

משימות שהפנו תלמידים להכין כרטיסי זיהוי:  
משימה 4 – כרטיס זיהוי לצמח,  
משימה 7 – כרטיס זיהוי לשורש,  
משימה 14 – כרטיס זיהוי לגבעול,  
משימה 15 – כרטיס זיהוי לעץ,  
משימה 17 – כרטיס זיהוי לעלה,  
משימה 23 – כרטיס זיהוי לפרח,  
משימה 26 – כרטיס זיהוי לפרי,  
משימה 30 – כרטיס זיהוי לזרעים.

## חומרי העשרה למורה

### תרדמה של זרעים, תהליך הנביטה ותהליכי גדילה והתפתחות של צמחים

בזרע של הצמח נמצא עובר של צמח צעיר. בעובר מבחינים בארבעה מבנים עיקריים: שורש ראשוני, שורשון, שממנו יתפתח השורש המרכזי. גבעול ראשוני, נצרון, שממנו יתפתח הגבעול העיקרי של הנבט, ועלה ראשון המכונה פסיג. הזרע מכיל גם רקמת תאים אוגרי מזון (עמילן וחלבון), האנדוספרם. הרקמה עוטפת ומזינה את העובר ומספקת לו חומרי מזון, הנחוצים בשלבים הראשונים בנביטה.

האנדוספרם נוצר בשק העובר לאחר ההפריה בזרע של צמחים מכוסים זרע. במינים אחדים של צמחים, כמו למשל צמחים ממשפחת הקטניות, חומרי המזון נאגרים בפסיגים שהם העלים הראשונים.

העובר נמצא בזרע במצב של תרדמה. הוא הופך מזרע לצמח בתהליך הנביטה: שורה של אירועים שבסופה נשברת תרדמת העובר. הנביטה מתחילה עם כניסת המים לזרע והפעלת אנזימים בגוף העובר, שמעוררים בפעילות פיזיולוגית מואצת. העובר פורץ את קליפת הזרע והופך לנבט צעיר שיש לו לפחות עלה אחד חדש (בנוסף לפסיגים).

עם הופעת הנבט, מתחילה הגדילה וההתפתחות של צמח צעיר.

הנביטה היא שלב קריטי במחזור חייו של צמח, במיוחד של צמח בר, משום שהנבט הצעיר פגיע מאוד. מקום הנביטה והזמן שבו היא מתרחשת, יקבעו את סיכוייו של הצמח הנובט לגדול ולהפוך לצמח בוגר. במהלך האבולוציה התפתחו בזרעים מנגנונים שונים שמגדילים את הסיכוי של חלק גדול ככל האפשר מן העוברים להשלים את מחזור חייהם, ולהבטיח את המשך קיומו של המין.

מנגנונים אלה הם:

- א. ייצור זרעים רבים מאוד.
- ב. הכוונת הפיזור המרחבי של הזרעים.
- ג. פיזור של הנביטה בזמן כלומר, רק חלק מהזרעים שנוצרו נובטים באותה שנה.
- ד. התאמתה של הנביטה לתנאי הסביבה.

ברוב הצמחים משפיעים ארבעה גורמי סביבה עיקריים על תהליך הנביטה:

מים, טמפרטורה, אור וגזים באוויר (חמצן ופחמן דו-חמצני).

בזרעים של צמחים מסוימים צריכים להשתנות תחילה המבנה או ההרכב הכימי של הזרע כדי שתתחיל נביטה. נדון בכך בסעיף העוסק בעיכוב הנביטה.

## השפעת גורמי סביבה על תהליך הנביטה

### מים

המים תורמים 10%-15% ממשקל הזרע היבש. הנביטה מתחילה רק עם כניסת מים אל הזרע. היא לא תתרחש אם אין בסביבת הזרע מים בכמות מתאימה. המים חודרים לזרעים בתהליך האוסמוזה: מעבר מים מתמיסה שריכוז המומסים בה נמוך אל תמיסה שריכוז המומסים בה גבוה, דרך קרום ברני. כמו כן, יש בזרע היבש ובקליפתו חלבונים סופחי מים הקולטים מים מן הסביבה במהירות ובכוח רב.

עם כניסת המים לזרע מתחיל שלב התפיחה. התפיחה יוצרת לחץ מכני חזק בתוך הזרע. הלחץ סודק את קליפת הזרע, דוחף את גרגרי הקרקע ומפנה מקום לחלקי הצמח הצעיר העומדים לבקוע החוצה. לאחר שנקלטת בזרע כמות מים מספקת, נוצרים בתוך הזרע תנאים מתאימים לפעילות של אנזימי עיכול שנשמרו בזרע בצורה לא פעילה. הם מתחילים לזרז תהליכים שבהם מתפרקים מאגרי המזון שבאנדוספרם.

מתחילה בזרע גם פעילות של אנזימי נשימה והוא מקבל אנרגיה הנחוצה לו לגדילה. עם התפתחות העובר, מתגבר תהליך הנשימה בזרע, דבר הבא לידי ביטוי בעליית הטמפרטורה ובפליטת כמות גדולה של פחמן דו-חמצני. מאגרי המזון בפסיגים ובאנדוספרם מתרוקנים בהדרגה. העובר פורץ את קליפת הזרע ומוציא שורשון לאדמה. בדרך כלל נמשך תהליך הנביטה יומיים עד שבוע (משך הנביטה תלוי במין הצמח ובתנאי הנביטה). המים החודרים לזרע יוצרים בו תנאים מתאימים לקיומם של כל התהליכי החיים בזרע. נוצרת בו תמיסה בריכוז נוח לפעילותם של האנזימים החלבוניים, והם מזרזים את כל התהליכים הדרושים לנביטה.

### השפעת הטמפרטורה

לזרע של כל מין של צמח יש טמפרטורה מיטבית לנביטה התלויה בהרכב ובמבנה של החלבונים בזרע, כלומר, בתכונותיו הגנטיות (מבנה החלבונים מוכתב על ידי התכונות הגנטיות של הצמח).

יש זרעים הנובטים רק אם הטמפרטורה גבוהה מ- $20^{\circ}\text{C}$  בעוד שזרעים אחרים נובטים היטב גם בטמפרטורה הקרובה ל- $0^{\circ}\text{C}$ . עם הנביטה מתחילה פעולתם של אנזימים חלבוניים והם רגישים לטמפרטורות גבוהות. משום כך, הנביטה לא תתקיים בטמפרטורה הגבוהה מ- $60^{\circ}\text{C}$ . הנביטה לא תתרחש גם בטמפרטורות שהן מתחת לנקודת הקיפאון של המים.

מן הראוי לציין שמדובר בטמפרטורה הדרושה לתהליך הנביטה בלבד. כל עוד הזרע בתרדמה, הוא מגלה עמידות מפתיעה גם לטמפרטורות קיצוניות. רבים מהזרעים של צמחי החורש היס-תיכוני זקוקים למכת חום גבוהה (כמו זו המתרחשת בשעת שרפה) כדי לנבוט. זרעי צמחים מארצות הקור נשמרים רדומים בלי להיפגע באדמה הקפואה, ונובטים עם בוא הקיץ.

לעתים הנביטה מתרחשת רק אחרי תקופה של תנודות יומיות קיצוניות בטמפרטורה, מטמפרטורה גבוהה לטמפרטורה נמוכה. במקרים אחרים זקוקים הזרעים לתקופה של קור עז לפני שינבטו בטמפרטורה המתאימה להם.

### השפעת חמצן ופחמן דו-חמצני

מבחינים בנשימה נמרצת בעובר המתעורר מתרדמתו. הסמן (אינדיקטור), מתילן כחול, משנה את צבעו בנוכחות פחמן דו-חמצני. כאשר מוסיפים לזרעים יבשים מים ובהם מתילן כחול, רואים שצבעו משתנה בתוך דקות מעטות. שינוי זה מעיד על שחרור כמויות גדולות של פחמן דו-חמצני שנפלטות בתהליך הנשימה, מיד עם חשיפת הזרעים למים.

בתהליך הנשימה נקלט חמצן ונפלט פחמן דו-חמצני מן האוויר שבסביבה. לכן הנביטה תתרחש רק בקרקע שיש בה אוויר. חקלאים רבים יודעים שאוורור הקרקע טרם הזריעה (חריש) יעודד נביטה. מחקרים הראו שרוב הזרעים נובטים היטב באוויר שריכוז החמצן בו הוא 20%, כמו באוויר החופשי. במחקרים התברר גם שמספר הזרעים הנובטים פוחת במידה ניכרת עם ירידת ריכוז החמצן באוויר שבקרקע. ואולם, מינים מסוימים של צמחים, כמו למשל המלפפון, מצליחים לנבוט גם כשריכוז החמצן באוויר הוא 2% בלבד. לעומת זאת, עלייה בריכוז פחמן דו-חמצני באוויר מעכבת או מאטה את תהליך הנביטה.

זריעה בעומק רב מדי בקרקע או זריעה בקרקע לא מאווררת, יאטו ואף יפסיקו לחלוטין את הנביטה בגלל מחסור בחמצן. עם זאת יש צמחים בעלי התאמות מיוחדות לנביטה בסביבה דלת חמצן. כאלה הם צמחי ביצה שזרעיהם נובטים באדמה מוצפת במים.

## השפעת האור

רוב הזרעים טמונים בקרקע ונובטים בסביבה שאין בה אור. לכן היה סביר להניח שאור אינו משפיע על הנביטה של הזרעים. אכן התברר שיש לאור רק השפעה מעטה על נביטת זרעים של צמחי תרבות: הם נובטים במידה דומה בחושך ובאור.

אבל בצמחי הבר מבחינים בשונות רבה בהשפעת האור על הנביטה. מוכרים ארבעה סוגי תגובה לאור בזרעים של צמחי בר:

א. זרעים הנובטים רק בחושך;

ב. זרעים הנובטים רק באור רציף;

ג. זרעים הנובטים לאחר הארה קצרה;

ד. זרעים שאינם מושפעים מאור במהלך הנביטה.

ידוע שהנביטה של זרעים של צמחים שונים מושפעים במידה שונה מהארה במחזוריות יומית.

גורם נוסף המשפיע על הנביטה הוא אורך הגל של האור. אור כחול למשל עשוי גם לזרז וגם לעכב את הנביטה, על פי השלב בתהליך הנביטה שבו נחשף הזרע לאור:

האור הכחול (שאורך הגל שלו הוא בטווח שבין 440-485 נ"מ [ננומטר = מיליארדית המטר]), מעכב את הנביטה אם מאירים את הזרע בתחילת תהליך התפיחה שלו במים.

אור אדום (שאורך הגל שלו הוא בטווח שבין 625-740 נ"מ) מזרז את הנביטה, בעוד שאור אדום רחוק (אינפרא-אדום IR, אורך הגל שלו הוא בטווח שבין 740 נ"מ ל-1000 נ"מ, טווח שהוא מחוץ לתחום הראייה של עין האדם), מעכב את הנביטה. אם מאירים צמח פעם באור אדום ופעם באור אדום רחוק, אורך הגל האחרון שבו הוקרנו הזרעים יקבע אם הם ינבטו או לא.

בכל המקרים שבהם נמצא שיש לאור השפעה על הנביטה, התברר שהשפעת האור תלויה בעוצמת ההארה ובמשכה.

## התפתחות הנבט הצעיר לאחר הנביטה

לאחר שהשורשון פורץ את קליפת הזרע, הוא נאחז בקרקע ומתחיל לספוג ממנה מים. מתחילה גם גדילה של הנצרון כלפי מעלה. מבחינים בין נביטה על-קרקעית (אפיגאית), בה הפסיגים יוצאים אל מעל פני הקרקע והופכים ל"עלים" ראשונים, לבין נביטה תת-קרקעית (היפוגאית), בה הפסיגים נשארים בקרקע.

מבין הדו-פסיגיים\* מוצאים נביטה על-קרקעית בזרעי שעועית, ומבין הרב-פסיגיים – בזרעי האורן. בצמחים חד-פסיגיים אין נביטה על-קרקעית.

מבין הדו-פסיגיים מוצאים נביטה תת-קרקעית בזרעי אפונה, ומבין החד-פסיגיים, בזרעי תירס וחיטה.

(\* נהוג לחלק את עולם הצמחים ל-3 קבוצות ראשיות ע"פ מספר הפסיגים בזרע: חד-פסיגיים, דו-פסיגיים ורב-פסיגיים. ההבדל בין שלוש הקבוצות האלה רב ולא כאן המקום לפרט.)

בנביטה על-קרקעית, מתבסס תחילה השורשון: הוא גדל ומתארך ומתחיל לקבל צורה של שורש שיפודי מרכזי. מתחילים להתארך תאים באזור התת-פסיג: החלק של הגבעול שנמצא בין השורשון לפסיגים. התת-פסיג מתארך כשהוא יוצר כיפוף דמוי ברך, העוזר לבקיעת הנבט דרך הקרקע. התארכות התת-פסיג דוחפת את הפסיגים כלפי מעלה. לאחר שהציץ לאוויר העולם, מתיישר הכיפוף, הפסיגים נפרשים לצדדים ומוריקים (הם עדיין מכילים מעט ממלאי המזון שהיה בהם) ומתחיל להתבצע בהם תהליך הפוטוסינתזה. במקביל נמשכת התארכות והתחלקות תאים גם בחלק הגבעול שמעל הפסיגים. נוצרים שני עלים אמיתיים ראשונים שנפרשים וגדלים. הנבט מתחיל לייצר בעצמו את מזונו ואינו תלוי עוד במזון שהיה אגור בזרע.

בנביטה תת-קרקעית, התת-פסיג אינו גדל ולכן הפסיגים נשארים מתחת לפני הקרקע, עד שמתרוקן מלאי המזון האגור בהם והם נרקבים. הנצרון (הגבעול הצעיר) והעלים הראשונים יוצאים אל מעל פני הקרקע על ידי התארכות של החלקים המצויים מעל הפסיגים.

בצמחים חד-פסיגיים כמו החיטה, פורץ השורשון ראשון את קליפת הזרע וחודר לקרקע, אלא שהוא אינו ממשיך להתפתח לשורש ראשי. הוא מתנוון ובמקומו צומחת מבסיס הגבעול ציצת שרשים (ציצת השורשים מאפיינת את החד-פסיגיים בעוד ששורש שיפודי מאפיין את הדו-פסיגיים). שלא כמו בדו-פסיגיים, הנצרון צומח כלפי מעלה כשהוא ישר ולא מכופף. קצהו מוגן על ידי רקמה מיוחדת, החותלת, ולה צורה של מעין כיפה. החותלת מגנה עליו ופורצת עבורו את קליפת הקרקע אך אינה ממשיכה להתארך. העלה קורע את חוד החותלת ופורץ דרכה החוצה והופך לעלה הראשון של הנבט. הפסיג נשאר כאמור בתוך הקרקע.

## עיכוב נביטה: תרדמה ואללופתיה

זרע חי שאינו נובט גם כשנוצרים תנאים מיטביים לנביטתו, נמצא במצב של עיכוב נביטה. אפשר להסיר עיכוב נביטה באמצעות טיפול מתאים.

עיכוב הנביטה תורם להתאמת הצמחים לסביבת גידולם משתי סיבות עיקריות:

א. זהו מנגנון של הגנה עצמית המונע נביטה מיד עם רדת הגשמים הראשונים. האקלים היס-תיכוני מתאפיין בסתיו שיש בו תקופת גשם ראשונית, ולאחריה פרק ארוך יחסית ללא גשם (במקרים רבים חודש אוקטובר גשום בעוד שחודש נובמבר שחון). לו נבטו הזרעים של כל הצמחים מיד עם רדת הגשם הראשון הם היו עלולים לנבול בתוך זמן קצר. בצמחים המותאמים לאקלים יס-תיכוני קיים מנגנון המעכב את נביטת הזרע, והיא מתרחשת רק אחרי תקופה ממושכת יותר של גשמים (דהיינו בתחילת החורף ולא בסתיו). מנגנון זה אינו קיים בצמחים הזקוקים לכמות מעטה של מים כדי לקיים מחזור חיים שלם. צמחי מדבר חד-שנתיים רבים נובטים מיד עם הגשם הראשון ומסיימים את מחזור חייהם ביצירת זרעים חדשים בתוך זמן קצר מאוד. כך הם מצליחים להתקיים בסביבה דלת מים ובלתי צפויה.

ב. במקרה של אסון סביבתי, נביטה של כל הזרעים של צמח מסוים באותה עת, תגרום אובדן של מאגר גנטי שלם. פיזור הנביטה בשנים שונות של זרעים שנוצרו באותו הצמח נותן להם יתרון אבולוציוני ומגדיל את הסיכוי להמשך קיומו של מין זה.

כיצד קורה שהזרעים נובטים בשנים שונות?

על גבי אותו הצמח מתפתחים זרעים בעלי תכונות שונות כמו למשל, זרעים שעובי הקליפה שלהם שונה בפרי הקיקיון או זרעים המגלים מידה שונה של תלות בתנאי סביבה מיוחדים לצרכי הנביטה. הפצת הזרעים מפזרת אותם בסביבות שונות כשבכל אחת מהן, התנאים שונים. זרעי שיטת הסוכך למשל, נובטים רק לאחר שקליפתם נפגעה על ידי פעילות של החיפושית, חדקונית, ורק אחרי שעברו את מערכת העיכול של צבי. יש סיכוי רב שזרעים מאותו צמח "יזכו" לטיפול הנדרש במועדים שונים. בשני המקרים המתוארים נפרסת הנביטה של הזרעים מאותו הצמח על פני כמה שנים.

ממיינים את המנגנונים לעיכוב הנביטה ל-3 קבוצות עיקריות:

א. עיכוב באמצעים פיזיקליים/אנטומיים הנובעים מתכונות הדופן של קליפת הזרע:

– חדירות נמוכה של קליפת הזרע למים.

– חדירות נמוכה של קליפת הזרע לחמצן.

– קליפת זרע קשה המונעת פריצת חלקי העובר דרכה.

ב. סיבות כימיות:

נוכחות חומרים מעכבי נביטה בזרע או בפרי.

ג. סיבות אמבריוולוגיות/התפתחותיות:

אי-בשלות העובר.

כדי להסיר את העיכוב הנגרם על ידי כל אחד מהמנגנונים האלה, דרושים שינויים מתאימים בזרע:

שחיקת קליפת הזרע באמצעות תנודות של הטמפרטורה בין היום ללילה, שרפות, עיכול חלקי במערכת עיכול של בעלי חיים, פעולת חיידקים ופטטריות קרקע ועוד. אפשר להסיר את העיכוב המכני באופן מלאכותי על ידי שחיקה ופציעת הזרע, טיפול בחומצה או אפילו במיקרוגל. זרעי הכותנה עוברים לפני זריעתם טיפול מיוחד, שנועד לשחוק את קליפתם ולהסיר פלומה העוטפת את הזרע, כדי לשפר את אחוזי הנביטה שלהם. בזרעי קטניות רבים העיכוב נוצר עקב אי-חדירה של מים דרך קליפת הזרע.

בצמחים רבים שהפירות שלהם עסיסיים, קיים מנגנון פיזיקלי נוסף המונע נביטה. ציפת הפרי עשירה בסוכר וכך

המים אינם יכולים לעבור אל הזרע (המים עוברים בתהליך האוסמוזה והם ייספגו בציפת הפרי). רק אחרי שתוסר הציפה העיסיתית תתאפשר הנביטה. בדרך כלל הציפה מוסרת בתהליך ריקבון שנמשך זמן מה או כאשר הפרי עובר במערכת עיכול של בעל חיים או עם הזמן. בצמחי מדבר רבים וגם בצמחים ממשפחת הדגניים מוסר עיכוב הנביטה רק אחרי שטיפה מרובה של הזרע במים. בצמחי מדבר, מנגנון העיכוב מגן עליהם מפני נביטה בשנים שחונות. רק בשנים מרובות גשמים יוסרו מעכבי הנביטה וכך הצמח מגדיל את הסיכויים שהזרעים שלו ינבטו בהצלחה. בצמחים רבים הגדלים בחורש הים-תיכוני נהרסים החומרים מעכבי הנביטה רק בחום רב. תופעה זו מאפשרת נביטה רק אחרי שרפה. בחלקות יער צפופות יש צל רב ותחרות קשה על משאבים בקרקע. בשרפה מורחק חלק מהצומח הגבוה והצפוף, ולזרעים חדשים יש סיכוי לנבט בהצלחה.

בצמחים רבים העובר שבזרע אינו בשל עם ההפצה ונדרש לו עוד זמן כדי להשלים את התפתחותו. עד שזו לא תושלם, הזרע לא ינבט גם אם תנאי הסביבה יאפשרו זאת.

עוד תופעה שמעכבת את הנביטה של זרעים היא **האללופתיה**: קיומם של חומרים מעכבי נביטה בבית הגידול של הזרע. החומרים מופרשים על ידי צמחים אחרים בבית הגידול שמונעים בדרך זו נביטת צמחים מתחרים לידו. החומרים האללופתיים מורחקים מן הקרקע כאשר היא נשטפת על ידי גשמים ולעיתים גם על ידי שרפה.

## גדילה והתפתחות של הצמח

עם סיום הנביטה, מתחיל תהליך מואץ של גדילה והתפתחות של הצמח. בגדילה ובהתפתחות מבחינים בשני תהליכים שונים:

א. חלוקה של תאים וגידול במספרם.

ב. התארכות וגדילה של תאים קיימים.

הנבט גדל ומתפתח לצמח בוגר כשגדל מספר התאים בגופו ואחרי שהם מתמיינים לרקמות שונות. גם הנבט הצעיר תלוי בתנאי הסביבה להצלחת הגדילה. הוא זקוק למים, לפחמן דו-חמצני, לאור ולמינרלים מהקרקע. אם לא יקבל כמויות מספקת של כל אחד מהחומרים, תיפגע גדילתו לעיתים עד כדי קמילה. אלו הם צרכיו הקיומיים.

כאשר הצמח הצעיר גדל **בהיעדר** אור, מתרחשים בו תהליכי גדילה מיוחדים במינם. תאי הגבעול מתארכים יותר מהרגיל ובקצב מואץ. לעומת זאת מתעכבת העמקת השורש, התעבות הגבעול ויצירת כלורופיל בעלים. מתקבל צמח בעל גבעול ארוך ולבן. התופעה נקראת: גדילה אתיולנטית. הצמח הצעיר מנצל את כל האנרגיה האגורה בו כדי לגדול לכיוון מקור אור אפשרי או מרומז. אם הצמח אינו מצליח להגיע למקור אור, הוא יגווע ברעב וייבול. התופעה חשובה במיוחד במקרה שבו הזרע נטמן עמוק מדי באדמה. על הזרע להשקיע את כל האנרגיה שאגורה בו כדי להגיע אל מעל לפני הקרקע כדי לקלוט אור. ניתן בקלות להפוך במעבדה צמחים צעירים לאתיולנטים על ידי הנבטתם במקום חשוך.

תהליכי גדילה והתפתחות מתרחשים גם בחיי הצמח הבוגר, בעיקר בצמחים רב-שנתיים. הם נכנסים למצב של תרדמה בעונות שנה מסוימות ולתקופת צמיחה (וגטציה) בעונות אחרות. המעבר בין המצבים בצמחים שונים מותאם לבית גידולם. התקופה הרדומה בצמחי מדבר היא בקיץ. חלקם אף נשירים בקיץ וגדלים בעונות שיש בהן מים. בצמחים הגדלים באזורים ממוזגים או צפוניים, החורף הקר הוא העונה הרדומה ובתקופת זו חלה אצלם הנשירה. גם בצמחים ירוקי-עד מבחינים בתקופות שונות של גדילה ותרדמה.

בתקופת תרדמה התהליכים המטבוליים בצמח מתרחשים בקצב נמוך יותר ונוצרים רק מעט תאים חדשים או שהם לא נוצרים כלל. לעומת זאת, בתקופת הצמיחה מואץ תהליך ייצורם של תאים חדשים. הם נוצרים ברקמה מיוחדת שנמצאת לאורך הגבעול והענפים (רקמת הקמביום) או בריכוזים נקודתיים, המכונים ניצנים או קודקודי גדילה.

מהניצנים יתפתחו ענפים, עלים ועוקצים נושאי פרחים. מקודקודי הצמיחה יתפתחו ענפים חדשים. ישנם צמחים שהקודקודים הפעילים בהם מרובים במיוחד ולכן יש להם צורה מסועפת – זו צורת השיח. לעומתם, בצורה הנקראת עץ, מתקיים שלטון של קודקוד ראשי המוביל להתפתחות גזע מרכזי אחד. קודקודי הצמיחה נמצאים בקצוות ולכן גדילה הצמח מתרחשת בנקודות אלה.

## מה מעיר את הצמח?

צמחים מתעוררים בהשפעת תנאים סביבתיים. צמחים גדלים באזורים אקלימיים מגוונים, ולכן גורמים רבים משפיעים על ההתעוררות. לכל צמח התאמות המאפשרות תגובה לשילוב ייחודי של תנאים סביבתיים. התעוררות בזמן "הנכון" חיונית, כדי שהצמח יגיע לפריחה ולהצלחה ברבייה, כלומר לייצור פירות. כך למשל, אם עץ נשיר אירופי יבלב ויפרח בשיא החורף הקפוא, תהיה זו ברכה לבטלה: הפרחים ינשרו או יקפאו בגל קור שיגיע אחר כך. קור הוא אחד מהגורמים המעורר צמחים בזמן הנכון. צמחים הגדלים באזורים קרים זקוקים למנות קור (תקופות קור) מסוימות כדי להתעורר. תהליך זה נקרא שבירת התרדמה. ענף של לילך שישהה בחממה במשך החורף לא יפרח עם בוא האביב, מכיוון שלא נחשף לקור ולא "חש" את החורף המרמז על בוא האביב שלאחריו. גורם חשוב בהכוונת ההתעוררות הוא אורך היום (פוטופריודה), שפועל בדרך כלל עם גורם הקור. ככל שעונת החורף מתקרבת לסיומה הימים מתארכים. יש בצמחים חומר, פיטוכרום, שמודד את אורך היום. החומר נעשה פעיל כשהוא קולט אורכי גל מסוימים של האור בעוצמה מתאימה. כשהפיטוכרום פעיל, הוא מעורר לבלוב או פריחה בצמחים שגדלים ופורחים בעונות מסוימות. רק הגורמים הסביבתיים (טמפרטורה, אורך יום) הם אלה שגרמו להתחלת הבלוב והפריחה. אורך היום מתורגם בצמח לצורה פעילה של הפיטוכרום שמעוררת תהליכים בצמח. לפני כמה שנים התגלה הגן בצמחים הגורם לפריחה. תהליכי הגדילה של הצמח מווסתים על ידי הורמונים צמחיים מ-5 קבוצות עיקריות: אוקסינים, ג'יברלינים, ציטוקינינים, אתילן וחומצה אבסיסית. ההורמון הראשון שהתגלה והמפורסם מכולם הוא האוקסין.

## השפעת תנאי סביבה על צמחים הגדלים בחורש ים-תיכוני

במחזור החיים של הצמח מבחינים בשלבים אחדים:

1. נביטה.
2. צמיחה (גידול וגטטיבי) – הופעת גבעולים והתארכותם, תוספת עלים.
3. מוות של עלים ונשירתם.
4. יצירת ניצני פרחים ופריחה.
5. יצירת פרי.
6. פיזור זרעים.

השלבים השונים מושפעים מתנאי הסביבה: אור, לחות, טמפרטורה, כמות מים וכמות מזון בקרקע. הצמיחה מתרחשת בדרך כלל כאשר תנאי הסביבה הם הטובים ביותר. השרת עלים וגבעולים מתרחשת בדרך כלל בתנאי עקה – כשהצמח סובל מייבש או מקור קשה. שינויים בצמחים כתלות בעונות השנה בשלבים שונים במחזור חייהם נקראת: **פנולוגיה**. השינויים מתבטאים במבנה של איברי הצמח ובהתפתחותם.

באזורים של אקלים ים-תיכוני, החורף גשום והקיץ ארוך ויבש. בקיץ הצמחים סובלים עקת מים חריפה. תקופת האביב המאוחר (בחודשים מרץ-אפריל) היא הנוחה ביותר להתפתחות הצמחים, כי יש די מים בקרקע והטמפרטורות נוחות.

בקיץ, שכבות הקרקע העליונות מתייבשות אך נשמרת לחות בשכבות קרקע עמוקות יותר. רק צמחים שהם בעלי שורשים עמוקים יכולים להמשיך להתקיים בקיץ. צמחים עשבוניים, שהם בעלי שורשים שטוחים, צומחים באקלים הים-תיכוני בתקופת החורף. הם בדרך כלל חד-שנתיים ומסיימים את מחזור חייהם בתחילת הקיץ. אז הם מתייבשים ומפיצים את זרעיהם. צמחים עשבוניים רב-שנתיים, כמו הגיאופיטים, שומרים בקרקע פקעות, וצמיחתם מתחדשת בחורף הבא.

למרות הקיץ הארוך והיבש באקלים הים-תיכוני, רוב צמחי החורש הים-תיכוני הם ירוקי-עד כי יש להם שורשים עמוקים ולכן יש להם עלווה במשך כל עונת הקיץ. בשנים שבהן הקיץ קשה במיוחד העלים מתייבשים ונושרים. לפעמים מתייבש גם הצמח כולו ומת. עצים נשירים אינם אופייניים לחורש הים-תיכוני ונראה שחדרו אליו מאזורים קרים יותר.

תקופת הצמיחה, הפעילות הנמרצת והפריחה של עצי החורש, מוגבלת בדרך כלל לאביב ולתחילת הקיץ. הפירות מבשילים בקיץ. שיחים ממשפחת השפתניים, כמו געדה, צתרה, קורנית ואזוב, פורחים בתחילת הקיץ. **עצים ושיחים ירוקיי-עד בחורש היס-תיכוני:** אלון מצוי, אדר סורי, ער אציל, חרוב מצוי, בר-זית בינוני וקטלב מצוי. **עצים נשירי חורף בחורש היס-תיכוני:** אלה ארץ ישראלית, אלון תולע, אלון תבור, עוזרר קוצני, אגס סורי, כליל החורש.

לשיחים ולבני שיח יש מערכת שורשים שטוחה יותר מזו של העצים, ולכן הם חשופים לתנאי עקה בקיץ. הצמיחה והפריחה שלהם מתחילות בחורף ומתחזקות באביב. חלקם, כמו קידה שעירה, משירים את העלים בקיץ והגבעולים ממשיכים להטמיע, אם כי בקצב אטי יותר.

שיחים קטנים כמו סירה קוצנית, מרווה משולשת, לוטם מרווני ולוטם שעיר, מחליפים בתחילת הקיץ את עלי החורף הגדולים בעלי קיץ קטנים יותר. בדרך זו הם מצמצמים את שטח העלים ב-70%-80% ומפחיתים במידה ניכרת את איבוד המים בתהליך הדיות.

## דרכי ההאבקה בצמחים

ההאבקה היא פעולת העברה של גרגרי אבקה מפרח לפרח. תהליך ההאבקה הוא שלב מקדים וחיוני להפריה. מוכרות שתי דרכים עיקריות להאבקה:

**האבקה עצמית** – האבקה שבה גרגרי האבקה יכולים להגיע לצלקת של אותו פרח או לצלקת של פרחים אחרים באותו צמח.

**האבקה הזדית** – האבקה שבה גרגרי האבקה יכולים להגיע לצלקת של פרחים בצמחים אחרים.

ההאבקה תלויה בגורמים חיצוניים משני סוגים:

גורמים אביוטיים: גורמים פיזיקליים כמו רוח ומים.

גורמים ביוטיים: בעלי חיים כמו חרקים, עופות ויונקים.

## האבקה על ידי גורמים אביוטיים

### האבקה על ידי רוח

דרך ההאבקה האביוטית הנפוצה ביותר. קיימת במשפחת הדגניים, בסדרת המחטניים (כגון באורן ירושלים), במשפחת האלוניים ועוד. יש יתרון מסוים להאבקה על ידי הרוח משום שסביר מאוד שהצמח ייחשף לרוח במועד כלשהו. אך יש לדרך האבקה זו גם חיסרון גדול: הסיכוי של גרגר האבקה להגיע לפרח של צמח אחר ולהאביק אותו קטן מאוד. הרוח מפיצה את גרגרי האבקה בטווח של כקילומטר בממוצע מהצמח המפיץ ולעתים יש סכנה שלא יהיה כלל צמח נוסף מאותו מין בטווח זה. לכן, כדי להגדיל את הסיכוי להאבקה מוצלחת, צמחים שהרוח מאביקה חייבים לייצר כמות עצומה של גרגרי אבקה.

לצמחים שהרוח מאביקה אותם כמה תכונות אופייניות:

1. הפרחים לרוב חסרי עטיף צבעוני, חסרי ריח וחסרי צופנים.
2. איברי הרבייה, האבקנים והצללקת, בולטים אל מחוץ לפרח ותלויים על פי רוב על עוקצים גמישים שמיטלטלים ברוח ומגדילים בדרך זו את החשיפה אליה ואת פיזור האבקנים.
3. גרגרי האבקה קטנים יחסית וקלים. הם מצוידים לעתים ב"עזרי תעופה" (גרגרי אורן ירושלים למשל מצוידים ב"כיסוי אוויר" הגורמים להם להיות קלים במיוחד).
4. מספר גרגרי אבקה גדול במיוחד.
5. שטח הקליטה של הצלקת מוגדל. הצלקות מנוצות ולעתים אף דביקות.

## האבקה על ידי מים

דרך זו של האבקה נדירה יחסית. גרגרי האבקה נעים על פני המים או בתוכם. במקרים שבהם גרגרי האבקה צפים על המים, הם מצופים בחומר שמנוני המאפשר להם להתפזר על פני המים. החומר השמנוני גם מונע מגרגרי האבקה נזק שעלול להיגרם מהמים (למשל, בצמח רופיה). בצמחים שגרגרי האבקה שלהם נישאים בתוך המים (לדוגמה, בצמח קרנן) לגרגרי האבקה משקל סגולי דומה לזה של המים, וכך הם לא צפים אלא מרחפים בהם. גם כאן לגרגרים מעטפת שומנית המגנה עליהם מנזק שעלול להיגרם על ידי המים.

## האבקה על ידי גורמים ביוטיים - בעלי חיים

האבקה על ידי בעלי חיים היא דוגמה לקראבולוציה ייחודית. התפתחה כאן מערכת של יחסי גומלין סימביוטיים בין הפרח למאביק. המאביקים מגיעים לרוב אל הפרח בחיפוש אחר מזון. לעתים הם גם מחפשים מקומות מחסה מהסביבה. ב"תמורה" המאביק נושא גרגרי אבקה של הפרח לפרחים של צמחים אחרים. יחסי פרח-מאביק הם מהמרתקים בטבע וכוללים מערכת תקשורת מפותחת של ריח וצבע. עלי הכותרת צבעוניים וצבעם בולט על הרקע שבו הם נמצאים: לרוב צהוב או אדום על רקע של עלווה ירוקה. פרחי לילה למשל הם לבנים כדי לבלוט בחשכה. לעורקים של עלי הכותרת יש צבע שונה (לרוב צבע על-סגול הנקלט בעיני החרקים ולא בעין אדם) והם מכוונים את החרקים אל הצופנים. בצמחים מסוימים התפתחה מערכת תקשורת עוד יותר משובלת עם המאביקים. בעכנאי יהודה למשל, צבע עלי הכותרת מסמן לחרקים מהו מצב הפרח. בפרח טרי ועשיר בצוף יהיה לעלי הכותרת צבע סגול בעוד שבפרח שכבר עבר הפריה והוא עני בצוף, יהיה לעלי הכותרת צבע כחול.

גם לצורת הפרח, לגודלו ולצבעו יש חשיבות. ככל שהפרח גדול ובולט יותר בצבעו על רקע הסביבה, הוא ימשוך יותר מאביקים. פרחים קטנים מאורגנים במקרים רבים בתפרחות גדולות (אשכול, סוכך או קרקפת). לעתים מתלווים לפרחים הקטנים עלים נוספים המכונים חפים. עלים אלה צבעוניים ואינם חלק מהפרח אך עוזרים לו לבלוט (כמו למשל בבוגנוויליה שהיא צמח מטפס תרבותי נפוץ בארץ).

הפרחים גם מפיצים ריחות הנישאים למרחוק ומושכים אליהם את בעלי החיים. המולקולות הנדיפות של חומר הריח מופרשות מהפרחים ונישאות על ידי הרוח (לכן חרקים יעופו אל פרח ריחני בניגוד לכיוון הרוח). חוש הריח של ציפורים מנוון יחסית ולכן פרחים המואבקים רק על ידיהן יהיו ריחניים פחות. הריח הוא גורם חשוב במיוחד במשיכת מאביקי לילה כמו פרפרי לילה (עשים) ועטלפים. פרחים הנפתחים בשעות הערב והלילה ידועים כמדפי ריח למרחוק.

## המזון שבעלי חיים מוצאים בפרחים

הצוף הוא המרכיב התזונתי העיקרי בפרח עבור המאביק. הוא מכיל ריכוז גבוה של סוכר שיכול להגיע ל-25%. הוא מופרש על ידי רקמה מיוחדת, הנקראת צופן. כמות הצוף וריכוזו תלויים במצב הפיזיולוגי של הצמח, בגיל הפרח, בלחות הקרקע, במזג האוויר ועוד. כדי להגיע אל מקום אגירת הצוף צריך בעל החיים המאביק לגעת בחלק מגופו בצלקות ובאבקנים. בדרך זו מתבצעת ההאבקה.

בפרחים רבים קיימת התאמה בין זמן הפרשת הצוף לשעות הפעילות של המאביקים. גם לכמות הצוף נודעת חשיבות רבה. כמות גדולה מדי של צוף תגרום לכך שבעל החיים ישבע, יעזוב את הפרח ולא יגיע לפרחים אחרים כדי לבצע את ההאבקה. כמות קטנה מדי של צוף עלולה להרחיק בעלי חיים מפרחים של צמחים בני אותו מין. אבקת פרחים משמשת גם היא מזון למאביק. יש פרחים שאינם מפרישים צוף, והאבקה היא גורם המשיכה הבלעדי שלהם. הצמח "מקריב" חלק מתאי המין שלו כדי שאחרים יגיעו למטרתם. בגרגרי האבקה יש ריכוז גבוה של חלבונים, ובעלי חיים מסוימים, כמו דבורת הדבש, זהו המקור הבלעדי לחלבון. גרגרי האבקה מכילים גם סוכרים, שומנים וכמויות קטנות של מינרלים וויטמינים.

כדי לשפר את נשיאתם של גרגרי אבקה על ידי המאביקים יש להם צורה, גודל ומבנה מיוחדים. לעתים הגרגרים בעלי צלעות, שקעים, בליטות או חספוס, המאפשר את היצמדותם זה לזה או לגוף המאביק.



## האבקה על ידי חרקים

יש מגוון עצום של חרקים מאביקים והחשובים שבהם: פרפרים (יום ולילה), חיפושיות פרחים, זבובי פרחים וזבובי רחף, והמאביק המפורסם מכולם – דבורת הדבש. לדבורת הדבש יתרון חקלאי ניכר כיוון שהדבוראי (או בשמו הישן – הכוורן) יכול להציב את הכוורות בשדות בעונה ובמקום הרצוי לו, וכך לכוון את הדבורים אל המטרה המבוקשת. מן הראוי לציין שהצבת הכוורות תורמת לא רק ליצירת דבש. תהליך ההאבקה הכרחי להפריה וליצירת הפרי. החקלאים המגדלים פירות זקוקים לדבוראי כדי להגדיל את יבול השדה. נוהגים לחלק את הצמחים לפי המאביקים שלהם:

**פרחי דבורים:** לפרחים של צמחים אלה לרוב סימטריה מעגלית או דו־צדדית. עלי הכותרת חזקים כיוון שהדבורה היא חרק גדול יחסית וזקוקה למשטח אחיזה ונחיתה חזק. צבע הפרחים הוא לרוב כחול, צהוב או על־סגול והפרח מדיף ריח עדין. הצוף נסתר בעומק בינוני של לא יותר מ־6 מ"מ. האבקנים והצללקות גלויים או חבויים למחצה. דבורי־דבש מאביקות רבים מגידולי התרבות: נשירים כמו תפוחים ושיזיפים, אקליפטוס, כותנה, חמניות, אבוקדו, כל משפחת ההדרים, לוטם, דרדר ועוד. דבורת הדבש נחשבת למאביקה הטובה ביותר. הפרחים הם מקור המזון הבלעדי שלה ושל הרימות שעליה להזין. הדבורה גם חוזרת שוב לאותו המין של הפרח ("נאמנות למין"). לדבורת הדבש מערכת תקשורת תוך־מינית מרתקת, באמצעותה היא מעבירה מידע על מקומו של מקור המזון ועל איכותו.

**פרחי פרפרי יום:** לפרחים יש צבעים בולטים וריחם עדין. הפרחים זקופים וצורתם העגולה משמשת "משטח נחיתה" נוח לפרפר. מן הפרח נמשך צינור צר וארוך שנאגר בו הצוף. על הפרפר לנעוץ את החדק שלו עמוק לתוך הפרח כדי להגיע אל הצוף. תוך כדי כך הוא נוגע בחלקי הפרח השונים ומבצע את תהליך ההאבקה. בפרחים שהפרפרים מאביקים יש מעט אבקה כיוון שהפרפר אינו ניזון ממנה. צמחים מוכרים שפרפרי יום מאביקים אותם הם עופרית הכף, יערה, גרניום, לנטנה, לשון הפר ולשון הכלב וצמחים ממשפחת המצליבים והסולניים.

**פרחי פרפרי לילה (רפרפים או עשים):** פרחים אלה נפתחים בערב ונשארים פתוחים כל הלילה. בשעות אלו גם נפתחים המאביקים, ומופרשים הריח והצוף. לצמחים אלה בדרך כלל פרחים גדולים (או תפרחות גדולות) בצבע לבן או צבע בהיר אחר וריחם מתוק ועז. הצבע והריח מקלים על המאביק להגיע אל הפרח בחשכה. הצוף נאגר בצינור הפרח הארוך והצר. צמחים שרפרפים מאביקים הם: יסמין, צלף, יערה והרדוף. אחד מהצמחים הידועים שרפרפים מאביקים הוא נר הלילה החופי, צמח גר בארץ. הפרח של נר הלילה נפתח בערב לאחר שנפסקת רוח הערב, הבריזה. בדרך זו מגן הצמח על גרגרי האבקה מפני הרוח המלווה שמגיעה מהים. לפרפרי לילה רבים היכולת לרפרף מול הפרח (ומכאן שמם) ולכן הם מסוגלים לשאוב את הצוף מצינור הפרח אגב ריחוף ואינם זקוקים ל"משטח נחיתה".

**פרחי חיפושיות:** לפרחים אלה בדרך כלל צורה פתוחה ושטוחה כעין צלחת או קערה. החיפושית כבדה וחייבת לשבת על הפרח. החיפושית מטיילת על הפרח תוך כדי אכילת אבקה וצוף ולכן היא זקוקה למשטח תנועה נוח. לחיפושיות גפי פה לועסים ולא מוצצים. גרגרי האבקה מרובים מאוד כיוון שהחיפושיות ניזונות מהן. המאביקים, הצלקות והצופנים לרוב חשופים (לדוגמה חרצית, לוטם, גדילן, גזר קיפת, נורית, כלנית ופרג).

**פרחי זבובים:** לפרחים כותרת שטוחה או בעלת צינור קצר וצבעה בהיר (לבן, קרם או צהוב). הריח לעתים לא נעים לאדם. פרחים המושכים זבובים הם תפרחות של צמחים ממשפחת הסוככיים (גזר, גזרזר, אמיתה). חלבוביים, מיני לוף ולופית המפיצים ריחות רקב ועוד. הזבובים נוטים לעבור את הלילה בתוך צינור הפרח של צמחים ממשפחת הלופיים. הטמפרטורה בתוך הפרח גבוהה בכמה מעלות מהטמפרטורה בסביבה, וכך הצמח מגן על הזבוב מתנאי הסביבה. האבקנים והצללקות של פרח הלוף מבשילים בתיאום מופלא עם שעת הכניסה של הזבובים לפרח והיציאה שלהם ממנו: הצלקות מבשילות בערב והמאביקים נפתחים בבוקר, וכך נמנעת האבקה עצמית.

**פרחי ציפורים:** צורת האבקה זו נדירה יחסית בארץ אך נפוצה מאוד באזורים טרופיים וסובטרופיים של כדור הארץ. בארץ רק הצופית ניזונה מצוף. הציפורים פעילות ביום ובעלות חוש ראייה מעולה עם העדפה ברורה לצבע אדום. אין לציפורים חוש ריח טוב ולכן הפרח אינו ריחני במיוחד. הפרח גדול ומותאם למאביק הגדול. הוא מייצר כמויות גדולות יחסית של צוף. הצופית מרחפת מול הפרח ולכן עמדתו לרוב בזווית של כ־90° לקרקע. צמחים המואבקים

על ידי הצופית בארץ הם טקומית הכיף, דק פרי זקוף, כובע נזיר, אלמוגן. הצופית ידועה כגנבת צוף של ההיבסקוס הסיני: היא מנקבת את צינור התפרחת של הפרח מהצד, יונקת צוף ולא באה במגע עם איברי הרבייה של הפרח.

## האבקה זרה והאבקה עצמית ודרכי מניעתן

ההאבקה מציבה בפני הצמחים שתי בעיות עיקריות:

1. האבקה זרה על ידי גרגרי אבקה של צמח ממין זר – גרגרי האבקה הזרים יתפסו את משטח הצלקת וימנעו הגעתם של גרגרי אבקה מצמחים של אותו מין. במקרה כזה לא תתרחש הפריה עקב מחסום גנטי בין המינים.
2. האבקה עצמית מובילה להפריה, אבל הצאצאים המתקבלים ממנה דומים מאוד לצמח האם. האבקה עצמית פוגעת בשונות של האוכלוסייה ומורידה את חוסנה האבולוציוני ואת יכולתה להתמודד עם תנאי סביבה משתנים.

כדי למנוע תופעות אלו התפתחו בצמחים מנגנונים מתאימים:

כדי למנוע האבקה זרה, גרגר אבקה זר המגיע לצלקת של צמח ממין אחר לא נובט בה כלל ולא מייצר את השלוחה הפלסמטית דרכה עובר הגרעין מגרגר האבקה דרך עמוד העלי אל השחלה. גורמים גנטיים מונעים את התהליך וכך אין הפריה.

כדי למנוע האבקה עצמית קיימים מנגנונים אחדים:

- **זרבייתיות: צמחים שהפרחים שלהם חד-מיניים ויש בהם הפרדה מלאה בין איברי הרבייה:** חלק מהצמחים נושאי פרחים זכריים בלבד וחלק מהצמחים בני אותו מין נושאים פריחה נקבית בלבד (לדוגמה תמר וחרוב).
- **חד-ביתיות חד-מיניות** – בצמחים אלה הפרחים הם חד-מיניים, אך על אותו צמח יש פרחים זכריים ופרחים נקביים (לדוגמה אלון, תירס). הפרדה זו אינה מונעת לחלוטין אפשרות של האבקה עצמית, אלא אם הפרחים פורחים במועדים שונים.
- **הפרדה מבנית בין אבקנים לצלקת בפרח:** הפרח דר-מיני וההאבקה העצמית נמנעת באופן אנטומי, למשל, על ידי צלקת שהיא גבוהה מעמוד עלי גבוה ורחוקה מהאבקנים (לדוגמה סתונית).
- **הפרדה בזמן בין הבשלת האבקנים והצלקת:** הפרחים דר-מיניים אך האבקנים מבשילים ומפזרים אבקה לפני שהצלקת מבשילה (לדוגמה צמחים ממשפחת השפתניים והמורכבים). יש גם מצבים הפוכים שבהם הצלקת מבשילה ראשונה, והאבקנים סגורים. האבקנים מגיעים לשחרור אבקה בשלב שבו הצלקת כבר אינה מתפקדת ואינה קולטת אבקה (לדוגמה צמח השיכרון ומינים של דגניים).
- **שוני מורפולוגי בין הפרחים – הטרוסטיליה:** לצמחים יש שני טיפוסים פרחים: בפרח מסוג אחד יש עמוד עלי ארוך ואילו האבקנים נמצאים עמוק בתוך הפרח. בפרח מהסוג השני המצב הפוך: האבקנים נמצאים מעל עמוד העלי עם הצלקת, שחבוי עמוק בתוך הפרח. כל צמח נושא רק טיפוס אחד של פרח. האבקה מוצלחת מתאפשרת רק בין פרחים משני טיפוסים שונים. אם יגיע גרגר אבקה של פרח מטיפוס אחד לפרח אחר מאותו טיפוס לא תתרחש ההאבקה. בארץ התופעה קיימת בחמציץ. החמציץ הוא צמח גר ולאורך הגיע רק סוג אחד של פרח בלבד. מסיבה זו החמציץ אינו מתרבה בארץ ברבייה מינית (אלא רק ברבייה אל-מינית).
- **מנגנון אי-סבילות עצמית:** זהו מנגנון המונע נביטת גרגר האבקה או מונע את הגעתו לשחלה אם הוא שייך לאותו צמח או לצמח אחר הזהה לו מבחינה גנטית. יש כאן תהליך של "הכרה עצמית גנטית" ורק גרגר אבקה שמבנה הרקמה שלו אינו "מוכר" יצליח לנבט (לדוגמה חמנייה).

## האבקה עצמית

בצמחים רבים קיימת האבקה עצמית, ביניהם צמחים שמתקיימת בהם גם האבקה זרה בהיקף מוגבל. יש להאבקה עצמית יתרון אבולוציוני. היא מונעת תלות מוחלטת של הצמח במאביק חיצוני, תלות שבמצבים מסוימים, כמו הכחדת המאביק, יכולה למנוע האבקה בצמח. כך הצמח מצליח להתרבות ולשמר את המין גם במחיר של הפריה עצמית ויצירת צאצאים הדומים להורים. דוגמה מרתקת לכך היא אוזן הגדי ממשפחת המורכבים. יש לו, בנוסף לפריחה הרגילה, גם פרחים תת-קרקעיים. פרחים אלו אינם נחשפים כלל לחרקים, ולכן ההפריה המתרחשת בפרחים אלו היא הפריה עצמית.

## על נשימה, פוטוסינתזה ופיוניות

הפתחים הזעירים בעלים נקראים בשם פיוניות. אפשר להבחין בהם רק באמצעות מיקרוסקופ. אפשר לצפות בעלה של פטרוזיליה שעשיר במיוחד בפיוניות בולטות. נסתכל בצד התחתון הבהיר יותר של העלה במיקרוסקופ אור. אפשר לקלף בעדינות את שכבת האפידרמיס התחתון השקופה מעלה של יהודי נודד ולהתבונן במיקרוסקופ. דרך הפיוניות נקלט פחמן דו-חמצני, הגז המשמש את הצמח בתהליך הפוטוסינתזה. דרך הפיוניות גם נפלט חמצן הנוצר בתהליך. בד בבד עם תהליך הפוטוסינתזה הצמחים גם נושמים, כלומר קולטים חמצן ומפריקים פחמנים. כך מפיקים הצמחים את האנרגיה הנחוצה לתהליכים המתרחשים בתאים. בתהליך הנשימה נפלט פחמן דו-חמצני. הצמחים נושמים בכל שעות היממה ואילו תהליך הפוטוסינתזה מתרחש בתאים רק בשעות האור ביממה. כאשר יש די אור, תהליך הפוטוסינתזה מתרחש בעוצמה גדולה יותר מתהליך הנשימה, לכן נפלט חמצן לאטמוספירה ונוצרים חומרים אורגנים. שני אלה משמשים אחר כך את כל עולם החי. מכאן החשיבות העצומה של הצמחים לקיום החיים ולשמירה על האיזון האקולוגי בכדור הארץ.

## ביבליוגרפיה לפרק: אל הצמחים שבעמק הנעלם

- אביצור ש., (1978), אדם ועמלו, אטלס לתולדות כלי עבודה ומתקני ייצור בארץ ישראל, תל אביב אלון ע., (עורך), (1988), החי והצומח של ארץ ישראל, כרכים 12-8, תל אביב אלמן א., אושרוב ש., (1982), צמחים מטפסים, תל אביב ארבל א., דנין א., (1998), החי והצומח של ארץ ישראל, אטלס כרטא, תל אביב ברטוב, ח., (תשכ"ט) חיי הצמחים בעלי זרע, תל אביב ברטוב, ח., (תשל"ג) בוטניקה כללית, תל אביב ברני ד., (1995), כיצד פועל הטבע? האנציקלופדיה המדעית החדשה, ישראל גולסטון א., ו., (1968), חיי הצמח הירוק, תל אביב גינוסר, ש., (1993), תקשורת בצמחים, ירושלים דפני א., (1996), פרחים, סגולות ואגדות, תל אביב דפני א., חי וצומח בעונתו/ פרחים והאבקתם, ירושלים ויזל י., פולק ג., כהן י., (1982), אקולוגיה של הצומח בארץ ישראל, תל אביב זהרי מיכאל, (1993), מגדיר חדש לצמחי ארץ ישראל, תל אביב זיו ע., רימון ד., (1998), צמחים בחקלאות, ירושלים חקר החיים: "ויסות ותיאום" (ספר התלמיד), (1985), ירושלים לביא ד., (1969), צמחי תנ"ך בנופיהם, חיפה מאיר, א.מ., פוליקוב-מיבר, א., (1982) נביטת זרעים, ירושלים עולם הצומח, (1996), טיים-לייף לנוער, ישראל פאהן א., (1967), אנטומיה של הצמח, ירושלים פוטיבסקי א., דפני א., (1979), תבלינים, תל אביב פולק ג., (עורך), (1998), עולם הצומח, האנציקלופדיה המדעית לנוער, ירושלים פולק ג., פרבולוצקי א., (2001), אקולוגיה: התיאוריה והמציאות בישראל, ירושלים פליטמן ע., חן ק., דנין א., שמידע א., (1983), צמחי ישראל בתמונות, תל אביב פרקי ביולוגיה וחקלאות: הצמח סביבתו והתפתחותו, הפרק על הזרע והנביטה, ירושלים צומח וצמחים, (1996), האוניברסיטה הפתוחה, יחידה 4, מבנה הזרע והנביטה צומח וצמחים, (1996), האוניברסיטה הפתוחה, יחידה 7, הפצת זרעים ופירות צמחים ובעלי חיים, (1992), תצפית למדעי הטבע, אנציקלופדיה מדעית לנוער, תל אביב קריספיל נ., (1996), טעם החיים הכול - על תבלינים, תל אביב קריספיל נ., (1987), ילקוט הצמחים, צמחי הרפואה והתועלת של ארץ ישראל, ירושלים ריכטר ר., (1987), ארץ ירוקה שלי, ריכטר, תל אביב רימון, ד., (1990) "זרע, זריעה ונביטה" הכותנה, מוסף דו-חודשי של ענף הכותנה, חוב' 4 שמידע א., דרום ד., (1986), מדריך פרחי הבר בישראל, ירושלים