסוף המיטוזה מתקבלים מגרעין אחד שני גרעינים, שמערכת הכרומוזומים שבכל אחד מהם זהה לזו שבאחר וזהה לזו שהייתה בגרעין שממנו נוצרו. בדרך כלל לאחר חלוקת הגרעין גם התא עצמו מתחלק. תוצאת החלוקה היא שני תאי בת הזחים במטענם התורשתי.

קשר לתא:

איטולה.

רבייה אל־זוויגית באמצעות איברים על־קרקעיים

שלוחות

במינים שונים של צמחים ניתן למצוא **שלוחות** שהם גבעולים אופקיים, עם פרקים ארוכים ודקים יחסית, הצומחים במקביל לפני הקרקע (בדרך כלל מעל הקרקע, אך ייתכנו גם שלוחות תת־קרקעיות). גבעולים אלו מצמיחים מהניצנים שבמפרקים ענפים נושאי עלים כלפי מעלה ושורשים כלפי מטה. הענפים עם מערכת השורשים הנוצרים לאורך השלוחה מתפתחים לצמחים חדשים (איור ד-2), היכולים להפוך לצמחים עצמאיים לחלוטין כאשר יינתקו אותם מצמח האם. דוגמאות לצמחים המתרבים באמצעות שלוחות: *תות שדה*, *יבלית (דשא)*, *יִרְקָה*.



איור ד-2: שלוחות של יבלית (דשא); שלוחות של יִרְקָה

הנצה

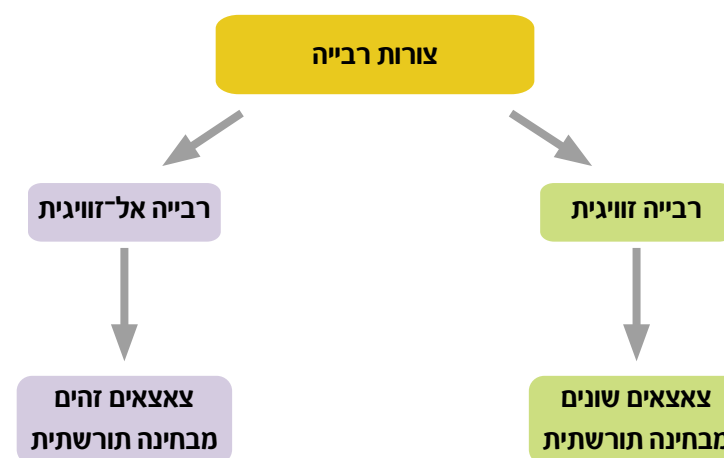
במינים מסוימים מתפתח צמח שלם מניצן המתנתק מצמח האם. אם הניצן מגיע לקרקע ומשתרש, הוא עשוי להתפתח לצמח שלם. יש מינים, כמו *הניצנית* (איור ד-3), שבהם הניצנים מתפתחים בשולי העלה ונושרים ממנו לקרקע.



איור ד-3: הנצה – עלה של ניצנית עם ניצנים בשוליו. שימו לב לשורשים שהתפתחו בחלק מהניצנים

ברבייה אל־זוויגית המידע התורשתי של פרט חדש מקורו מהורה אחד; לעומת זאת ברבייה זוויגית המידע התורשתי של הצאצא, מקורו בדרך כלל, משני הורים. ולכן:

כל הצאצאים ברבייה אל־זוויגית זהים מבחינת המידע התורשתי להורה שממנו התקבלו, והם גם זהים זה לזה. לעומת זאת ברבייה זוויגית "מתערבב" מידע תורשתי משני מקורות שונים, ולכן מתקבלים בצאצאים צירופים חדשים וייחודיים של מידע תורשתי, וכתוצאה מכך הצאצאים שונים זה מזה (חוץ מתאומים זהים) ושונים מהוריהם (איור ד-1).



איור ד-1: צורות רבייה וצאצאים

1. רבייה אל־זוויגית (וגטטיבית) – מאחד לרבים

רבייה אל־זוויגית נפוצה בצמחים ומתקיימת בהם לרוב לצד רבייה זוויגית. רבייה אל־זוויגית בצמחי זרע נקראת גם **רבייה וגטטיבית** משום שתאים, רקמות או איברים שונים של הצמח, שאינם מעורבים ברבייה זוויגית, משמשים מקור לצמח חדש.

רבייה אל־זוויגית אפשרית הודות ליכולת ההתחדשות של הצמח וליכולת הצימוח של איברי הצמח. יכולת ההתחדשות של הצמח קיימת בעיקר הודות לשתי תכונות אלו:

- ◆ בכל אחד מתאי הצמח קיים כל המידע התורשתי הדרוש לבנייה של צמח שלם.
- ◆ תא בוגר שכבר עבר **התמיינות** יכול לחזור ולהיות בעל כושר להתחלק ולהתמין לסוגים שונים של תאים.

רבייה אל־זוויגית מתרחשת באופן טבעי ובדרכים שונות. האדם מנצל דרכים אלה ליישומים חשובים ומועילים של צורת רבייה זו.

קשר לתא:

התמיינות תאים.

רבייה אל־זוויגית באמצעות איברים תת־קרקעיים

פקעות ובצלים

יש צמחים **רב־שנתיים** שיש להם איברי אגירה מעובים, תת־קרקעיים - **בצל** או **פקעת**. צמחים בעלי איבר אגירה שכזה נקראים **גיאופיטים** (גיאו - קרקע, פיטה - צמח). הגיאופיטים בארץ כדוגמת *המצב* פורחים ומצמיחים עלים בסתיו ובחורף, ואילו בקיץ חלקיהם העל־קרקעיים נובלים ונושרים והם נמצאים בתרדמה.

פקעת היא גבעול קצר ומעובה עם ניצני התחדשות. הפקעת משמשת כאיבר אגירה תת־קרקעי שממנו צומחים שורשים, עלים וגבעולים. מהפקעת הקיימת יכולות להתפתח פקעות נוספות הנשארות צמודות לפקעת ה"אם" או שהן ניתקות ממנה. בטבע הרקפת מתרבה מזרעים, אך אפשר להרבותה גם על ידי חיתוך הפקעת לכמה חלקים שבכל אחד ניצני התחדשות. בכלנית ובסתונית נוצרות פקעיות מהניצנים החיקיים של פקעת האם. הפקעיות ניתקות מהפקעת ויכולות להתפתח לצמח חדש בצמוד לפקעת האם.



חצב פורח בתחילת הסתיו



רקפת עם פקעת
(איור מתוך ספר בוטני עתיק)



רקפת



סתונית

עוד על:
גיאופיטים - כססיל
3lc.



איור ד-5: מאחד יוצאים שניים:
בצל ולצידו שני בצלצלים
צעירים (חבצלת)

בצל הוא גבעול קצר ומעובה שהעלים סביבו בשרניים ומאורגנים בצפיפות. הגבעול המעובה והעלים הבשרניים סביבו משמשים כאיבר אגירה. בחיק העלים הבשרניים מצויים ניצנים אשר יכולים להתפתח לבצלים חדשים (בצלצלים). אם ינותקו הבצלצלים מצמח האם, הם יצמיחו שורשים ועלים ויתפתחו לצמחים בוגרים עצמאיים. דוגמאות לצמחים בעלי בצל: *בצל ירוק*, *נרקיס*, *חבצלת* (איור ד-5).

?? שאלה ד-1

- בעציץ שבו צמחה כלנית אדומה נמצאו בסיום העונה שלוש פקעות. האם ייתכן שהפרחים שיתפתחו מהפקעות בעונה הבאה יהיו בעלי צבע שונה? נמקו.
- בטבע בדרך כלל מופיעות *רקפות* ו*כלניות* בקבוצות צפופות ("כתמים"). הציעו הסבר לתופעה זו.

חוטרים

חוטרים הם ענפים המתפתחים מבסיס הנצר ויכולים להתפתח לצמח עצמאי חדש, אם ינותקו מצמח האם. דוגמאות לצמחים המתרבים על ידי חוטרים: *בננה*, *עצי תמר* (איור ד-4).

מגדלי התמרים נוהגים לנתק **חוטרים** מעצי *תמר* נבחרים, לשתול אותם במטעי *התמרים*, וכך לגדל עוד עצים בעלי תכונות רצויות. כדי לזרז את התפתחות השורשים של החוטר לקראת ניתוקו מעץ *התמר* הבוגר קושרים מסביב לבסיס החוטר שק המכיל נסורת לחה, או מצע לח אחר.

גם מגדלי *היתים* מרבים את העץ בשיטה זו. כאשר הם מזהים עץ המניב פירות טובים במיוחד, הם מנתקים את החוטרים הגדלים בבסיס העץ ושותלים אותם כדי שיגדלו לעצים.

צמח *הבננה* מניב פרי רק פעם אחת במשך חייו, ולאחר מכן החלק העל־קרקעי מתנוון ומת. לפני מותו צומחים מבסיס צמח האם חוטרים שעשויים להתפתח בהמשך לצמחי בננה בוגרים. היום דרך הריבוי העיקרית של צמח הבננה היא באמצעות תרבית רקמה, עליה תלמדו בהמשך הפרק.



איור ד-4: עץ תמר עם חוטרים צעירים מוכנים לניתוק

עלים וענפים

עלים וגבעולים שנשרו עשויים להיקלט בקרקע, לצמוח ולהתפתח לצמח חדש. למשל: הגבעולים השטוחים והירוקים, דמויי "עלים", של צמחי *צבר* הנושרים לקרקע יכולים להצמיח שורשים ולהתפתח לצמחים חדשים ועצמאיים.

גם ענפים שניתקו מצמח האם יכולים להתפתח לצמח שלם. לדוגמה, ענפים של עצי *ערבה* ו*אשל* הצומחים על יד נחל, ואשר ניתקו מצמח האם, נסחפים בזרם המים ובהגיעם לגדה, עשויים להיאחז בקרקע לפתח שורשים ומתקבלים עצים חדשים ועצמאיים.



צמח חדש שהתפתח מעלה שנשר לקרקע. שימו לב ליונקות שעל השורשים

2.12 יתרונות וחסרונות של רבייה אל־זוויגית

לרבייה אל־זוויגית יש יתרונות וחסרונות.

- היתרונות העיקריים של הרבייה האל־זוויגית הם שניים:
- ♦ אין צורך בשותפים לתהליך (פרטים אחרים) או מאביקים שיעבירו את גרגרי האבקה מצמח לצמח.
- ♦ המידע התורשתי (הגנטי) של הצאצאים זהה לזה של ההורה.



מהו היתרון של הזהות להורה במידע התורשתי?

היתרון של הזהות של **המידע התורשתי** הוא בכך שאם צמח האם מותאם לתנאים שבסביבתו, גם הצאצאים, הזהים לו, מותאמים לתנאים אלה ויש להם סיכוי טוב לשרוד בסביבה זו.

אולם חשוב לשים לב, שיתרון זה עשוי להיות חסרון, כאשר חל שינוי בתנאי הסביבה. האסון שהתרחש באירלנד במאה ה־19 ממחיש היטב מקרה כזה.

בעין חקלאית: מה לתפוחי אדמה ולהגירה לארה"ב באמצע המאה ה־19?

במאה ה־19 גידלו חקלאים רבים באירלנד *תפוחי אדמה*.

תפוח האדמה הובא לאירופה מדרום אמריקה במאה ה־16 ובמהלך הזמן הפך לגידול חקלאי חשוב באירופה בכלל ובאירלנד בפרט. *תפוח האדמה* היה מרכיב חשוב במזון, שכן הוא מהווה מקור אנרגיה, וכמו כן קל מאוד לגדל אותו. בזכות *תפוח האדמה* גדלה האוכלוסייה החקלאית באירלנד. מדי שנה היו החקלאים מוציאים מהקרקע פקעות של *תפוחי האדמה*, אך משאירים מקצת הפקעות לשנה הבאה. הפקעות שהושארו בקרקע היוו את הבסיס ליבול הפקעות של השנה הבאה.

ב־1845 התפשטה בכל אירופה מחלה שהגורם לה היה פטרייה מסוג כימשון. המחלה פגעה בפקעות *תפוחי האדמה* והפכה אותם לבלתי אכילים. שנה לאחר מכן הגיע הכימשון לאירלנד. יבולים רבים ירדו לטמיון ולתושבים לא נותר מה לאכול. יותר מחצי מיליון אנשים גוועו ברעב. מיליונים היגרו לארצות אחרות, רבים מהם לארצות הברית.



שאלה ד-2

- החקלאים באירלנד השאירו מקצת פקעות של *תפוחי האדמה* בקרקע. הסבירו את הסיבה לכך.
- האם המידע התורשתי של *תפוחי האדמה* בשנים שונות היה שונה או זהה? נמקו.

3.12 רבייה אל־זוויגית בחקלאות

הזהות התורשית של הצאצאים המתקבלים מרבייה אל־זוויגית מאפשרת לחקלאים לשמר תכונות רצויות במשך דורות. מסיבה זו חקלאים מעדיפים לעתים להשתמש בצורת רבייה זו גם בצמחים המסוגלים להתרבות ברבייה זוויגית. כאשר חקלאים מצליחים לטפח זן איכותי הם משתדלים להרבות אותו בדרך של רבייה אל־זוויגית כדי לשמור על התכונות התורשתיות שלו שיועברו מדור לדור ולא יתערבבו עם תכונות מזנים אחרים. דוגמה לגידול חקלאי שאותו מרבים ברבייה אל־זוויגית בשל איכותו הייחודית היא זני גפן אחדים, כמו *קברנה סובניון*, וכך נשמרות התכונות שלו מדור לדור.

כך נהוג גם לגבי צמחים שריבויים מזרעים קשה או בלתי אפשרי, למשל *בננה* שהיא חסרת זרעים, או זני ענבים ואבטיחים חסרי זרעים וצמחים דו־ביתיים, למשל *תמר* – צמח שאם מרבים אותו מזרעים מחצית מהעצים המתקבלים הם עצים זכריים שאינם נותנים פרי.

החקלאים מיישמים את הדרכים השונות של רבייה אל־זוויגית המתרחשות בטבע (שתוארו בסעיף 1.12) ובנוסף משתמשים גם ב**ייחורים** ובשיטות חדשניות שפותחו במשך השנים, כגון **תרבית רקמה**. מאחר שכמעט מכל איבר צמחי ניתן ליצור צמח חדש, השיטה הנבחרת תלויה בצמח עצמו וביעילות היישום החקלאי.

ייחורים

ייחור הוא חלק שנותק מהצמח ובתנאים מתאימים מצמיח שורשים, ענפים ועלים המתפתחים לצמח חדש. חלקי הצמח המתאימים להיות ייחורים יכולים להיות ענפים, עלים, שורשים – הכול בהתאם לסוג הצמח. ריבוי צמחים באמצעות ייחורים נעשה כבר במשך מאות שנים על ידי המגדלים, ורוב המידע על התנאים המתאימים להתפתחות ייחורים הצטבר בדרך של ניסוי וטעייה וגם באמצעות מחקר שיטתי.

בחקלאות ובגננות מרבים באמצעות ייחורים זיתים, עצי פרי, וצמחי גינה. בנוסף ליתרונות של רבייה אל־זוויגית שהוסברו בסעיף 2.12, הייחור גדל מהר יותר יחסית לצמח שהונבט באדמה ובדרך כלל יגיע לשלב הרפרודוקטיבי בזמן קצר יותר יחסית לצמח שגדל מזרע שנבט בקרקע.

מבחינים בין ייחורים מעוצים המשמשים בריבוי שיחים ועצים, כגון: ורדים ועצי פרי שונים, לבין ייחורים עשבוניים (לא מעוצים) המשמשים לריבוי צמחים עשבוניים כגון: *יהודי נודד*, *ביגוניה*, *פלרגוניום*. קיימים גם ייחורי עלים שבהם משמש העלה כחידת ריבוי והוא משתרש מהפטוטרת או מקצות העורקים או ממקומות פציעת העורקים למשל *סיגלית אפריקנית*.

הכנת ייחורים יכולה להיות תהליך פשוט למדי: גוזמים קטע מענף של צמח, שותלים בקרקע או שמים בכלי עם מים (איור ד-6), ולאחר שהתפתחו שורשים בקצה התחתון של הענף, אפשר לשתול אותו ולקבל צמח חדש.



סיגלית אפריקנית



איור ד-6: ייחור של פוטוס משתרש בכלי עם מים

עוד על:

3 מח דו־ביתית
- בסעיף 2.27,
הרחבה.

כושר ההתחדשות של הייחורים ויצירת שורשים מושפעים מגורמים פנימיים התלויים בצמח עצמו ומגורמים חיצוניים בסביבת הצמח. לא כל צמח ניתן להרבות בשיטת ריבוי זו, למשל את עץ האלוך לא ניתן להרבות מייחורים. בצמחים שאותם ניתן להרבות מייחורים, יכול המגדל להתערב בתהליכים ולהשפיע עליהם באמצעות שליטה על הגורמים הפנימיים והחיצוניים המשפיעים על ההשתרשות ועל המשך ההתפתחות של הייחור לצמח שלם.

גורמים פנימיים המשפיעים על התפתחות הייחור הם אלו:

- ◆ **סוג האיבר שממנו נלקח הייחור:** עלה, ענף, או פקעת. לעתים מאותו צמח אֵם ניתן ליצור ייחורי עלה וגם ייחורי ענף.
- ◆ **גיל האיבר:** הניסיון של המגדלים הראה שייחורים מענפים צעירים משתרשים ומתפתחים טוב יותר מייחורים שנלקחו מענפים בוגרים. ההבדל ביניהם נובע כנראה מכך שמלאי חומרי התשמורת וההורמונים שבייחור הצעיר גדול יותר מזה שבייחור שנלקח מענף בוגר.
- ◆ **מלאי החומרים שבייחור:** חומרים כמו פחמימות האגורים בתאי הייחור משמשים להפקת אנרגיה וכמקור לחומרי בנייה. בעת הגדילה וההתפתחות של הצמח החדש מהייחור מתבצעת בו חלוקת תאים נמרצת, חומרים מתפרקים ונבנים ומתבצע תהליך של **נשימה תאית**. סוכרים, חומצות אמינו ומינרלים מועברים מהמאגר שבתאי הייחור לאיברים המתפתחים. ייחור שאין בו מלאי מספיק של חומרים עלול לא להתפתח. בעצים המשרים את עליהם, כאשר אין עלים מבצעי פוטוסינתזה נוצרות פחות פחמימות. לכן יש חשיבות למועד ניתוק הייחור מצמח האם. המגדלים בוחרים ליצור ייחורים בתקופה בה מתחיל ליבלוב ונוצרות פחמימות בתהליך הפוטוסינתזה.
- ◆ **כמות ההורמונים השונים שבייחור:** בעצים המשרים את עליהם, ריכוז ההורמונים נמוך יותר בסתיו ובחורף ולכן, המגדלים בוחרים ליצור ייחורים מעצים אלו בעונת האביב, שבה ריכוז ההורמונים בצמח גדול יותר מאשר בחורף. **אוקסין** שנוצר בעלים מועבר לבסיס הייחור ומזרז שם יצירת שורשים.

גורמים חיצוניים/סביבתיים המשפיעים על התפתחות הייחור דומים, כמובן, לאלה המשפיעים על גידולו של כל צמח: כמות המים העומדת לרשותו, אורור הקרקע, הטמפרטורה, תנאי התאורה (ייחורים בעלי עלים זקוקים לאור לביצוע תהליך הפוטוסינתזה, ייחורים ללא עלים יכולים לפתח מערכת שורשים גם ללא אור, אך לאחר זמן מה יש להעבירם לאור), ושיעור הלחות באוויר המשפיעה על מידת הדיות של הצמח המתפתח. מקום החיתוך יכול להוות מוקד לכניסת גורמי מחלה.

בגידול צמחים ובכלל זה גידול ייחורים **בחממות**, בתוך עציצים ובמצעים מנותקים שבהם מגדלים צמחים בעציצים ובמיכלים, ללא מגע עם הקרקע, ניתן לבקר את התנאים הסביבתיים ולהתאימם לצמח: האור, לחות האוויר, כמות מי ההשקיה ותכיפותה וסוג המצע. בצמחים מסוימים ניתן לזרז את השרשת הייחורים על ידי טבילת בסיס הייחור בהורמון השרשה מסחרי שהוא תערובת של אוקסין וחומרי חיטוי. הצלחת ההשרשה מושפעת מריכוז האוקסין, משך זמן הטבילה באוקסין ובסוג הייחור.



ייחורים של תאנה

?? שאלה ד-3

לפני ההשרשה של ייחורים מומלץ להסיר את העלווה מהשליש התחתון של הייחור, ובמקרה שהייחור נלקח מעץ בעל עלים רבים, כדאי לדלל את מספר העלים. מדוע מסירים חלק מהעלים ומדוע מומלץ לא להוריד את כולם? הסבירו.

אשנה לאחקר ד-1: השפעת גורמים על השתרשות ייחורים



אבליה גדולת־פרחים

הצמח אבליה גדולת־פרחים (קונפטי) הוא שיח יפה שמגדלים בארץ למטרות נוי. ניתן להרבות את הצמח מזרעים, אך אחוז הנביטה שלהם נמוך, ולכן בדקו אפשרות לריבוי אל־זוויגי באמצעות ייחורים. החוקרים למדו מניסויים קודמים בצמחים אחרים, ששני גורמים עיקריים משפיעים על הצלחת הריבוי על ידי ייחורים: סוג הייחור (עשבוני, חצי מעוצה, מעוצה) וטבילתו באוקסין לפני שתילתו במצע גידול מתאים. החוקרים בדקו את השפעת שני הגורמים האלה על השתרשות הייחורים של הצמח.

בניסוי ראשון לקחו ייחורים מאזורים שונים בשיח (עשבוני, חצי מעוצה ומעוצה) טבלו את הבסיס באוקסין למשך זמן זהה ובדקו את אחוז ההשתרשות. הממצאים מוצגים בטבלה.

ניסוי 1: אחוז ההשתרשות של ייחורים מסוגים שונים

סוג הייחור	אחוז ההשתרשות
עשבוני	55
חצי מעוצה	10
מעוצה	5

א. הציגו את תוצאות הניסוי בדרך גרפית. נמקו את הדרך שבחרתם להצגת התוצאות.

ב. האם חשוב לבצע מספר חזרות לכל טיפול בניסוי? נמקו.

ג. מה ניתן להסיק מתוצאות הניסוי? הסבירו.

בניסוי שני בדקו החוקרים את השפעת משך ההשריה באוקסין על התפתחות ייחורים עשבוניים. את הייחורים חילקו לשתי קבוצות: בקבוצה א' הושרו הייחורים באוקסין למשך שעתיים. בקבוצה ב' הושרו הייחורים באוקסין למשך ארבע שעות. כל הייחורים גודלו בתנאים של צל המונע התעצות של הייחורים. להלן הממצאים מניסוי זה.

ניסוי 2: אחוז ההשתרשות של ייחורים עשבוניים שהושרו באוקסין

משך ההשריה בשעות	אחוז ההשתרשות
2	46
4	62

ד. האם משך הזמן של השרית הייחור באוקסין השפיע על אחוז ההשתרשות? נמקו בעזרת נתונים מהטבלה.

ה. מה לדעתכם יהיה אחוז ההשתרשות אם משך זמן ההשריה יהיה 8 שעות? נמקו.

ו. מדוע בחרו בייחורים עשבוניים לניסוי השני?

רביי בתרבות רקמה

בנוסף לדרכי הרבייה המבוססות על יכולת ההתחדשות הטבעית של חלקי הצמח, פותחה טכנולוגיה מתקדמת לרבייה אל-זוויגית - **תרבות רקמה**. רבייה בתרבות רקמה מבוססת על כושר ההתחדשות הטבעי של הצמח השלם ממקטעי רקמה זעירים, ואפילו מתאים בודדים, שאותם מגדלים על מצע גידול מלאכותי.

תרבות רקמה נעשית בתנאים מבוקרים במעבדה. לתרבות הרקמה משתמשים בקטע קטן מרקמה של איברים צעירים שעדיין לא עברה **התמיינות** אבל אפשר להשתמש גם בתאים מאיבר בוגר שתאיו כבר עברו התמיינות. תאים אלה חוזרים לפעול כתאים שעדיין לא התמיינו (תאים מריסטמטיים). הם מתחלקים ומתרבים ותוצרי חלוקות התאים מתפתחים לצמח שלם על רקמותיו ואיבריו השונים.

מעניין לדעת: התחדשות של איברים - לא רק בצמחים



היכולת לחדש רקמות ואיברים שנפגעו או נקטעו קיימת לא רק בצמחים. יש בעלי-חיים היכולים לגדל מחדש איברים: לטאה או שממית מסוגלות לגדל זנב חדש במקום זה שנקטע, סלמנדרה מסוגלת לגדל רגל אחרי קטיעה. לעומת זה, עופות ויונקים אינם יכולים לגדל מחדש איברים, אם כי העור שלנו משתקם ומתחדש אחרי פציעה או כוויה.

מצע הגידול בתרבות רקמה חייב לכלול את כל המרכיבים הנחוצים להתפתחות הצמח: סוכרוז, הרכב מאוזן של יסודות הדרושים בריכוזים גבוהים, כגון: חנקן, זרחן, אשלגן, מגנזיום וסידן, וכן יסודות הדרושים בריכוזים נמוכים, כגון: ברזל, מנגן, אבץ, בורון ועוד; חומצות אמיניות, ויטמינים והורמונים מווסתים צמיחה.

בשלב ראשון הגידול נעשה בכלים סגורים שבהם נשמרת לחות של 100% ותנאי הטמפרטורה והאור מבוקרים. בתנאים אלה התאים מתחילים להתחלק במהירות (איור ד-7).



איור ד-7: צמח מתפתח בתרבות רקמה

מצעי הגידול העשירים והתנאים במעבדות לתרבות רקמה מספקים תנאי גידול מיטביים לגידול צמחים, אך גם להתפתחות חיידקים ופטריית שנמצאים בכל מקום סביבנו וקצב התפתחותם גבוה הרבה יותר מזה של הרקמה הצמחית. לכן, חשוב ביותר לשמור על תנאים סטריליים במעבדה. אם לא יישמרו תנאים סטריליים, התרבות תזדה, ובמקום צמחים נקבל תרבות של פטריות וחיידקים! שמירה על תנאים סטריליים נעשית באמצעות סינון האוויר, חיטוי כלי העבודה, כלי הגידול ומצעי הגידול. העובדים מקפידים על תלבושת סטרילית ועל נוהלי עבודה המונעים זיהום של התרבויות. החומר הצמחי עצמו עובר לפני הכנת התרבות הליך חיטוי ארוך, המבטיח ניקיון מחיידקים ופטריית הנמצאים על הצמח ובתוכו. לעתים מוסיפים למצע הגידול חומרים אנטיביוטיים המונעים התפתחות חיידקים ופטריית.

לפי סוג הצמח נקבעת טכנולוגיית הרבייה. השיטה הרווחת ביותר היא יצירת צמח שלם מקטע של רקמה. באמצעות איזון הורמונלי ניתן לשלוט במידה רבה על התהליך. בשלבים הראשונים, של הרבייה, כאשר מעוניינים בחלוקות תאים ויצירת נצר ועלים, היחס בין ריכוזי ההורמונים **ציטוקינין ואוקסין** במצע הגידול הוא גבוה. בהמשך, כאשר מעוניינים בהיווצרות שורשים, משנים את היחס בין מווסתים הצמיחה ומגדילים את שיעור האוקסין.



איור ד-8: שתילי בנות שנוצרו בתרבות רקמה לפני העברתם למטע

בגמר גידולם במעבדה מעבירים את הצמחים הצעירים לחממה, ושם הם עוברים תהליך הסתגלות הדרגתי לתנאי החיים ש"מחוץ למבחנה" (איור ד-8). תהליך ההסתגלות הוא קריטי להישרדותם ולהצלחתם של צמחי התרבות בחממה, במטע או בשדה שאלהם יועברו.

יתרונות הרבייה בתרבות הרקמה לעומת רבייה וגטיבי בשיטות אחרות:

- ♦ היעדר מוחלט של מזיקים וגורמי מחלות בצמחים החדשים.
- ♦ האפשרות לייצר מספר רב של צמחים מצמח יחיד בעל תכונות הרצויות לחקלאי.
- ♦ אחידות בתכונות התורשתיות של הצמחים המתקבלים.
- ♦ ניתן לגדל צמחים בתרבות במשך כל השנה (ללא תלות בעונה).
- ♦ ניתן לתכנן את הרבייה והגידול ולספק את הצמחים במועד המבוקש ובכמות הרצויה.

החיסרון העיקרי של הרבייה בתרבות רקמה הוא העלות הכספית של הציוד ושל צוות העובדים המיומן: כדי לתפעל מעבדה לייצור תרבויות רקמה ולשמור על תנאים סטריליים יש צורך בציוד יקר. כמו כן השיטה מחייבת העסקת עובדים בעלי ידע רב בתחום ובעלי מיומנות גבוהה, זהירות ואחריות.

?? שאלה ד-4

הסבירו מדוע מתייחסים לתרבות רקמה כאל שיטת רבייה אל-זוויגית.

הרכבה

הרכבה היא שיטה שבה יוצרים צמח אחד משני צמחים בעלי תכונות רצויות. לצמח אחד פרי יפה, גדול, עסיסי וטעים, ווהצמח השני עמיד בפני גורמי מחלות בקרקע ומערכת שורשיו מאפשרת לו לגדול היטב גם בקרקעות שהצמח נושא הפירות המוצלחים אינו מתאים לגדול בהן. באמצעות הרכבה ניתן לקבל מפרט אחד או מפרטים אחדים, פרטים רבים בעלי תכונות רצויות. שיטה זו מקורה בסין והיא ידועה ומיושמת כבר אלפי שנים.

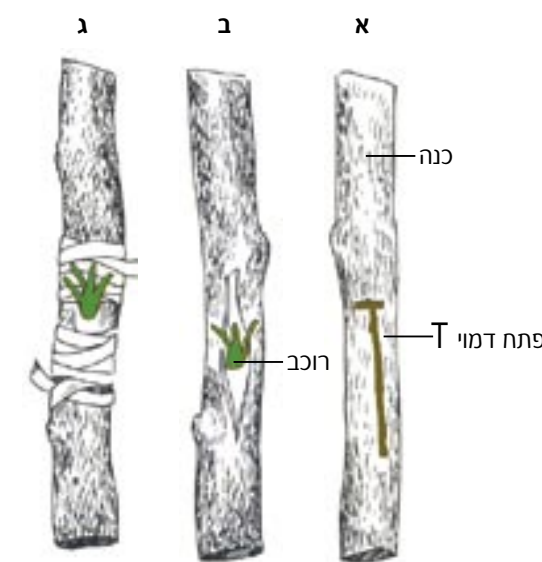
בשיטה זו מרכיבים קטע מצמח אחד על צמח אחר (הקרוב לו מבחינה גנטית) שכבר מושרש בקרקע. החלק המושרש בקרקע נקרא **כֶּנֶה**. החלק המורכב הוא קטע ענף בעל ניצנים הנלקח מצמח האם הרצוי ונקרא **רוכב** (איור ד-9). יש כמה שיטות לביצוע הרכבה, ולכל צמח מתאימה שיטה מסוימת. בכולן העיקרון זהה - יצירת מגע הדוק בין צינורות ההובלה של הכֶּנֶה לצינורות ההובלה של הרוכב.

בעקבות ההרכבה, רקמות הכנה והרוכב מתאחות, נוצרים ביניהם צינורות הובלה רציפים ושני הצמחים מתפקדים בהמשך כצמח שלם.

ככל שהקרבה הגנטית בין הכנה לרוכב גדולה יותר, כך גדלים סיכויי ההצלחה של החיבור. לרוב מבצעים את ההרכבה בין **זנים** מאותו **מין** (קרבה גנטית רבה מאוד) או בין מינים שונים מאותו **סוג** (קרבה גנטית מצומצמת יותר).

עוד על:
מכנה הצמח,
בפרק א'.

עוד על:
מינים ולנים, בפרק
ה'.



איור ד-9: דוגמה לתהליך ההרכבה: א. פתח דמוי האות T בכנה, ב. ניצן של הרוכב בתוך הפתח, ג. הכנה קשורה והרוכב בתוכה.

??
שאלה ד-5

למה חשוב הקשר ההדוק בין הרקמות וצינורות ההובלה של הרוכב והכנה?

רוב עצי הפרי במטעים והגפנים בכרמים הם צמחים מורכבים המשלבים את התכונות העדיפות של מערכת השורשים של הכנה עם התכונות העדיפות של הפרי של הרוכב. שיטת הריבוי באמצעות הרכבה היא שימושית גם לקיצור משך הזמן של החלפת זן בפרדס או במטע קיים. במקום לעקור את העצים הבוגרים ולשתול במקומם שתילים צעירים ניתן לגזום את העצים הבוגרים ולהרכיב על הגזע או על ענף מרכזי בוגר שלא נגזם, את הרוכב מהזן הרצוי. משך הזמן עד להתפתחות פרי יהיה קצר יותר.



איור ד-10: קטוסים מורכבים

היום נוהגים להרכיב גם צמחים חד-שנתיים ממשפחת הסולניים: **חציל ככנה** - **עגבנייה** ו**פלפל כרוכבים**, וגם ממשפחת הדלועים: **דלעת ככנה** - **מילון** ו**אבטיח כרוכבים**.

במשתלות של צמחי נוי מרכיבים גם קטוסים שונים ומשיגים שילוב של צבעים וצורות (איור ד-10).

מעניין לדעת: כנה אחת, כמה רוכבים

יש מגדלים המרכיבים על כנה אחת כמה רוכבים וכך מקבלים עץ שיש לו פירות שונים. עץ כזה מתאים בעיקר לגינות פרטיות ששטחן קטן יחסית. הדבר נפוץ בעצי הדורים: על כנה אחת ניתן לקבל פירות **תפוז**, **לימון**, **פומלה** ועוד ובעצי **תות** שבהם ניתן לקבל על כנה אחת גם תותי עץ אדומים וגם לבנים.

??
שאלה ד-6

- הרכבה משמשת להחלפת זנים במטע. הציעו שתי סיבות להחלפת זן.
- תפוז הורכב על כנת לימון.
 - איזה פירות יתפתחו על העץ? נמקו.
 - האם הפירות יהיו תוצר של רבייה זוויגית או של רבייה אל-זוויגית? נמקו.

22. רבייה זוויגית (מינית) - מְשַׁנִּים לרבים

קשר לתא:
מיוזה.

כפי שלמדנו בתחילת פרק זה, הצאצאים המתקבלים ברבייה אל-זוויגית מקורם בהורה אחד והם זהים מבחינה תורשתית זה לזה. לעומת זאת, ברבייה זוויגית מתלכדים שני תאי רבייה (תוצרי תהליך מיוזה) - תא רבייה זכרי מתלכד עם תא רבייה נקבי - בדרך כלל מהורה אחד או משני הורים ומתקבלים צאצאים שאינם זהים להורים ואינם זהים זה לזה. רבייה זוויגית מתקיימת ברוב האורגניזמים ובכלל זה גם בצמחים.

בצמחים חד-שנתיים וגם בצמחים רב-שנתיים, מתחיל מחזור החיים של הצמחים עם נביטת הזרע שממנו מתפתח הצמח הצעיר. כעבור זמן מתפתחים בצמח הפרחים המכילים את איברי הרבייה הזוויגית. באיברי הרבייה של הפרח מתרחשת מיוזה, מתפתחים תאי הרבייה, ושם חלה ההפריה. בעקבות ההפריה מתפתחים בצמח פירות ובתוכם הזרעים (איור ד-11). בכל זרע נמצא עוֹבֵר שהוא תחילתו של הדור הבא.



איור ד-11: מפרח לפרי (שעועית).

מימין לשמאל: צמח בוגר נושא פרחים; פרי צעיר (תרמיל שבתוכו זרעים); תרמיל פתוח עם זרעים בתוכו

עוד על: מיוזה

מיוזה היא חלוקה של גרעין תא שבו מערך של זוגות כרומוזומים הומולוגיים (2n). בסיום המיוזה מתקבלים ארבעה תאי רבייה שבגרעין התא של כל אחד מהם מערך יחיד (לא זוגי) של כרומוזומים (n). כל אחד מארבעת התאים נושא מידע תורשתי שונה.

1.22 לקראת רבייה: פריחה

בשלב של ראשית חייהם רוב מיני הצמחים, אינם יכולים להתרבות כלל. הרבייה הזוויגית, אם כן, היא אירוע מיוחד בחיי הצמח, וכדי שיוכל לצאת אל הפועל חייבים להתקיים תנאים מסוימים, המושפעים מגורמים פנימיים ומגורמים חיצוניים/סביבתיים.

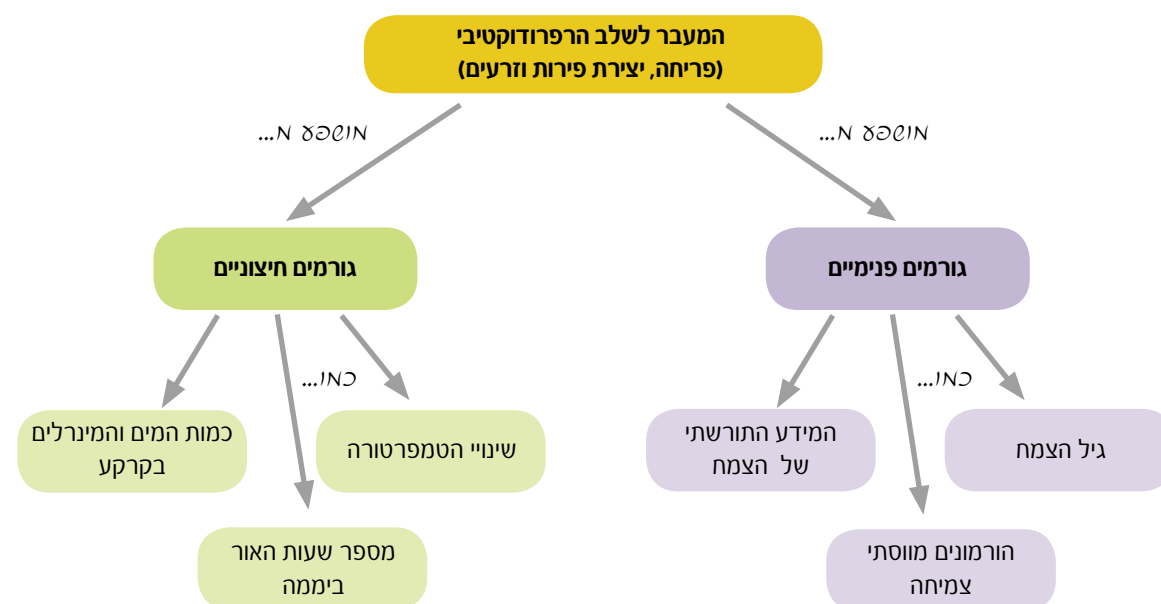
המעבר לשלב הרפרודוקטיבי, מתבטא בראש ובראשונה בהופעת איברי הרבייה - הפרחים. הפרחים מתפתחים מקדקוד הצמיחה שבקצה הגבעול או בחיקי עלים. בשלב הוגסטיבי מתפתחים קדקודי צמיחה אלה לענפים או לעלים, ואילו בשלב הרפרודוקטיבי, בעקבות גירויים מתאימים, אותם קדקודי צמיחה יתמיינו ויתפתחו לפרחים.

לכל צמח עונת פריחה האופיינית לו, והיא קבועה פחות או יותר, למשל: חצב פורח בסתיו, והשקד - בט"ו בשבט.

מהם הגורמים המכונים את המעבר לשלב הרבייה?

המעבר מהשלב הוגסטיבי לשלב הרפרודוקטיבי קשור בגורמים פנימיים ובגורמים חיצוניים (איור ד-12). הגורמים הפנימיים המשפיעים על מועד הפריחה הם אלו:

- ♦ המידע התורשתי של הצמח,
- ♦ גיל הצמח,
- ♦ פעילותם של הורמונים מווסתי צמיחה.



איור ד-12: מפת מושגים: הגורמים המשפיעים על המעבר לשלב הרפרודוקטיבי

המידע התורשתי של הצמח, קובע את מהלך ההתפתחות האופייני לו ובכלל זה את אורכה של התקופה במחזור חייו של הצמח שבה הוא גדל, אך אינו מתרבה כלל. אורכה של תקופה זו שונה במינים שונים: בצמחים חד-שנתיים הגדלים בעונת הגשמים, וגם בצמחי מדבר שמחזור חייהם נמשך חודש-חודשיים, תקופה זו היא קצרה מאוד ועשויה להימשך ימים אחדים בלבד. לעומתם בעצים רבים, וביניהם עצי הפרי, חולפות שנים אחדות לפני שהצמח מתרבה בפעם הראשונה. גם גודל איברי הצמח ומספר העלים שלו משפיעים על המעבר לשלב הרפרודוקטיבי.

התמיינות התאים היוצרים את הפרח מושפעת גם מפעילות של הורמונים. הגיברלין ידוע כהורמון חשוב בתהליכים המובילים לפריחה. רמתו עולה בצמחים רבים בשלבים הראשונים ליצירת הפרחים. גם אתילן משפיע על המעבר לפריחה בצמחים רבים.

הקשר בין אתילן לפריחה התגלה במקרה לאחר שעשן (משרפה) שחדר לחממת צמחי אגנס גרם להקדמת הפריחה של הצמחים. במחקר שבוצע עקב כך מצאו שהעשן הכיל גם אתילן והוא שגרם לפריחה המוקדמת.

עוד על:

גיברלין ואתילן, בפרק ט'.

?? שאלה ד-7

- הסבירו מדוע גודל איברי הצמח ומספר העלים שלו משפיעים על מועד הפריחה.
- האם פרחים הם מקור או מבלע? נמקו.

גורמים חיצוניים/סביבתיים חשובים המשפיעים על הפריחה הם האור והטמפרטורה. בצמחים רבים **האור** הוא הגורם העיקרי. מחקרים רבים הראו שצמחים מגיבים לשינויים במספר שעות האור ביממה - **אורך היום** - והם פורחים רק בצירוף מסוים של שעות אור ושעות חושך.

על מושגים: פוטופריודיזם ופוטופריודה

פוטופריודה: המחזוריות במהלך יממה של שעות אור/חושך בעונות השונות.

פוטופריודיזם: תגובה אופיינית של הצמח לשינויים במחזוריות שעות האור והחושך.

במחקרים שהתמקדו בגורמים לפריחה בצמחים התברר שגורם חשוב הקובע אם צמח יפרח או לא יפרח הוא הרצף של שעות החשכה, ולא דווקא מספר שעות האור.

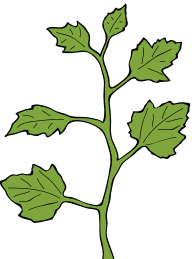
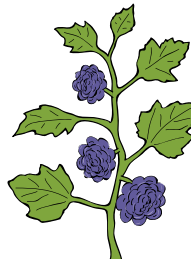
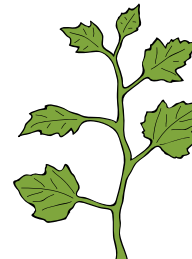
צמחי יום קצר, למשל: זנים מסוימים של *סויה*, זנים מסוימים של *טבק*, *תות-שדה*, *חמנייה* ו*חרציות*, הם צמחים הפורחים רק כאשר מספר שעות החשכה הרצופות גדול מערך סף (ערך קריטי) מסוים, בדרך כלל כ־14 שעות חושך. אם יופסק רצף שעות החשכה, ולו על ידי הבזק אור קצר, הצמח לא יפרח.

צמחי יום ארוך, למשל: *חרדל*, *כרוב*, רוב זני *החיטה* ו*השעורה*, *סלק* ו*צנונית*, יפרחו רק כאשר מספר שעות החשכה הרצופות קטן מערך מסוים, בדרך כלל קטן מעשר שעות.

צמחים הפורחים באביב מגיבים להתארכות הימים ולהתקצרות הלילות; צמחים הפורחים בסתיו מגיבים להתקצרות הימים ולהתארכות הלילות.

יש צמחים שתחילת פריחתם אינה תלויה במשך שעות ההארה, כמו: *עגבניה*, *כותנה* ו*כוסמת*.

את הקשר בין משטר ההארה לבין התפתחות פרחים ניתן לראות באיור ד-13.

רצף שעות אור □ ושעות חושך ■ ביממה			
הבזק אור 8 ■ 8 ■ 8	8 ■ 16	16 ■ 8	
			צמח א'
			צמח ב'

איור ד-13: הקשר בין מחזוריות שעות אור וחושך ופריחה בשני צמחים

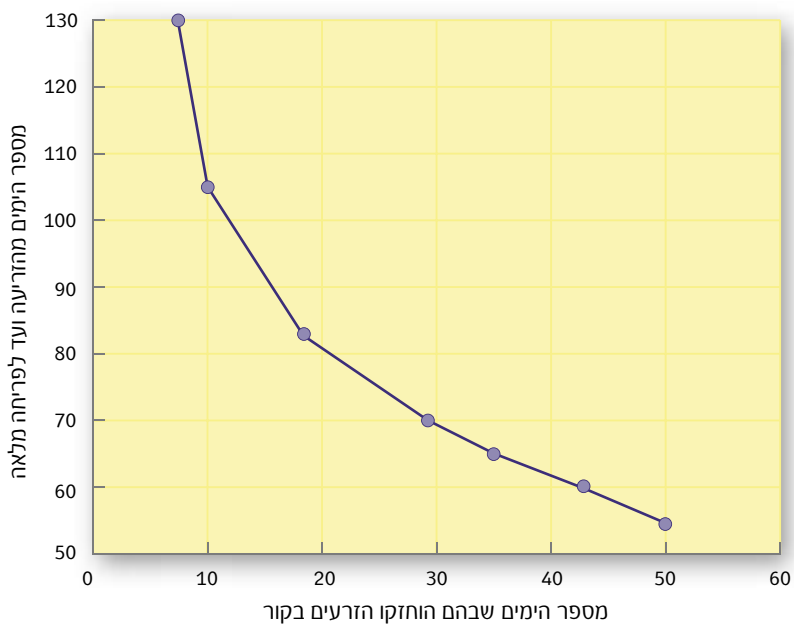
?? שאלה ד-8

מי מבין שני הצמחים באיור ד-13 הוא צמח יום קצר? הסבירו.

הרחבה: פיטוכרום ופריחה

העובדה שצמחים מגיבים לשינויים במספר שעות האור ביממה מעידה שיש בהם אמצעי להבחין בשינויים אלה. במחקרים נמצא שהאמצעי הזה הוא הפיגמנט **פיטוכרום** הקולט אור ומשתנה בעקבות כך. השינוי שחל בפיגמנט מניע תהליכים המביאים לפריחה. הפיגמנט פיטוכרום פעיל גם בתהליך הנביטה שבמינים מסויימים גם הוא מושפע מאוד (פרק ב).

יש צמחים שפריחתם אינה מושפעת ממספר שעות האור והחושך ביממה אלא מגורם סביבתי אחר, למשל הטמפרטורה. יש מיני צמחים שפורחים רק לאחר שנחשפו ברציפות ולמשך זמן מסוים לטמפרטורה נמוכה יחסית (2°C עד 10°C). במינים אלה חשיפה למשך זמן קצר מדי לטמפרטורה נמוכה, מונעת פריחה. עץ *דובדבן* לדוגמה, אינו פורח ברוב חלקי הארץ בגלל שמספר הימים שבהם הטמפרטורה נמוכה, קטן מדי.



איור ד-14: ההשפעה של משך החשיפה לטמפרטורה נמוכה של זרעי שיפון חורפי על הזמן החולף עד לפריחתם

?? שאלה ד-9

השאלה הבאה מתייחסת לאיור ד-14.

כמה ימים כדאי להשאיר את זרעי השיפון בטמפרטורה נמוכה כדי שמספר הימים מזריעה עד לפריחה מלאה יהיה כעבור 60 ימים? הסבירו כיצד קבעתם זאת.

בעין חקלאית: הכוונת מועד הפריחה על-ידי תאורה מלאכותית

הידע באשר לתפקיד האור והטמפרטורה בתהליך הפריחה מיושם בתחום הגידול המסחרי של צמחים רבים, ובעיקר גידול פרחי נוי. חקלאים מכוונים את מועד הפריחה בחממות על ידי ויסות מבוקר של מחזוריות שעות האור והחושך ביממה בעזרת **תאורה מלאכותית**. כך הם מבטיחים שמועד הפריחה יחול על פי דרישת השוק לפרחים בארץ ובעולם.

שליטה על עיתוי הפריחה מושג גם הודות לשליטה על הטמפרטורה בחממה ו/או על ידי חשיפה לקור. דוגמה להשפעת האור והטמפרטורה על מועד הפריחה היא גידול ורדים ליצוא. בתחילת שנות השישים של המאה ה-20 החלו לגדל בארץ ורדים בחורף כדי לייצא את הפרחים לאירופה. באירופה, הביקוש לפרחים הוא גדול בחודשי החורף (דצמבר - פברואר), שבהם חלים חג המולד ו"יום האהבה" (יום Valentine). בטבע בתקופת החורף רוב זני הורדים מצויים בתרדמה, והפריחה מתרחשת רק עם בוא האביב. הודות לשילוב של תנאי תאורה וטמפרטורה בחממה אפשר להקדים את הפריחה למועד הרצוי בחורף.

בנוסף לכך גיזום ענפים בקיץ מבטיח התפתחות של ענפים נושאי פרחים בחורף במועדים המבוקשים. טיפול בג'יברלין בצמחים מסוימים, יכול להחליף חלקית את השפעת הטמפרטורה או את השפעת מספר שעות האור. לכן מוסיפים המגדלים את ההורמון הזה לצמחים וכך הם מכוונים את הפריחה למועד הרצוי.

עוד על:

גיבוס וז'יברלין, בפרק 5.

2.2 מבנה הפרח

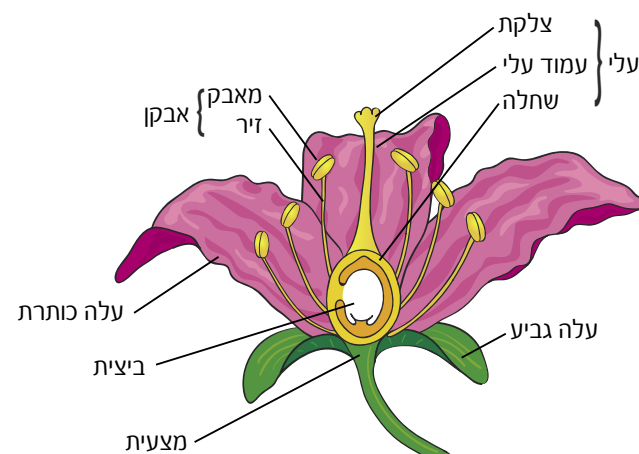
בפרחים המתפתחים עם תחילת **השלב הרפרודוקטיבי**, נמצאים איברי הרבייה הזכריים והנקביים של הצמח. כפי שצוין בפרק א', אין בנמצא פרח שאפשר לכונו "פרח טיפוס", כי כמעט ואין גבול לשוני בצורה ובמבנה של הפרחים (איור ד-15).

חלקי הפרח ערוכים בדרך כלל במעגלים:

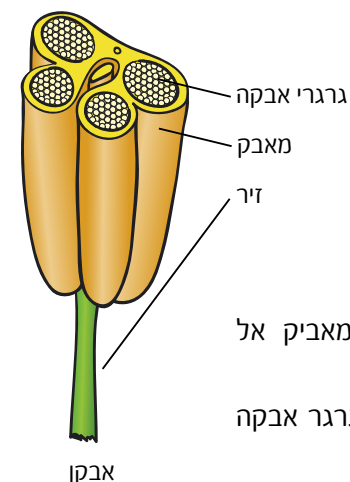
לרוב נמצא שני מעגלים של **עלי עטיף** - עלי גביע ועלי כותרת. **עלי הגביע** הם החיצוניים יותר ובדרך כלל צבעם ירוק. תפקידם העיקרי הוא להגן על חלקי הפרח האחרים, במיוחד בשלבים הראשונים של התפתחות ניצן הפרח. **עלי הכותרת** הם העלים הפנימיים יותר, והם בדרך כלל צבעוניים ומהווים אמצעי למשיכת בעלי-חיים, כמו חרקים וציפורים, המאביקים את הפרח.



איור ד-15: מגוון של צורות פרחים



איור ד-16: חתך אורך סכמטי בפרח



אבקן

יש מקרים שבהם לפרח יש רק מעגל אחד של עלי עטיף, למשל במצב. יש פרחים שאין להם עלי עטיף כלל, כמו פרחי *חרוב*. במינים רבים עלי העטיף של הפרחים מאוחים (מחוברים) והם נראים כגביע שלם ולא כעלי כותרת נפרדים. פנימה מעלי הכותרת, במרכז הפרח, נמצאים איברי הרבייה: **האבקנים והעלי** (איור ד-16).

איברי הרבייה הזכריים - האבקנים

כל אבקן בנוי מזיר שנושא עליו **מאבק** עם "שקי" אבקה (איור ד-16). בתוך המאבק חלה **מיזוה** ונוצרים **גרגרי אבקה** הפלואידים. מספר גרגרי האבקה הוא רב מאוד, והם מופצים בעזרת הרוח או בעזרת בעלי-חיים לפרחים אחרים.

גרגר האבקה הבשל מוקף בדופן רב-שכבתית. השכבה החיצונית קשה מאוד ולעיתים היא בעלת בליטות ושקעים האופייניים למין.

למבנה הדופן של גרגרי האבקה ולתכונותיה יש כמה תפקידים:

- ♦ הגנה על גרגר האבקה מפני התייבשות, קרינה ופגיעות מיכניות.
- ♦ הבליטות שבדופן מאפשרות היצמדות אל המאביק וגם השתחררות ממנו בהגיע המאביק אל הצלקת. כאשר ההאבקה היא על ידי רוח, הגרגרים הם חלקים וללא בליטות בדופן.
- ♦ הדופן של גרגרי האבקה נושאת אמצעי היכרות וזיהוי בין צלקת לבין גרגר האבקה כך שגרגר אבקה ינבט רק על צלקת של פרח מאותו מין (species).

מעניין לדעת: עוד על דופן גרגרי האבקה



על אף שהחיוניות של גרגרי האבקה נשמרת שעות אחדות או מספר ימים, העמידות הגבוהה של הדופן החיצונית שומרת על צורת גרגרי האבקה שנים רבות. במספר מקרים, גרגרי האבקה סייעו לפתור מעשי פשע כאשר זיהוי גרגרי האבקה והצמח ממנו הגיעו על בגדיו של החשוד, הוביל את החוקרים לזירת הפשע.

מגוון גרגרי אבקה שנשתמרו מתקופות קדומות כמאובנים בני כ-100 מיליון שנה מסייע בלימוד ההיסטוריה הביולוגית של כדור הארץ ובהכרת התנאים ששררו בו בעבר.



שושן צחור (שימו לב לגרגרי האבקה הצהובים שנפלו על עלי הכותרת)

איברי הרבייה הנקביים - העליים

העלי מורכב משלושה חלקים (איור ד-17):

- ♦ **צלקת** בחלקו העליון של העלי,
- ♦ **עמוד עלי** המקשר בין הצלקת לבין השחלה,
- ♦ **שחלה** חלולה בחלק התחתון של העלי.



היביסקוס (שימו לב לצלקת השעירה)

הצלקת - אזור רחב בראש עמוד העלי, היא במקרים רבים שעירה או דביקה ומשמשת לקליטת גרגרי האבקה. כאשר גרגר אבקה מגיע אל הצלקת של פרח מאותו מין (species) הוא נובט. הצלקת היא מקום נוח לנביטת גרגר האבקה, שכן מופרש ממנה נוזל עשיר בסוכרים, בחומצות אמיניות ובשמנים.

עמוד העלי - דרכו עוברים תאי הרבייה הזכריים אל השחלה. בשחלה נמצאות **ביציות**. מספר הביציות וסידורן בשחלה אופייני לכל מין צמח. בביציות מתרחשת מיזוג שבעקבותיה מתקבלים מספר תאים הפלואידים, שרק אחד מהם משמש כתא רבייה נקבי - **תא ביצה**. במהלך ההפריה, גרעין תא הביצה מתלכד עם גרעין של תא הרבייה הזכרי ומתקבלת **זיגוטה**.

בצמחים רבים נמצאים בפרח גם **צופנים**. הצופנים הם רקמות המפרישות נוזל מתוק וריחני המושך אל הפרח מאביקים הניזונים מהצוף. אפשר להתייחס לצוף

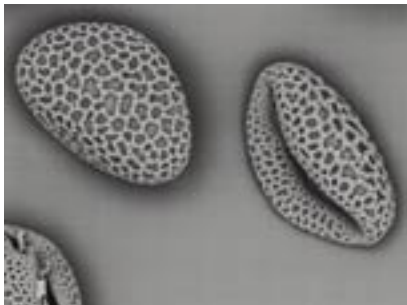
כאל "תגמול" של הצמח תמורת "שירותי האבקה" שנותנים לו מאביקיו.

בפרח דו־זוויגי שבו האבקנים והעלי נמצאים באותו פרח והם מבשילים באותו זמן, כל משב רוח קל גורם לגרגרי האבקה ליפול על הצלקת שבמרכז הפרח. לעתים קרובות ההאבקה מתרחשת בין שני פרחים שונים באותו פרט ולעתים בין שני פרטים שונים.

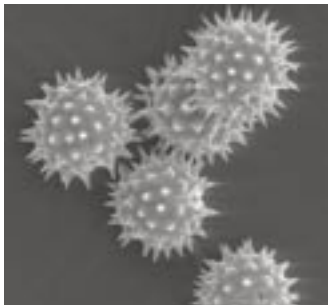
צמחים קבועים במקומם והעברת האבקה מפרח לפרח נעשית בשתי דרכים עיקריות: על ידי רוח ועל ידי בעלי־חיים (בעיקר חרקים וציפורים). על פי דרך ההאבקה נמצא התאמות שונות במבנה הפרח, בצבעו ובמבנה גרגרי האבקה (טבלה ד-1). התאמות כאלה הן דוגמה **להתאמות המבנה לתפקוד**.



האבקה על ידי בעלי־חיים



גרגרי אבקה מצמחים שונים (מוגדלים בערך פי מאה)



טבלה ד-1: התאמות להאבקה על ידי הרוח ועל ידי בעלי־חיים

מאפיין/תכונה	האבקה על־ידי רוח	האבקה על־ידי בעלי חיים
גודל הפרחים וצבעיהם	פרחים קטנים חסרי צבע	פרחים גדולים וצבעוניים או פרחים קטנים ערוכים בקבוצות (תפרחות)
מבנה הפרח	לעתים חסרים עלי כותרת. פרחים משתלשלים למטה כעגילים רפויים	דמוי צינור שבתחתיתו איברי הרבייה איברי רבייה חשופים בליטות שמכוונות את החדק
צופנים	אין	יש
ריח בפרחים	אין	יש
מבנה אבקנים	בולטים מתוך הפרח, גמישים	ערוכים בפרח כך שהאבקה תידבק לגוף החרק או לרגליו
מספר גרגרי אבקה	מספרם רב מאוד	מספרם רב אך קטן מזה שבפרחים המאובקים על ידי הרוח
מבנה של גרגרי האבקה	משקלם קל, שטח פניהם חלק, במחטניים (מחשופי הזרע) יש תוספות, כמו שקיות האוויר בגרגרי אבקה של אורן	גדולים וכבדים יחסית, בעלי תוספות כגון זיזים וקוצים
מבנה הצלקת	חשופה, בעלת שטח קליטה רחב ודביק, מסועפת	בעלת משטח קליטה קטן יחסית ודביק

הרחבה: בית אחד או יותר?



לפרחים של רוב מיני הצמחים יש גם אבקנים וגם עלי. פרחים כאלה הם **דו־זוויגיים** (דו־מיניים) - מכילים איברי רבייה נקביים ואיברי רבייה זכריים באותו הפרח. יש מיני צמחים שבפרחים שלהם יש עלי בלבד או אבקנים בלבד. פרחים אלה מכונים **חד־זוויגיים** (חד־מיניים). צמחים שפרחיהם חד־זוויגיים, אך הם נמצאים יחד על אותו פרט (לדוגמה, *תירס*) הם צמחים **חד־ביתיים**. צמחים שפרחיהם חד־זוויגיים והם נמצאים על פרטים שונים, יש להם שני "בתים", כלומר הם **דו־ביתיים**, לדוגמה: *חרוב*, *תמר*, *תות עץ* ו*אלון*.



חרוב: עץ נקבי עם פירות

3.2.2 הַאֲבָקָה

כדי שיתפתח צאצא, בדומה ליצירת צאצא אצל בעלי־החיים, יש צורך בהתלכדות תא רבייה זכרי (גמטה זכרית) המצוי בגרגר האבקה עם תא רבייה נקבי (גמטה נקבית) המצוי בביצית בתוך השחלה. תאי הרבייה הם הפלואידים (n) ובכל אחד מהם יש עותק יחיד של החומר התורשתי. בצמחים קודם להתלכדות תאי הרבייה צריכה להתרחש **האבקה**, כלומר מעבר של גרגרי האבקה אל הצלקת.

קשר לתא:

הפלאיד ודיפלואיד.



איור ד-17: שנית גדולה: גודל שונה של אבקנים ועלי

צורת הפרדה נוספת במיקום קיימת בצמחים שבהם האבקנים והעלי אמנם נמצאים באותו פרח, אך הם "רחוקים" זה מזה. בצמח שנית גדולה יש פרחים שבהם האבקנים קצרים מהעלי ויש פרחים שבהם האבקנים ארוכים מהעלי (איור ד-17). האבקה פורייה תתאפשר רק אם גרגרי אבקה מאבקן קצר יפלו על צלקת קצרה ולהיפך.

ב. הפרדה במועד הבשלת האבקנים והצלקת

ההפרדה בזמן פירושה שהבשלה של האבקנים ושל העלי אינה חלה באותו זמן בדיוק. האבקנים מבשילים קודם להבשלת הצלקת או להיפך, וכך נמנעת האבקה עצמית וגובר הסיכוי להאבקה זרה. הבשלה מוקדמת של אבקנים מוכרת, למשל, בפרחים ממשפחות השפתניים והמורכבים.

ג. אי התאם עצמי

"אי התאם עצמי" מתבטא בכך שגרגרי אבקה של אותו פרט לא יכולים כלל לנבט על הצלקת "שלהם", כלומר יש כאן דחייה של ה"עצמי" וקבלה של הלא-עצמי. המנגנון המונע נביטה של גרגר האבקה או את המשך ההתפתחות של הנחשון הוא תורשתי ומבוסס על הכרות בין עצמי לבין לא-עצמי.

?? שאלה ד-10

- מהו היתרון בקיומן של שתי דרכי האבקה באותו צמח?
- הסבירו יתרון אחד וחיסרון אחד של מנגנון למניעת האבקה עצמית.

בעין חקלאית: החשיבות של "שירותי האבקה"

רבים מיבולי הפירות תלויים בהאבקה על ידי חרקים וציפורים. כלכלנים בארה"ב העריכו את ערכם של "שירותי ההאבקה" הניתנים לחקלאים על ידי חרקים וציפורים בסכום של יותר מ-4 מיליארד דולר (4,000,000,000) בשנה!

ההאבקה חיונית לקבלת הזרעים והפירות, ולכן החקלאים נוקטים בשיטות המגדילות את הסיכוי להאבקה, העיקריות שבהן:

♦ **תוספת מאביקים:** החקלאים משלמים לדבוראים (כוורנים) כדי שאלו יניחו את הכוורות שלהם בקרבת הגידולים הנזקקים ל"שירותי האבקה". יש חברות המשווקות כוורות לחממות, שכן חממה הסגורה נגד פגיעת מזיקים מונעת גם ביקורים של מאביקים ידידותיים. כוורות של **דבורת הבומבוס** מוצבות גם במטעים (למשל אבוקדו) ונמצא שהן מעלות את שיעור ההאבקה ואת כמות הפירות המתקבלים.

מעניין לדעת: קדחת השחת



אנשים רבים סובלים בעונת הפריחה באביב מתופעה המכונה "קדחת השחת". הם מרבים להתעטש ועיניהם דומעות. בדרך כלל, זוהי תגובה אלרגית לחלבונים המשתחררים מגרגרי אבקה כאשר אלה באים במגע עם לחות. מוכרות תגובות אלרגיות לגרגרי אבקה של *זית*, *אורן*, *יבליה* וצמחים נוספים המשחררים גרגרי אבקה רבים לאוויר.

לא כל גרגר אבקה שמגיע אל הצלקת נובט עליה ומפרה את הביציות שבשחלה. בראש ובראשונה לא ינבטו על צלקת של צמח מסוים גרגרי אבקה של מיני צמחים אחרים שעפו ברוח או הגיעו אל הצלקת במקרה באמצעות חרק או ציפור. מתופעה זו משתמע שיש בצמח מנגנון היכרות ורק גרגרי אבקה של אותו מין (species) מצליחים לנבט. אם גרגרי האבקה הנובטים על הצלקת הם מאותו הפרח או מפרח אחר באותו הפרט (בצמח חד-ביתי) זוהי **האבקה עצמית**; אם גרגרי האבקה הגיעו מפרט אחר מאותו המין (species) זוהי **האבקה זרה** (הדדית). במיני צמחים רבים נמצא שמתקיימת גם האבקה זרה וגם האבקה עצמית.

להאבקה עצמית יש יתרון במינים שבהם הסיכוי להאבקה זרה קטן, למשל כאשר המרחק בין הפרטים גדול מאוד. חשוב לדעת שגם בהאבקה עצמית הצאצאים אינם זהים להוריהם, משום שבתהליך יצירת תאי הרבייה חלה מיוזה, תאי הרבייה הנוצרים שונים אלה מאלה במידע התורשתי שלהם, והתלכדותם היא רבייה זוויגית לכל דבר. יחד עם זאת, בצמחים רבים מוצאים מנגנונים מיוחדים המקטינים את הסיכוי להאבקה עצמית ובמקרים קיצוניים אף מונעים אותה לחלוטין.



אילו נמנעת האבקה עצמית או מוקטן הסיכוי להאבקה עצמית?

באופן עקרוני אפשר לסווג את המנגנונים למניעת האבקה עצמית לשלוש קבוצות:

א. הפרדה במיקום של איברי הרבייה הנקביים והזכריים
הפרדה במיקום מושגת באופנים הבאים: בפרחים חד-זוויגים כל פרח מכיל רק איברי זוויג מטיפוס אחד - או אבקנים או עלים. בצמחים דו-ביתיים הפרחים נמצאים על פרטים שונים (לדוגמה *תמר*, *חרוב*).



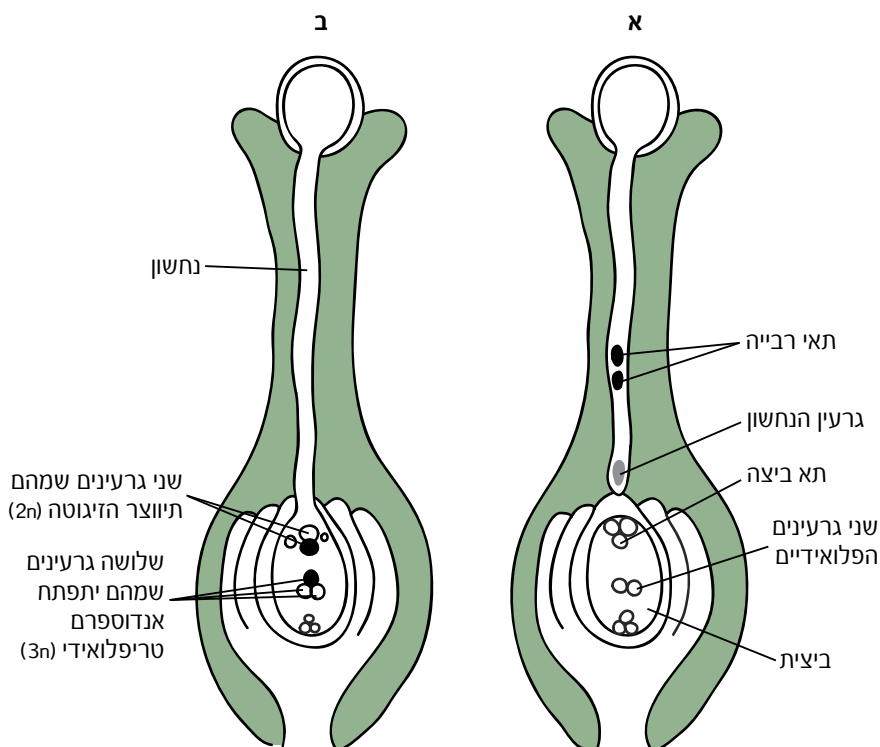
תפרחת זכרית של חרוב צריך (שימו לב שלפרחים אין עלי כותרת)

4.2.2 הפריה

בדומה לרבייה זוויגית בבעלי־חיים, גם **בהפריה** של צמחים מתלכדים שני תאי רבייה שונים ונוצרת **זיגוטה** דיפלואידית שממנה יתפתח העובר. אך בצמחים מכוסי זרע תהליך ההפריה מורכב מעט יותר.

ההפריה מתרחשת בתוך הביצית שבשחלה של הפרח.

בהפריה משתתפים שני תאי הרבייה הזכריים (הגמטות) שהגיעו בתוך הנחשון דרך עמוד העלי (איור ד-19). בהפריה גרעין של אחד מתאי הרבייה הזכריים מתלכד עם הגרעין של תא הרבייה הנקבי - **תא הביצה** - ונוצרת זיגוטה דיפלואידית (2n) שממנה יתפתח העובר (איור ד-19).



איור ד-19: הפריה כפולה בצמחים מכוסי זרע. א. הנחשון גדל לכיוון הביצית; ב. ההפריה

הגרעין של תא הרבייה הזכרי השני מתלכד עם שני גרעינים הפלואידיים שבביצית וכך נוצר התא הראשון של **האנדוספרם** עם גרעין טריפלואידי (בעל שלושה מערכים של כרומוזומים 3n). תא זה מתחלק במיטוזה ומתפתחת רקמה שבה נאגרים **חומרי התשמורת** שישימושו להזנת העובר במהלך התפתחות הזרע ולהזנת הנבט בראשית התפתחותו.

תהליך הפריה זה שבו משתתפים שני תאי רבייה זכריים נקרא **הפריה כפולה**. הפריה כפולה מתקיימת רק בצמחים מכוסי־זרע.

מהביצית המופרית מתפתח, אם כן, הזרע על כל חלקיו: העובר והאנדוספרם. בדרך זו שני ההורים תורמים ליצירת העובר וגם ליצירת חומרי התשמורת/האנדוספרם. העטיפות של הביצית תתפתחנה לקליפות הזרע המגינות על העובר המתפתח, עד שימצאו תנאים נוחים לנביטתו.

לאחר ההפריה נובלים האבקנים, הצלקת ועמוד העלי. בצמחים רבים גם עטיף הפרח נובל ונושר. השחלה עצמה מתפתחת לפרי שבתוכו נמצאים הזרעים. מספר הזרעים בפרי נקבע על פי מספר הביציות שהופרו בשחלה.

לא כל הפרחים "זוכים" להיות מואבקים ולא בכולם יתפתחו פירות. פרחים רבים נושרים בטרם הוואבקו, בגלל קרה או רוח חזקה. רק בפרחים ששרדו את תנאי הסביבה, הוואבקו בגרגרי האבקה המתאימים והתרחשה בהם הפריה - יתפתחו פירות ובהם זרעים.

מעניין לדעת: טעם הדבש



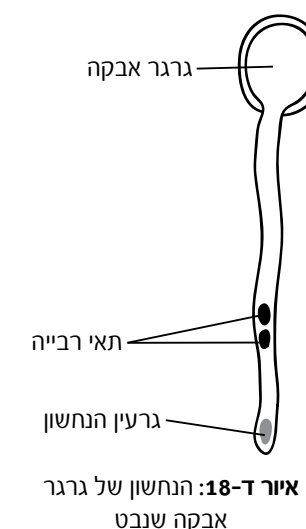
טעם, צבע ומרקם הדבש מושפעים ממין הצמח ממנו נאסף הצוף. יש גידולים בהם יש פחות צוף ו/או הדבש פחות טעים והכוורנים לא מעוניינים לשים על ידם כוורות, אלא אם החקלאים ישלמו...

♦ **האבקה מלאכותית:** במספר גידולים מבצעים החקלאים האבקה מלאכותית בה הם מעבירים באופן מכוון את גרגרי האבקה מצמח לצמח, במטרה להגביר את הסיכוי לקבלת יבול פירות גדול או לגרום להפריה שלא מתרחשת בטבע. **האבקה מלאכותית** נהוגה במטעי התמרים. רוב העצים במטע הם עצים נקביים ורק עצים בודדים הם עצים זכריים. החקלאים אוספים את האבקה מהעצים הזכריים ומפזרים אותה על הצלקות הנקביות. כך מובטחת האבקה יעילה יותר מהאבקה על ידי רוח יבול הפירות יהיה גדול יותר.

כדי להתגבר על מחסומים שלא מאפשרים האבקה טבעית, יש מקרים שבהם החקלאים מזריקים את גרגרי האבקה ישירות לתוך השחלה וכך לא נתקלים גרגרי האבקה במחסומים בצלקת ובעמוד העלי שמונעים הפריה באופן טבעי. בדרך זו ניתן לייצר זנים חדשים - **זני מכלוא** - שהם בעלי תכונות רצויות לחקלאים, ולא היו נוצרים אלמלא התערבות האדם.

נביטת גרגר האבקה

לאחר שגרגר האבקה נחת על הצלקת הוא נובט. בהשפעת חומרים המופרשים מן הצלקת, צומחת מתוך פתח זעיר שבגרגר האבקה, אל תוך רקמת הצלקת, שלוחה עטופת קרום. שלוחה זו מכונה **נחשון**. גרגר האבקה שממנו נבט הנחשון נוצר בתהליך **מינוזה** ומכיל בתוכו שלושה תאים הפלואידיים: אחד מתפתח לנחשון, ושני התאים האחרים הם תאי הרבייה הזכריים הנמצאים בתוך הנחשון (איור ד-18). הנחשון מפריש אנזימים ממסי רקמות וכך הוא מפלס את דרכו בתוך עמוד העלי. בעת צמיחתו ניזון הנחשון מחומרים שברקמת עמוד העלי. הנחשון מתפקד כגשר שדרכו מגיעים תאי הרבייה מגרגר האבקה שנבט על הצלקת אל תא הרבייה הנקבי הסגור **בביצית** בתוך השחלה.



הרחבה: הביצית



הביצית היא מבנה מורכב הכולל 8 גרעינים הפלואידיים תוצרי **מינוזה**. בהפריה משתתפים רק תא הביצה ובו גרעין הפלואידי ושני גרעינים הפלואידיים שבמרכז הביצית. מספר הביציות בכל שחלה אופייני למין הצמח. משחלה עם ביצית יחידה יתפתח פרי עם זרע אחד.

5.2.2 מזיגוטה לעובר: מתא אחד ליצור רב־תאי

הזיגוטה - התא הדיפלואידי שנוצר בהפריה - היא התא הראשון של העובר ושל הצמח העתיד להתפתח ממנו. הזיגוטה מתחלקת לשני תאי־בת ואלה ממשיכים להתחלק (**מיטוזה**). לאחר חלוקות רבות מתקבל עוֹבֵר שאפשר להבחין בו בנצרון ובשורשון (איור ד-20).

כאמור, בעקבות ההפריה הכפולה מתפתח גם **האנדוספרם** שהוא מאגר של חומרי הזנה שימשו את העובר בשלבים הבאים של התפתחותו. באנדוספרם אגורים פחמימות, שומנים וחלבונים והם משמשים את הצמח הצעיר עד שהוא מייצר בעצמו בתהליך הפוטוסינתזה את החומרים הנחוצים לו.

יש צמחים, כמו אלו ממשפחת הקטניות (*אפונה, שעועית, בוטנים*), שבהם החומרים באנדוספרם מועברים במהלך התפתחות העובר אל העלים הראשוניים של הנבט - **הפסיגים**, ושם הם נאגרים. בצמחים אחרים, כמו *חיטה* או *תירס*, האנדוספרם מספק ישירות את החומרים הדרושים להתפתחות הצמח הצעיר - הנבט. החומרים באנדוספרם ובפסיגים הם, אם כך, התרומה של דור ההורים לדור הבא וה"השקעה" שלהם בהבטחת הצלחתו. הם משמשים את הצמח הצעיר גם זמן רב אחר שניתק מצמח האם.



איור ד-20: נצרון, שורשון ופסיגים של צמח דו-פסיגי : שעועית

חומרי ההזנה ה"ארוזים" בזרע יחד עם העובר נועדו אמנם לשמש את הצמח המתפתח אולם, גם אחרים נהנים מהם; זרעים מהווים מזון משובח ומרוכז לאדם, וליצורים רבים אחרים, למשל: מיני דגניים (*אורז, חיטה, תירס*), וקטניות (*אפונה, בוטנים, סויה*), שזרעיהם הם מרכיב חשוב במזוננו, וכן אגוזים שונים כמו *פקאן*.

זרעים: עוֹבְרִים ארוזים עם מטען של מזון

העוברים הם הדור הבא, ולפיכך ניתן למצוא בצמחים מבנים ומנגנונים שהתפתחו במהלך האבולוציה ומשמשים להגנה על העוברים. בצמחים בעלי זרעים העוברים ארוזים במעטפות המגינות עליהם מפני פגיעות שונות: מכניות, כמו שחיקה בקרקע, שיני בעלי־חיים, חומצות וחומרים אחרים במערכת העיכול של בעלי־חיים (שאוכלים את הפרי המכיל את הזרעים) ופגיעה על ידי פטריות וחיידקים.

עוד על:

חומרי תזונה
כלרה, בפרק ב'.

התפתחות הפרי

בצמחים מכוסי זרע הזרעים מתפתחים בתוך הפירות. **הפרי** הוא אותו חלק של הצמח אשר מתפתח מהשחלה של הפרח, בדרך כלל בעקבות ההפריה. לעתים משתתפים ביצירת הפרי גם חלקים אחרים של הפרח למשל: המצעית - שהיא בסיס הפרח, ועליה ערוכים איברי הפרח, או עלי עטיף הפרח. כל פרי יכול להכיל זרע אחד או יותר. מגוון הצורות והמבנים של פירות הוא רב, והם מותאמים הן להגנה על העוברים והן להפצה יעילה של הדור החדש.

שימו לב: על פי הגדרה זו, גם מה שאנו מכנים בשפת היום־יום בשם "ירקות", כמו עגבניות, מלפפונים, פלפלים וחצילים הם פירות במובן בוטני.

תחילתו של תהליך יצירת הפרי קרוי **תְּחִלַּת חֲנֻטָּה** [תְּחִלַּת חֲנֻטָּה פְּגִיָּה] (שיר השירים, ב, 13). גם לאחר החנטה לא כל הפירות שהחלו להתפתח משלימים את התהליך. בהדרים נושרים כ־90% מהפרחים שעברו חנטה, באבוקדו שיעור החנטה הוא כ־1%, אך גם שיעור זה מבטיח יכול גבוה לחקלאים.

בעקבות החנטה מתחיל שלב **גדילת הפרי**. תוצרי פוטוסינתזה מובלים בצינורות השיפה מאיברים ירוקים בצמח אל הרקמות העתידות להתפתח לפרי והן גדלות בנפחן, ומתמלאות בחומרים כמו סוכרים. התאים בפרי מתחלקים וגדלים, החלולית תופסת את רוב נפח התא ונוצרים רווחים בין התאים.

גודל הפרי מושפע מהמידע התורשתי של הצמח, מכמות המשאבים העומדת לרשות הצמח, ומתנאי מזג האוויר. גם הזרעים המתפתחים בפרי משפיעים על גודלו. ריבוי זרעים מגדיל את רמת **האוקסין** וה**ג'יברלין** בפרי, ואלו גורמים להכוונת כמות גדולה יותר מתוצרי הפוטוסינתזה אל הפרי ופחות תוצרים אל החלקים הווגטיביים. השפעת הזרעים וההורמונים המופרשים מהם על התפתחות הפרי היא ניכרת, למשל כאשר חסרים בפרי מקצת הזרעים, הוא מתפתח בצורה מעוותת.



מפרח לפרי: פרח של מלפפון והפרי; פריחת הדרים ופירות

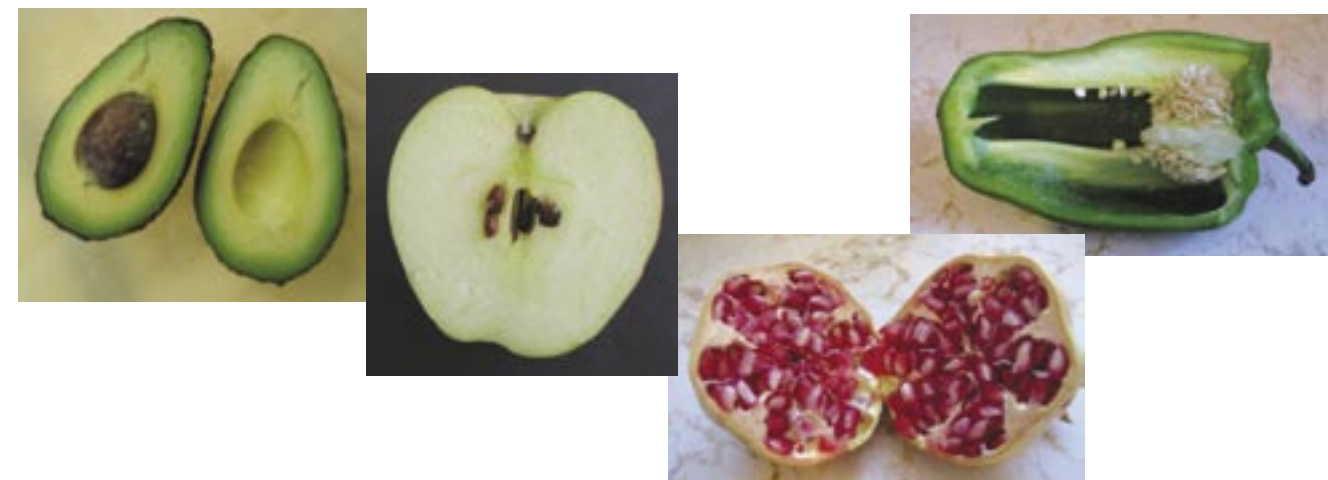
קשר לאקולוגיה:

התאמה לתנאי הסביבה.

עוד על:

הקליפה ותנאי נביטה, בפרק ב'.

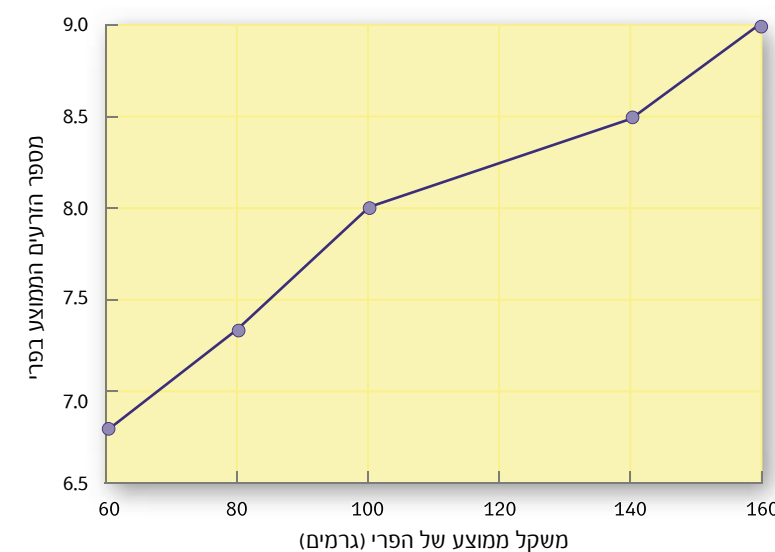
במיני צמחים שבפירותיהם יש יותר מזרע אחד נמצא קשר בין גודל הפרי למספר הזרעים שבו; בפרי גדול יש יותר זרעים מאשר בפרי קטן. במיני צמחים שונים מוצאים שיש יחס הפוך בין גודל הזרעים למספרם. במינים שבהם הזרעים קטנים מאוד ואפילו זעירים (כגון *סחלבים*, *לוע ארי*), מספרם עצום ורב עד כי קשה לספרם.



זרעים בפירותיהם: פלפל ורימון - הרבה מאוד זרעים; תפוח - מעט זרעים; אבוקדו - זרע אחד

?? שאלה ד-11

לפניכם גרף המתאר את הקשר בין המשקל הממוצע של פרי *התפוח* לבין מספר הזרעים הממוצע לפרי (איור ד-21).



איור ד-21: הקשר בין המשקל הממוצע של הפרי לבין המספר הממוצע של זרעים בפרי התפוח

- מהו הקשר המתואר בגרף בין משקל הפרי לבין מספר הזרעים הממוצע?
- האם סביר למצוא פרי תפוח שיש בו 20 זרעים? נמקן.

לקראת סיום שלב הגדילה של הפרי, מתחיל שלב ה**הבשלה** שלו. בשלב זה חלים בפרי שינויים במרכיבים הכימיים, בטעם, בריח, בצבע, במידת הרכות של הפרי וברמת החומציות (pH).



עגבייה אדומה וירוקה

הכלורופיל שהקנה לפרי את צבעו הירוק מתפרק, וחומרי צבע אחרים מופיעים. במקרים רבים חומרי תשמורת לא מסיסים כמו עמילן, מתפרקים לסוכרים ומקנים לפרי הבשל את טעמו המתוק, בד בבד קטנה גם כמות החומצות. תאי רקמת הפרי - ה**ציפה** - מתמלאים בחומרים מזינים וטעימים המקיפים את הזרעים. הציפה הופכת את הפרי למזון לבעלי-חיים רבים כולל האדם. אפשר היה לחשוב שאכילת הפירות יש בה חיסרון לצמח, אולם תכונות אלה ותכונות אחרות של פירות מהוות התאמה להפצת המין (כפי שאפשר לראות בטבלה ד-2 בעמוד 110).

לא כל הפירות הם פירות עסיסיים שזרעיהם מופצים על ידי בעלי-חיים. יש רב-גוניות גדולה גם בקרב הפירות. יש פירות יבשים, כמו תרמילים בצמחי קטניות, שנפתחים ומשחררים זרעים, ויש פירות שלא נפתחים, והזרעים מופצים כשהם בתוך הפרי כיחידת תפוצה אחת, כמו ב**ממנייה** ("גרעינים שחורים").

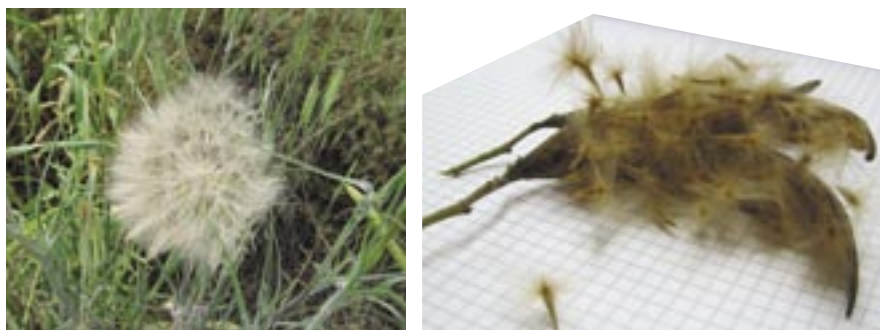
פעילות ד-1: בדיקת נוכחות סוכר בבננה ירוקה ובבננה בשלה

- ♦ חתכו פרוסה בעובי של 5 ס"מ מבננה בוסר (בננה ירוקה). טפטפו עליה טיפת לוגול ורשמו מה ראיתם.
- ♦ חתכו פרוסה בעובי של 5 ס"מ מבננה בשלה וטפטפו עליה טיפת לוגול. רשמו מה ראיתם.
- ♦ מהבננה הבשלה חתכו פרוסה נוספת בעובי של 5 ס"מ, מעכו אותה, הוסיפו כ- 2 מ"ל מים, סננו דרך גזה למבחנה. הוסיפו למבחנה 3 טיפות של תמיסת בנדיקט וחממו את המבחנה בזהירות מעל להבה. תארו מה קרה.
- א. איזה חומר מזהה לוגול ומה מזהה תמיסת בנדיקט?
- ב. שערו מה תהיה התוצאה אם תבדקו רסק של בננה בוסר עם תמיסת בנדיקט. הסבירו על מה ביססתם את ההשערה.
- ג. חזרו על הבדיקה עם תמיסת בנדיקט עם פרוסה מבננה בוסר.
- רכזו את התוצאות מכל הבדיקות בטבלה.
- ד. על סמך הממצאים בטבלה - סכמו מה מתרחש במהלך הבשלת הבננה.

תהליכי הבשלת הפרי צורכים אנרגיה, והם מלווים בהגברת תהליכי ה**נשימה התאית** ועקב כך גידול בצריכת החמצן בפרי. בפרי נוצר **אתילן** והוא משפיע על קצב ההבשלה. אתילן שנפלט מהפרי משפיע גם על הבשלת פירות הנמצאים לידו.

הפצת פירות וזרעים

ההמשכיות של קיום המין מותנית בין השאר באמצעים להפצה יעילה של הזרעים. ברוב הצמחים הזרעים מופצים ללא הפרי אך יש מיני צמחים שזרעיהם מופצים עם הפרי או עם חלקים ממנו. למשל, לאחר ההפריה מתפתחת על ראש זרעוני הסביון ציצת שערות והתפרחת כולה נראית כ"ראש סבא". כל זרעון הוא יחידת תפוצה הכוללת פרי ובתוכו הזרע, וציצת שערות מסייעת ליחידת התפוצה לעוף למרחק בעזרת הרוח (איור ד-23).



איור ד-23: הפצת פרי על ידי הרוח (מימין: זרעי הרדוף; משמאל: "ראש סבא")

במקור החסידה הפרי מורכב מיחידות שבכל אחת מהן יש זרע אחד. לכל יחידה כזו יש מבנה דמוי זנב המתפתל כאשר הזרע ניתק מהצמח (איור ד-24) ומסייע בהפצת הזרע למרחק והחדרתו לתוך הקרקע.



איור ד-24: זרע של מקור חסידה

בפירות עסיסיים המופצים על ידי בעלי-חיים, מגן הפרי על הזרעים ומסייע בהפצתם. יש פירות הנאכלים עם הזרעים שבתוכם, כמו קיווי, עגבנייה ומלפפון, ואילו פירות אחרים נאכלים בלי הזרע שקליפתו קשה, כמו הית, התמר והאפרסק. יש זרעים רעילים, דבר המונע את אכילתם על ידי בעלי-חיים, למשל זרעי צמח הקיקיון.



הפרי נאכל הזרעים נשארו (מנגו ומשמש)

פירות צבר ("סברס")

קשר לאקולוגיה: יחסי גומלין.

מעניין לדעת: גם אוכלים וגם מפיצים

לצמח הקיקיון יחסי הגומלין מעניינים, בעיקר עם נמלים. הזרע עצמו רעיל, אך בקצהו יש גופיף שומני מזין שהנמלים אוכלות. הנמלים ניזונות מהגופיף השומני והזרעים מופצים במרחב. יחסים דומים קיימים בין האלון למכרסמים שונים, כמו הערנן. קצה הבלוט של פרי האלון, שבו נמצא העובר, טעמו מר, ולכן בלוטי האלונים נאכלים רק בחלקם. הבלוטים האכילים למחצה נישאים על ידי המכרסמים למחילותיהם, שבהן קיימים תנאים טובים לנביטה יותר מאלו שבשטח הפתוח.



יש פירות שמסיימים את תהליך ההבשלה לאחר שנקטפו. פירות אלה מכונים **פירות קלימקטריים**. בפירות אלו תהליך הנשימה התאית ממשיך להתקיים בעצמה גבוהה גם לאחר שנקטפו. דוגמאות לפירות קלימקטריים: בננה, מנגו, עגבנייה. דוגמאות לפירות לא קלימקטריים: תפוז, פלפל, מילון ותות-שדה. אבוקדו הוא דוגמה לעץ שפירותיו מבשילים רק לאחר שנשרו מהעץ.

??

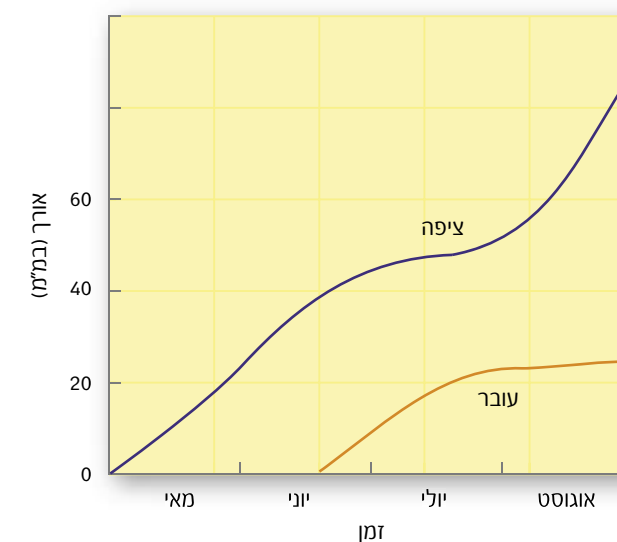
שאלה ד-12

- מהו היתרון לחקלאים מפירות קלימקטריים? הסבירו.
- סבתא של דני נוהגת להכניס את פירות האבוקדו הקשים שהיא קונה במרכול לשקית נייר חומה למשך מספר ימים. מה הסיבה לנוהג זה?

??

שאלה ד-13

- במהלך הבשלת הפרי חלים שינויים בגודל חלקיו כפי שניתן לראות באיור ד-22.
- תארו את הממצאים המוצגים באיור ד-22.
- השוו את מהלך השינויים בעובר לעומת מהלך השינויים בציפה.
- מה תפקיד הציפה בפרי?



איור ד-22: השתנות אורך הציפה והעובר באפרסק במהלך הבשלתו

מעניין לדעת - פטנט מהטבע

אחת ההמצאות השימושיות ביותר בחיי היום-יום היא הפסים הנצמדים ("סקוטש") שמשמשים בהם לסגירת נעליים, תיקים ועוד. הרעיון שעליו מבוסס ה"פטנט" הזה לקוח ישירות מהטבע: קרסים/לולאות (כמו בפרי האספסת) שנצמדים בחזקה לפרוות בעלי-חיים.



פסי "סקוטש"



פרי של אספסת: הבליטות מסייעות להפצת הפרי באמצעות בעלי-חיים

??

שאלה ד-15

בפרי עסיסי וגדול מושקעים חומרים ואנרגיה שמקורם בצמח האם, שהעובר או הצמח הצעיר אינם "זוכים" להשתמש בהם. מהו היתרון לצמח שיש לו פרי אכיל ועסיסי?

ד2.6 בעין חקלאית: מעורבות החקלאים בהכוונה של התפתחות פירות

כפי שנוכחתם לדעת החקלאים יכולים להתערב בכל שלבי גדילת הצמח (פרק ג'), לכוון את מועד הפריחה (סעיף ד2.1) להשפיע על ההאבקה (סעיף ד2.3) וכן להשפיע על איכות הפרי, גודלו ומועד הבשלתו.

השפעה על מספר הפרחים והפירות

- ◆ שלב החנטה הוא שלב רגיש בחיי הצמח, ופרחים רבים נושרים בשלב זה בשל גורמים חיצוניים, כמו רוחות חזקות, קרה או ברד. ריסוס באוקסין מונע לעתים נשירה זו בעיקר בתנאי קרה. הגברת חנטה בזני אגסים מסוימים מתקבלת בעקבות ריסוס בג'ברלין.
- ◆ לעתים החקלאים אינם מעוניינים בפרחים רבים בשל התחרות על המשאבים בין הפרחים ובהמשך בין הפירות המתפתחים. לכן בגידולים מסוימים, מדללים החקלאים את הפרחים או את הפירות. **דילול פרחים ודילול פירות** יכולים להיעשות באופן ידני או בעזרת הורמונים צמחיים. לעיתוי הדילול ולמידתו יש פנים לכאן ולכאן: דילול מוקדם של פרחים עלול לגרום לדילול יתר, להתפתחות פירות מעטים ולאובדן יכול והכנסה. לעומת זה בדילול מאוחר (לאחר החנטה), יש בזבוז של משאבי הצמח, ומאחר שהוא נעשה בדרך כלל באופן ידני גם עלותו לחקלאים גבוהה יותר.
- ◆ **גיוז ענפים** משפיע בצורה דומה להשפעה של דילול הפרי. בעקבות צמצום נופו של העץ מועברים יותר משאבים לענפים שנותרו ולפירות שעליהם, וענפים נחשפים לאור.

דרכי ההפצה של פירות וזרעים הן מגוונות ביותר, כפי שניתן לראות בטבלה ד-2.

טבלה ד-2: תכונות של פירות וזרעים והתאמתם להפצת הזרעים

	תכונה/מבנה של הפרי/הזרע	דוגמה	התאמה להפצה על-ידי...
פרי	פרי עסיסי, מתוק ורך	משמש, ענבים, אבוקדו, עגבנייה	1.
	פרי שנפתח וזורק זרעים ("מתפוצץ")	ירוקת החמור, כליל החורש	2.
	פרי שנפתח רק אחרי שהוא נרטב	ריסן נאכל	תזמון הנביטה לעונה גשומה
	פרי בעל תוספות זיזים	אספסת	3.
	פרי בעל תוספות המאפשרות דאייה/הדומות לכנפיים, פרי בעל ציצת שיער	מכנף נאה סביון	4.
	לזרע גוש שומני בקצהו	קיקיון	5.
	לזרע תוספת של שערות	כותנה הרדוף הנחלים	6.
זרע	חומרי התשמורת באזור הקרוב לעובר מכילים חומרים מרים ואילו בחלק הרחוק מהעובר המרירות אינה גבוהה	אלון	7.
	לזרע צמוד מקור ארוך שהתפתח מעמוד העלי, כאשר המקור מתייבש הוא מסתלסל כמו בורג או קפיץ	מקור חסידה	הפצה למרחק ו"הברגה" של הזרע לתוך הקרקע



הפצת זרעים בירוקת החמור



כליל החורש: תרמילים עם זרעים



מכנף נאה

??

שאלה ד-14

בטבלה ד-2 הושארו תאים ריקים. השלימו במחברת את המידע החסר.



פירות ללא זרעים: בננה ואפרסמון

לפירות ללא זרעים יש ביקוש רב על ידי משקי הבית וכן על ידי תעשיית המזון, שכן קל יותר לעבד פירות חסרי זרעים. היתרונות למגדל הם אי תלות בגורמים חיצוניים, כמו רוח או מאביקים, ושליטה טובה יותר על מועד השיווק בהתאם לדרישות הצרכנים.

הרחבה: אבטיחים ללא זרעים



אבטיח ללא זרעים

דרך נוספת ליצירת פירות ללא זרעים היא באמצעות הפריה שמונעת התפתחות זרעים, כמו במקרה של אבטיחים "ללא זרעים".

כדי לקבל אבטיח ללא זרעים משתמשים בשני הורים שונים: ההורה הזכרי התורם את גרגר האבקה הוא אבטיח "רגיל" שיש לו שני מערכים של כרומוזומים (דיפלואידי 2n). ההורה הנקבי הוא אבטיח שיש לו ארבעה מערכים של כרומוזומים והוא למעשה ארבע-פלואידי (4n). ההורה הנקבי התפתח מזרעים ארבע-פלואידים שנבטו והתפתחו לצמחים בוגרים בעלי פרחים.

כדי שיתפתחו פירות בזנים אלה יש צורך בהאבקה זרה. במהלך ההאבקה תורם כל הורה גמטה המכילה מחצית ממספר הכרומוזומים שלו: שני מערכים מההורה הנקבי (2n) ומערך אחד (n) מההורה הזכרי. מתקבל פרי שזרעיו הם טריפלואידים (3n). המספר האי-זוגי של הכרומוזומים פוגם בהתפתחות הזרעים. בעקבות ההפריה מתקבל פרי עסיסי ומוצק יותר מפרי "בעל זרעים", אך הזרעים המעטים שנוצרים בו הם קטנים, שקופים (לעתים לבנים) ואינם פוריים.



השפעה על איכות הפרי, גודלו ומועד הבשלתו

- ♦ כמות המים העומדת לרשות הצמח משפיעה על התפתחות הצמח כולו ועל פירותיו. משטר ההשקיה משפיע על מהלך התפתחות הפירות ועל ריכוז הסוכרים בפרי. כאשר ההשקיה אינה מרובה הפירות, בדרך כלל, מתוקים יותר.
- ♦ הוספת הורמונים צמחיים גורמת לקבלת פירות גדולים יותר. יש לציין שהשימוש בהורמונים עלול לגרום לעיוות בצורת הפרי ולכן על החקלאים להקפיד על המינונים המתאימים.
- ♦ ביצוע **חיגור** מונע מעבר מוטמעים (תוצרי פוטוסינתזה) לחלקים התחתונים של הצמח, וכך מגיעים יותר מוטמעים אל הפירות המתפתחים. לעתים קיטום של קדקודי צמיחה גורם לאותה תוצאה מכיוון שהצמח לא גדל גידול וגטיבי ועיקר המוטמעים מועברים לפירות המתפתחים.
- ♦ השפעה על מועד ההבשלה - פירות קלימקטריים (כגון: אבוקדו, בננה, עגבנייה) מסיימים את תהליך ההבשלה לאחר הקטיף. לתהליך זה קוראים **הבחלה**. אפשר לעכב את ההבחלה על ידי שמירת הפירות בתנאים של טמפרטורה נמוכה המעכבת נשימה, או לזרז את ההבחלה על ידי הוספת אתילן למרחב שבו מאוחסנים הפירות. מועד הוספת האתילן נקבע על פי הצורך בשוק בפירות אלו.

כדאי לדעת שלעיתים מעורבות החקלאים גורמת לכך שהפירות אמנם גדולים ונאים וחיי המדף שלהם ארוכים אך הם, במקרים רבים, פחות טעימים. זוהי אחת הסיבות לכך שגוברת כיום הנטייה לבחור בפירות שגודלו ללא כל התערבות מצד החקלאים.

יצירת פירות ללא זרעים (פרתנוקרפיה מושרית)

יש מקרים שבהם מתפתחים **פירות חסרי זרעים**, תופעה זו נקראת פֶּרְתֶּנוֹקָרְפִּיָּה (פרי - karpos; בתול - parthenos). פירות חסרי זרעים מתפתחים בטבע כאשר נקטע הקשר בין התפתחות הפרי לבין התפתחות הזרעים. יש צמחים שבהם שחלת הפרח מתפתחת לפרי אחרי ההפריה, אף על פי שהתפתחות הזרעים נפסקת. בצמחים אחרים יכול להתפתח פרי בעקבות האבקה, גם אם לאחריה אין הפריה. יש אף צמחים שבהם השחלה מתפתחת לפרי גם בהיעדר האבקה. בטבע היעדר זרעים הוא חסרון כי לצמחים כאלה אין דור המשך.

דוגמאות לפירות פרתנוקרפיים הם **בננה**, **אנגוס** וזנים מסוימים של **אבטיח**, **אפרסמון**, **פירות הדר** ו**ענבים**.

בחקלאות התעשייתית אפשר לגרום באופן מלאכותי להתפתחות פירות ללא הפריה וללא זרעים. דרך אחת היא על ידי טיפול בהורמונים צמחיים: ריסוס ב**אוקסין** (תאנים), ריסוס ב**ג'ברלין** (אוכמניות, אגסים, גפן) וריסוס ב**ציטוקינין** (זני גפן מסוימים). דרך נוספת היא **הנדסה גנטית**. דוגמה לשימוש בדרך זו: החדירו לצמחי עגבנייה גן שמקורו בחיידקים. הגן גורם לפרחי העגבנייה להמשיך להתפתח לפרי גם אם לא התרחשה הפריה. הפרי המתקבל הוא חסר זרעים. יתרון השיטה בא לידי ביטוי גם כאשר התנאים האקלימיים לא מאפשרים האבקה והפריה בדרכים המקובלות.

עוד על:

חיזור, בסעיף 3.1.

עוד על:

הנדסה גנטית, בפרק ה'.

3. ד רבייה זוויגית ורבייה אל-זוויגית: עקרונות, יתרונות וחסרונות

כפי שצוין בתחילת הפרק בעולם החי מוכרות שתי צורות רבייה: **הרבייה הזוויגית** (רבייה מינית) ו**הרבייה האל-זוויגית** (כולל רבייה וגטיבית).

לכל אחת מצורות הרבייה יתרונות וחסרונות. לעתים בסביבה מסוימת צורה אחת מהווה חיסרון, אולם בסביבה שונה היא מהווה יתרון.

היתרונות והחסרונות של רבייה אל-זוויגית הוזכרו בסעיף 2.1. בסעיף זה נפרט את החסרונות והיתרונות של הרבייה הזוויגית.

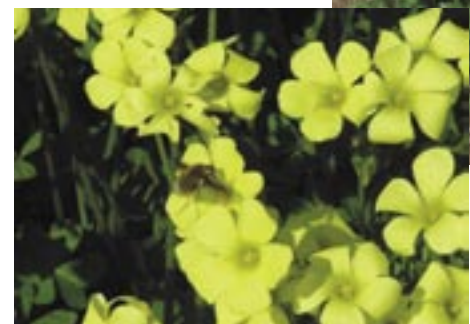
בצמחים החיסרון של רבייה זוויגית נובע מהצורך במאביקים. בעלי-חיים הם ניידים ויכולים לנוע זה לקראת זה כדי להזדווג. הצמחים לעומתם ניחים, קבועים במקומם. כדי שתאי הרבייה יעברו מפרט אחד לפרט אחר יש צורך להיעזר בגורם כלשהו. במקרים רבים מדובר בחרקים או בבעלי-חיים אחרים שעוברים מפרח לפרח וכך מעבירים את גרגרי האבקה ובהם תאי הרבייה הזכריים מפרח אחד למשנהו. בצמחים שמואבקים רק בהאבקה זרה, במקרה שיש מחסור במאביקים לא תתרחש רבייה, אלא אם כן הצמח יכול להתרבות גם באמצעות רבייה אל-זוויגית.

היתרון של רבייה זוויגית בא לידי ביטוי כאשר תנאי הסביבה משתנים. השונות במידע התורשתי בין צאצאי הרבייה הזוויגית מגדילה את הסיכוי שפרטים מסוימים ישרדו למרות שינוי בסביבה ויבטיחו את המשך קיום המין. לא כך הדבר כאשר כל הפרטים זהים במידע התורשתי (כמו אצל צאצאי רבייה אל-זוויגית), במקרה שחל שינוי בתנאי הסביבה שלא מאפשר לפרטים לשרוד, המין עלול להיכחד. כמו כן בזכות השונות הגדולה ניתן לטפח זנים חדשים, בעלי תכונות המתאימות לשווקים שונים.

מינים רבים של צמחים מתרבים בטבע בשתי הצורות, הן ברבייה זוויגית והן ברבייה אל-זוויגית, למשל: הכלנית, החצב, מיני שום ובצל, יבליית, נענה, תות שדה, אספרגוס. מינים אחרים מתרבים באופן טבעי ברבייה זוויגית בלבד, למשל: האלון, התפוח, הסביון, חיטה ועוד. מינים המתרבים ברבייה אל-זוויגית בלבד הם נדירים. בארץ גדל החמציץ הנטוי, על אף שהוא פורח בישראל לא נוצרים בו זרעים בשל מנגנון אי-סבילות עצמית הקיים בצמח, והריבוי של החמציץ בארץ הוא אל-זוויגי בלבד. מקורו של הצמח בדרום אפריקה, שם הוא מתרבה בשתי הצורות.



חמציץ



מבט מקרוב על פרח החמציץ

טבלה ד-3: השוואה בין רבייה זוויגית לרבייה אל-זוויגית בצמחים

היבט	רבייה זוויגית	רבייה אל-זוויגית
עיקרון	מידע גנטי "מתערבב" משני מקורות שונים, לכן מתקבלים בצאצאים צירופים גנטיים חדשים, וכתוצאה מכך הצאצאים שונים זה מזה ושונים מההורים	כל הצאצאים המתקבלים זהים מבחינה גנטית למקור שממנו התקבלו, והם גם זהים זה לזה
מספר תאי הרבייה המשתתפים בתהליך	1.	אין קשר לתאי רבייה
מספר ההורים שמהם נוצר הצאצא	בדרך כלל שניים (בהאבקה הדדית); הורה אחד בהאבקה עצמית	2.
שונות גנטית בין הורה לצאצא	יש	אין
זהות להורה	3.	4.
זהות לצאצאים אחרים	5.	6.
השלב במחזור החיים בו חל הריבוי	בשלב הרפרודוקטיבי	7.
האיברים בצמח המעורבים בתהליך הריבוי	8.	9.
תלות במאביקים/ברוח	10.	11.
יתרונות בחקלאות	יצירת זני מכלוא שיש להם תכונות רצויות/ מועדפות	שימור תכונות רצויות במשך דורות
	12.	13.
	14.	15.
חסרונות בחקלאות	16.	17.
היבט אבולוציוני	הגדלת שונות בין צאצאים; הגדלת סיכוי להישרדות פרטים בעקבות שינוי בתנאי הסביבה	שמירת תכונות מדור לדור; יתרון למין בתנאי סביבה קבועים

?? שאלה ד-16

השלימו במחברת את המידע החסר בתאים הממוספרים שבטבלה.

?? שאלות לסיכום הפרק

1. צמח בננה פורח רק לאחר צמחו לו לפחות ששה עלים. מה היתרון לצמח בכך?

2. בפרק ב' הוזכר עץ התמר "מתושלח". אחד המדענים אמר: "אנו חוששים שהעץ לא יניב פירות כלל". א. התמר הוא עץ דו־ביתי. מדוע חוששים שהעץ לא יניב פרי? ב. תמר מתרבה גם באמצעות חוטריו. מדוע החקלאים מפרידים חוטריו רק מעצים נקביים? ג. חקלאים נוהגים להרבות את עצי התמר על ידי חוטריו, בעיקר בשבע השנים הראשונות של חיי העץ כי לאחר מכן עץ התמר אינו מייצר חוטריו. בשנים האחרונות פיתחו שיטת ריבוי על ידי תרבית רקמה מעצי התמר. השוו בין שתי שיטות הריבוי, התייחסו ליתרונות ולחסרונות של כל שיטה.

3. ענף עץ אשל שצמח במעלה נחל נסחף בזרם. בהגיעו למורד הנחל הוא ננעץ בגדה, התפתחו לו שורשים והוא החל ללבלב. א. איזה סוג רבייה מייצג הענף שהחל ללבלב? ב. הענף במורד הנחל התפתח לעץ והחל לפרוח. האם תתקיים בו גם רבייה זוויגית? הסבירו. ג. בחרו את המשפט הנכון ונמקו. I. העץ במורד הנחל זהה במטענו הגנטי לעץ במעלה הנחל. II. העץ במורד הנחל דומה במטענו הגנטי לעץ במעלה הנחל. III. העץ במורד הנחל שונה במטענו הגנטי לעץ במעלה הנחל. IV. אי אפשר לדעת אם המטען הגנטי דומה או שונה בין שני העצים.

4. בצמח *תות שדה* מופרות שלוש צורות רבייה: רבייה באמצעות שלוחות, רבייה באמצעות זרעים ורבייה באמצעות תרבית רקמה. א. איזו מבין צורות הרבייה היא רבייה זוויגית? נמקו. ב. איזו מבין צורות הרבייה לא מתבצעת בטבע? ג. ציינו הבדל מהותי בין רבייה באמצעות שלוחות לבין רבייה באמצעות זרעים. ד. הסבירו יתרון אחד של כל אחת משלוש צורות הרבייה.

5. העתיקו למחברת את הטבלה הבאה והשלימו את החסר. אם עולה בדעתכם גורם נוסף להשוואה, הוסיפו אותו בטבלה.

השוואה בין דרכי רבייה: רבייה זוויגית בהאבקה עצמית, בהאבקה הדדית (זרה) וברבייה אל־זוויגית

היבט	רבייה זוויגית		רבייה אל־זוויגית
	האבקה עצמית	האבקה הדדית (זרה)	
מידת השונות של הצאצאים			
יתרונות לצמח			
חסרונות לצמח			
יתרונות לחקלאים			
חסרונות לחקלאים			

6. קבוצת חוקרים גידלה תות שדה בשתי חלקות. סוג הקרקע, הטמפרטורה ותנאי ההשקיה בשתי החלקות היו זהים. בחלקה אחת גידלו צמחי תות שדה שמקורם בשלוחות שהתפתחו מצמח אָם אחד, ובחלקה השנייה נזרעו זרעים של צמחי תות שדה שמקורם באותו צמח אָם. בעונת הקטיף נבדקה כמות הסוכר בפירות של שתי קבוצות הצמחים (חמישה צמחים בכל קבוצה). הנתונים מסוכמים בטבלה הבאה:

כמות הסוכר בפרי (מ"ג סוכר/ב-100 גרם פרי)		
מס' צמח	קבוצה א'	קבוצה ב'
1	120	250
2	450	274
3	330	260
4	97	280
5	250	270

א. איזו קבוצת פירות נלקחה מהצמחים שגודלו משלוחות, ואיזו קבוצת פירות נלקחה מהצמחים שגודלו מזרעים? נמקו. ב. צמחי התות רגישים לקרה. באיזו חלקה יש סיכוי שיישרדו יותר צמחי תות שדה לאחר מספר לילות של קרה? נמקו.

עיקרי הנושאים בפרק

- ◆ צמחים מתרבים ברבייה אל־זוויגית וברבייה זוויגית. רבייה אל־זוויגית אפשרית הודות ליכולת ההתחדשות ויכולת הצימוח של איברי הצמח.
- ◆ התהליך התאי שעליו מבוססת רבייה אל־זוויגית הוא חלוקת תא בדרך של מיטוזה, והרבייה הזוויגית - חלוקת תא במיטוזה.
- ◆ רבייה אל־זוויגית אפשרית מאיברים על־קרקעיים ותת־קרקעיים.
- ◆ ברבייה אל־זוויגית מתקבלים צאצאים זהים להורה וזהים זה לזה.
- ◆ חקלאים מעדיפים להשתמש ברבייה אל־זוויגית גם בצמחים המסוגלים להתרבות ברבייה זוויגית.
- ◆ ריבוי אל־זוויגי באמצעות ייחורים ותרבית רקמה הן שיטות נפוצות בחקלאות.
- ◆ בהרכבה יוצרים צמח חדש באמצעות חיבור בין כנה לרוכב.
- ◆ ברבייה זוויגית מתקבלים צאצאים שונים מהוריהם ושונים אלה מאלה.
- ◆ התפתחות פרחים היא שלב ראשון ברבייה זוויגית והיא מושפעת מגורמים חיצוניים ומגורמים פנימיים.
- ◆ חלקי הפרח - עלי גביע, עלי כותרת, אבקנים ועלי - ערוכים בדרך כלל במעגלים. מבנה הפרח מותאם לדרך ההאבקה.
- ◆ תהליך הרבייה הזוויגית בצמחים כולל שלבים אלה: האבקה והפריה.
- ◆ בעקבות ההפריה מתפתח הפרי ובתוכו זרעים.
- ◆ ההמשכיות של קיום המין מותנית באמצעים להפצה יעילה של הזרעים.
- ◆ הדרכים הנפוצות להפצת זרעים הן על ידי הרוח ועל ידי בעלי חיים. יש התאמה בין מבנה הפרי והזרעים לאופן הפצת הזרעים.
- ◆ החקלאים יכולים להתערב ולהשפיע על האבקה, מועד הפריחה, ומספר הפרחים והפירות ועל איכות הפרי ומועד הקטיף.
- ◆ לכל אחת מצורות הרבייה יתרונות וחסרונות.
- ◆ היתרונות ברבייה אל־זוויגית הם: אין צורך בשותפים והזהות בין הצאצאים מאפשרת לרבים מהם לשרוד בתנאי סביבה קבועים. הזהות בין הצאצאים היא חיסרון בתנאי סביבה משתנים.
- ◆ לרבייה זוויגית יש יתרון כאשר מעוניינים לטפח זו חדש ובתנאי סביבה משתנים. חיסרון של רבייה זוויגית נובע מהצורך בשותפים להאבקה ולהפצה.

7. תלמידים רצו לחקור בניסוי את ההשערה הבאה: תוספת של ההורמון אוקסין מזרזת השרשה של ייחורי ענפים.
 - א. אילו גורמים יש לשמור קבועים בניסוי?
 - ב. איזו בקרה יש לכלול בניסוי?
 - ג. איזו תוצאה תאשש את ההשערה?
8. לפניכם כמה משפטים המתייחסים להאבקה מלאכותית ו/או להרכבה. העתיקו למחברתכם את אותיות המשפטים (א, ב, ג, וכו.) וציינו ליד כל אחד מהם האם הוא נכון לגבי הרכבה, לגבי האבקה מלאכותית או לגבי שניהם.
 - א. ניתנת להיעשות רק בין צמחים מאותו מין בוטני (species).
 - ב. יכולה להתרחש רק עקב מעורבות האדם.
 - ג. מתרחשת התלכדות גרעינים של שני תאי רבייה שונים.
 - ד. לאחד השותפים אין כל השפעה על המטען הגנטי של הצאצאים.
 - ה. הזרעים הם צאצאי אחד השותפים בלבד.
 - ו. יכולה להתרחש גם באופן טבעי ללא מעורבות האדם.
 - ז. החקלאים משתמשים בשיטה זו כדי לקבל צאצאים הרצויים להם.
9. השוו בין ריבוי בעזרת ייחורים לבין שיטת ההרכבה. התייחסו להיבט דומה ולהיבט שונה.
10. בשלב הרפרודוקטיבי של מחזור החיים מקיימים חלק מהצמחים יחסי גומלין מסוג הדדיות עם בעלי חיים. ציינו שני טיפוסים של יחסי גומלין כאלה והסבירו את חשיבותם לבעלי החיים ולהמשכיות הדורות בצמחים.
11. מבין המושגים החשובים בפרק, בחרו חמישה זוגות של מושגים הקשורים זה לזה והסבירו את הקשר בין המושגים בכל זוג.
12. א. שימור של פירות יכול להיעשות גם על ידי ייבוש וגם על ידי שמירה בתמיסת סוכר מרוכזת (ריבה). מה העיקרון המשותף לשתי שיטות אלה? הסבירו.
 - ב. לפירות קלימקטריים יש יתרון חשוב למגדל על פני פירות לא קלימקטריים. הסבירו.

מושגים חשובים בפרק

אבקן	הרכבה	פרח דו־מיני
אוקסין	זיגוטה	פרח חד־מיני
אורך יום	זיר	פרי
אנדוספרם	זרע	פרי ללא זרעים
ביצית	חד־זוויגי (חד־מיני)	פריחה
בצל	חומרי תשמורת	צופנים
ג'ברלין	חנטה	צלכת
גורמים חיצוניים	ייחור	צמח יום ארוך
גורמים פנימיים	כנה	צמח יום קצר
גרגרי אבקה	מאבק	רבייה אל־זוויגית (רבייה וגטטיבית)
דו־זוויגי (דו־מיני)	מיוזה	רבייה זוויגית
דילול פירות	מיטוזה	רוכב
דילול פרחים	נחשון	שונות גנטית
הפצת גרגרי אבקה	ניצן	שורשון
הפצת זרעים	עובר	שחלה
האבקה זרה (הדדית)	עלי	שלב וגטטיבי
האבקה מלאכותית	עלי גביע	שלב רפרודוקטיבי
האבקה עצמית	עלי כותרת	שלוחה
הבחלה	פוטופריודיזם	תא ביצה
הבשלה	פסיגים	תא רבייה זכרי
הורמונים	פקעת	תרבית רקמה
הפריה	פרח	