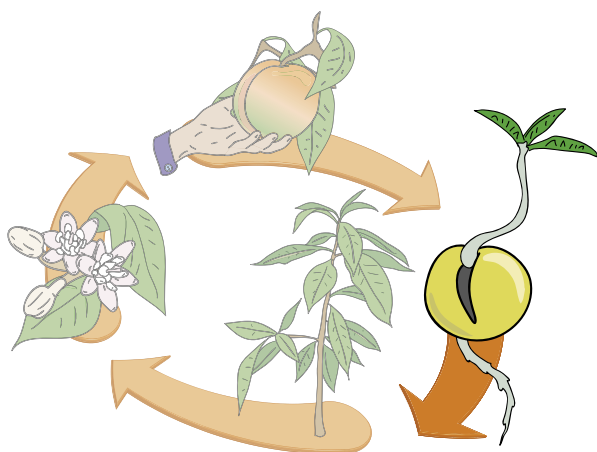




ב מזרע לנבט: תהליך הנביטה

מבוא

הזרעים הם המקשרים בין דור אחד של צמח לבין הדור הבא אחריו. בעופר שבזרע מצוי המידע התורשתי העופר מדור לדור. לאחר נביטתו של הזרע, בתנאים מתאימים, יתפתח צמח חדש.

זרעים יש רק לצמחים עילאיים, ונהוג לחלק צמחים אלה לשתי קבוצות על-פי דרך יצירתם של הזרעים: **חשופי זרע** - צמחים שהזרעים שלהם אינם מתפתחים בתוך פירות **ומכּוּסִי זרע** - צמחים שזרעיהם מתפתחים בתוך פירות (ראו איור א-3, בעמוד 6). מכּוּסִי הזרע הם מוקד העניין בספר זה משום שרוב הצמחים שבני-האדם משתמשים בהם כמזון ומנצלים אותם לצרכים אחרים, שייכים לקבוצה זו.

הרחבה: אשה על אבולוציה



צמחי הזרע הראשונים שהופיעו על פני כדור הארץ, לפני כ־350 מיליון שנה (הרבה לפני הדינוזאורים!) היו חשופי זרע. צמחים מכּוּסִי זרע התפתחו לאחר התפתחות הצמחים חשופי הזרע. מבין מגוון מיני הצמחים הידועים בעולמנו כיום, רק פחות מ־1,000 מינים הם חשופי זרע וכ־260,000 מינים הם מכּוּסִי זרע. חשוב לציין שצמחים חשופי הזרע כמו עצי המחס (אורן וברוש) מכסים שטחים עצומים והעצים מנוצלים כמקור לעץ ולתעשיית הנייר.

1. מבנה הזרע

- לכל מין צמח זרעים אופייניים לו, וניתן לראות הבדלים בגודל, בצורה ובצבע הזרעים. הבדלים נוספים כמו הרכב החומרים בזרע אינם נראים לעין. לכל הזרעים שלושה חלקים עיקריים:
- ♦ **עובר** שיתפתח בתנאים מתאימים לצמח והוא תחילתו של הדור החדש,
 - ♦ **חומרי תשמורת** - פחמימות, שומנים וחלבונים, שיזינו את הנבט ואת הצמח הצעיר בראשית דרכו. חומרי התשמורת אגורים בפסגים או ברקמה ייחודית - **אנדוספרם**.
 - ♦ **קליפה** המגנה על העובר מפני פגיעות ונזקים: נזק העלול להיגרם מחיכוך עם הקרקע, חדירת גורמי מחלות וטריפה על-ידי בעלי-חיים.

פעילות ב-1: תצפית בפרטים



השוו בין תכונות זרעים שונים (כגון: בוטן, אבוקדו, חיטה, משמש, מנגו, עגבנייה, פלפל, תפוח, תפוז) על פי תכונות אלה: גודל, תכונות הקליפה, גודל העובר.

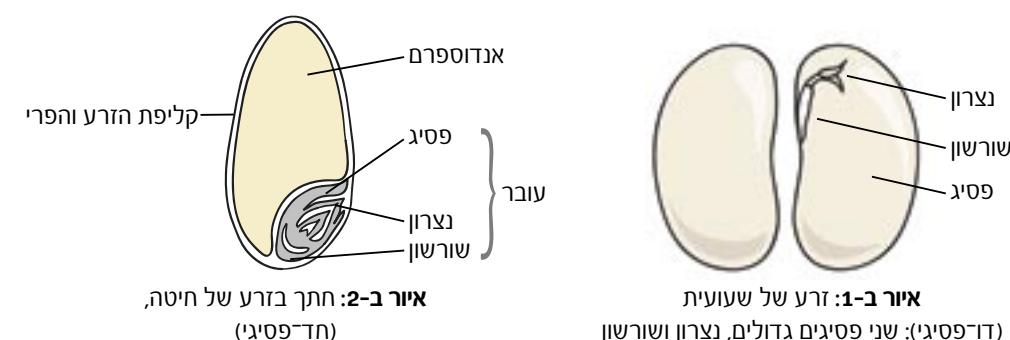
1.1 העובר

העובר הוא תוצר של תהליך ההפריה שהתרחש בפרח ונושא בתאיו מידע תורשתי שמקורו ב"הוריו". זהו למעשה צמח זעיר שעתיד להתפתח לאחר הנביטה לצמח בוגר. העובר כולל **שורשון**, **נצרון** ו**פסיג** אחד, או שני פסיגים ואף יותר (תלוי במין הצמח). השורשון יתפתח למערכת השורשים, הנצרון יתפתח לגבעול ולעלים. הפסיגים, המכילים **חומרי תשמורת**, יתרוקנו עם התקדמות תהליך הנביטה. בזרע של **שעועית** למשל, אפשר לראות את הצמח הזעיר המונח בין שני הפסיגים, ואף להבחין בחלקיו (איור ב-1): השורשון והנצרון.

הרחבה: חד-פסיגי ודו-פסיגי



צמחים מכוסי זרע נחלקים לקבוצות על פי מספר הפסיגים שבזרעיהם: **חד-פסיגיים** למשל: חיטה, תירס, בצל ו**חצב** (איור ב-2). **דו-פסיגיים** למשל: **שעועית** (איור ב-1), **בוטן**, **אפונה**. יש גם צמחים שזרעיהם רב-פסיגיים כמו האורן השייך לחשופי הזרע.



איור ב-2: חתך בזרע של חיטה, (חד-פסיגי)

איור ב-1: זרע של שעועית (דו-פסיגי): שני פסיגים גדולים, נצרון ושורשון

2.1.1 חומרי תשמורת

חומרי התשמורת - פחמימות, חלבונים ושומנים - הם המקור לחומרי הבניין המשמשים את העובר לגדילה ולהפקת אנרגיה עד לשלב שבו יש לנבט עלים ירוקים. בעלים הירוקים יתבצע תהליך הפוטוסינתזה שיאפשר לנבט לגדול ולהתפתח לצמח בוגר.

חומרי התשמורת אגורים בזרע ברקמה מיוחדת מסביב לעובר - **אנדוספרם** - או בפסיגים. יש זרעים שבהם הפחמימות הם חומר התשמורת העיקרי, ויש כאלה המכילים יותר שומנים מפחמימות (איור ב-3).

בזרעי **השעועית** או **הבוטן** ניתן לראות בבירור את העובר ואת הפסיגים בהם מצויים חומרי התשמורת המלווים את העובר בראשית דרכו לחיים עצמאיים. קל לראות שהפסיגים גדולים הרבה יותר מהעובר הזעיר ומהווים את רוב המסה (המשקל) של הזרע. במהלך הנביטה יתרחשו בפסיגים שינויים כימיים שיאפשרו לעובר לנצל את החומרים שבפסיגים לגדילתו ולהפקת אנרגיה.

חומרי התשמורת, בשל ערכם התזונתי הרב והאפשרות לשמרם לזמן ארוך, הם הסיבות לכך שזרעים משמשים מקור מזון חשוב לבני-אדם ולבעלי-חיים אחרים.

תכולת המים בזרעים של רוב מיני הצמחים היא נמוכה מאוד כ-10% (להשוואה: תכולת המים ברקמות הצמח היא: 80%-95%) וקצב פעולות החיים המתרחשות בהם הוא איטי ביותר וכמעט בלתי ניתן למדידה. הזרעים מתייבשים בתום התפתחותם על צמח האם כתוצאה מניתוק מערכת הובלת המים לפרי ולזרעים שבתוכו. תכולת המים הנמוכה של הזרעים היא אחת הסיבות לכך שזרע לא נובט מיד בתום הבשלתו, אלא רק לאחר שהוא נחשף למים שחדרו לתוכו ומאפשרים את הפעילות הביולוגית. תכולת המים הנמוכה מהווה יתרון לזרעים; הודות לכך הם יכולים לשרוד במצבים קיצוניים כמו יובש וכפור וגם בעת שהזרעים מופצים באוויר היבש לא נגרם נזק לעובר. למצב היבש של הזרעים יש גם חשיבות כלכלית, הוא מאפשר לשמור אותם לאורך זמן.



מזון מזרעים: גרעיני תירס מותפחים (פופקורן)

משימה - אורל עם עדשים ופסל

1 כוס עדשים ירוקות
3 כפות שמן זית
2 כפלים קצוצים דק
2 כוסות אורז מלא
מלח ופלפל שחור
1/2 4 כוסות מים
כאון

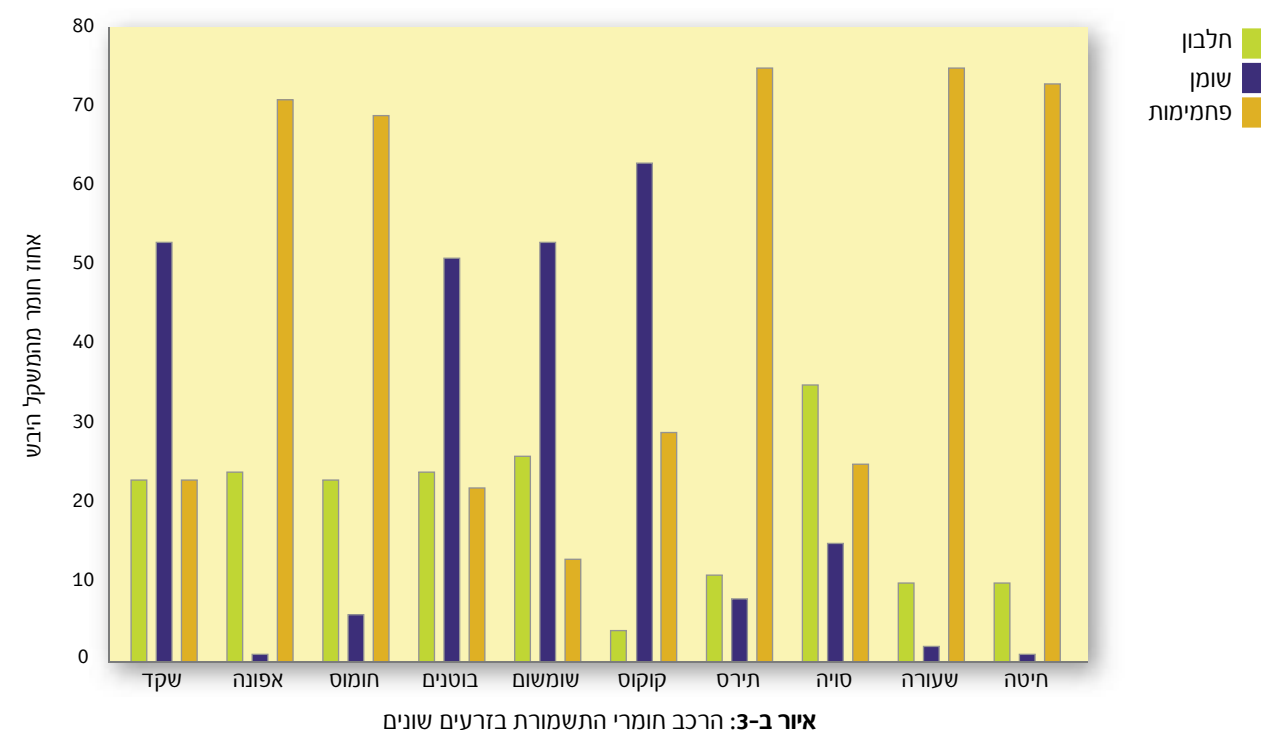
משרים את העדשים במים למשך 3 שעות. מסננים, מעבירים לסיר. מוסיפים מים עד כיסוי ומביאים לרתיחה. מבלעים עד להבה נמוכה עד שהעדשים יתרככו כ-20 דקות ומסננים.

מחממים בסיר כבד את השמן ומטגנים את הבצל עד שיזהיב. מוסיפים את האורז, מתבלים במלח ופלפל, כאון, מטגנים 2 דקות. מוסיפים את העדשים ומערבבים. מוסיפים את המים, מביאים לרתיחה, מבלעים עד להבה נמוכה כ-20 דקות. מכבים, משהים 15 דקות ומערבבים.

??

שאלה ב-1

- ענו על השאלות הבאות על פי הנתונים באיור ב-3:
- על פי המוצג באיור ב-3 מה המשותף לכל הזרעים?
 - באילו זרעים אחוז הפחמימות הוא הגבוה ביותר מבין חומרי התשמורת שבזרע?
 - באילו זרעים אחוז החלבונים גבוה מ-20%?
 - מהי חשיבותם של זרעים כמזון לבעלי-חיים ולבני-אדם? נמקו.
 - לצמחוניים ממליצים לשלב בתזונתם מוצרי מזון שיוצרו מזרעי חיטה או שעורה עם בוטנים או זרעי סויה. מהו הבסיס להמלצה זו?



מעניין לדעת: מה בין פרח לבגידה?



חומרי המזון שבזרע הם תרומת הצמח ההורה לצאצאיו, מעין "צידה לדרך". מבחינה זו דומים החומרים שבזרעים לחומרים שבביצת הזוחלים והעופות שגם הם נוצרו בגוף ההורה ומשמשים את הדור החדש בראשית דרכו.



"צידה לדרך": זרע של אבוקדו וביצה של תרנגולת - דומים בצורה ובתפקוד

3.1 ב קליפת הזרע

הקליפה היא השכבה החיצונית העוטפת את הזרע ומגינה עליו מפני פגיעה מכנית, מפני גורמי מחלות ומפני פעילות כימית (למשל: מיצי העיכול בקיבת בעלי-חיים). ברוב הזרעים הקליפה אינה אטומה למים, אך באותם זרעים שקליפתם בלתי חדירה למים ואו לאוויר הנביטה נמנעת או מתעכבת כל עוד הקליפה שלמה.

הקליפה יכולה להכיל גם חומרים מעכבי נביטה. קליפה קשה יכולה לעכב נביטה כתוצאה מהתנגדות מכנית לצמיחת השורשון.

לעתים יש לקליפה תפקיד גם בהפצת הזרעים במרחב. למשל: תוספת של שערות מסייעת להפצה בעזרת רוח (איור ב-4), קליפה הבנויה רקמת שעם ספוגית ומכוסה מעטה אטום למים, מאפשרת הפצה באמצעות מים.



איור ב-4: מבנה זרעים שמתאם לדרך הפצתם. ימין: זרעי הרדוף בעלי שערות מותאמים להפצה על ידי רוח; שמאל: זרעי חבצלת החוף שקליפתם עשויה רקמת שעם ספוגית, מותאמים להפצה באמצעות מים

2. תהליך הנביטה

הנביטה היא שלב חשוב מאוד במחזור חייו של הצמח, מכיוון שמועד הנביטה ומקום הנביטה קובעים במידה רבה את סיכוייו של הנבט להתפתח לצמח בוגר, לשרוד ולהעמיד צאצאים. המלאי המוגבל של חומרי התשמורת מחייב שהנבט יתבסס ויוכל לחיות חיים עצמאיים בטרם יאזל מלאי חומרי התשמורת. במהלך שנים רבות מאוד של אבולוציה התפתחו בצמחים מנגנונים לבקרה של מועד הנביטה והתאמתו לתנאי הסביבה. מנגנונים אלה מבוססים על יכולת הזרע לחוש באותות סביבתיים המעידים על התנאים בסביבה, כגון נוכחות מים, מספר שעות האור וטיבו והטמפרטורה.



מהם היתרונות של התרדמה בזרעים? מדוע לא לנבט מיד?

השהייה במצב תרדמה היא תכונה חשובה של זרעים, משום שהיא מאפשרת לזרע לנבט בתנאים המתאימים ביותר לנביטה, לצמיחה ולייצור דור חדש של זרעים. בארצנו, נביטה לאחר גשם חד-פעמי בעונת הקיץ השחונה יכולה לגרום לתמותה המונית של נבטים. מכאן שלזרעים רדומים של צמחי חורף חד-שנתיים יש יתרון ברור מהמתנה במצב תרדמה עד רדת הגשמים בעונה המתאימה.

מעניין לדעת: הפרע העתיק ביותר בעולם שנמצא ונבט



"מתושלח"

בשנת 1963 נמצאו בחפירות ארכיאולוגיות במצדה כמה זרעים של עץ התמר. גילם, על פי המחקרים שנערכו, הוערך ב-2000 שנים לערך. בשנת 2005 נזרעו חמישה מהזרעים בקיבוץ קטורה שבנגב. החוקרים התרגשו לצפות בנביטה ובהתפתחות של אחד הזרעים לעץ תמר. הם קראו לעץ בשם "מתושלח", על שמו של מתושלח המוזכר בתנ"ך אשר חי כמעט 1000 שנים (ועדיין צעיר מזרע התמר). האם "מתושלח" העץ הוא זכר או נקבה יידעו החוקרים רק כאשר העץ יגיע לפריחה. (מדוע?) על כך תקראו בפרק ד' העוסק ברבייה.

לשהייה במצב תרדמה וליכולת להפיץ את הזרעים יש יתרונות להמשכיות המין. הן מאפשרות פיזור בזמן וגם פיזור במרחב המגדילים את סיכויי של המין לשרוד. כלומר יש סיכוי שהדור החדש יתפתח במועד שבו התנאים טובים הן לנביטה והן להמשך ההתפתחות. גם ייתכן שהדור החדש יתפתח במקום אחר שבו הוא אינו חשוף לתחרות ואולי התנאים האביוטיים והביוטיים הדרושים להתפתחותו טובים יותר מאשר במקום היווצרותו, סמוך לצמח האם.

עם זאת לשהייה במצב תרדמה ולהפצה במרחב ייתכנו גם חסרונות. תרדמה ממושכת מגדילה את הסכנה שהזרעים ייאכלו או ייפגעו על ידי גורמי מחלה, כמו פטריות או ייפגעו בשריפה במהלך התרדמה. ובאשר להפצה - ייתכן שהזרעים יגיעו למקום שבו אין תנאים מתאימים לנביטה ו/או להמשך התפתחות הנבט.

פעילות ב-2: הנבט לזרעים



בחרו כמה מיני זרעים המצויים במטבח שבביתכם שאותם תרצו להנביט: חיטה, פלפל, אפונה, חומס, שעועית, עדשים, תירס (פופקורן) וכדומה.

- ♦ הכינו צלחות חד-פעמיות כמספר מיני הזרעים שברצונכם להנביט. רפדו את הצלחות בכמה שכבות של מגבות נייר והרטיבו אותן.
- ♦ השרו את הזרעים במים למשך הלילה.
- ♦ אחרי ההשריה הניחו על כל אחת מהצלחות 10 זרעים של מין אחד. מדי יום הציצו במתרחש ובדקו האם התחילה נביטה.
- ♦ הרטיבו את הצלחות מדי פעם.
- א. רשמו את תצפיותיכם מדי יום.
- ב. לאחר כשבוע ספרו את מספר הזרעים שנבטו וחשבו את אחוזי הנביטה לכל מין בדרך הבאה:

$$\frac{\text{מספר הזרעים שנבטו} \times 100}{\text{מספר הזרעים שנזרעו}}$$

- ג. אם אחוז הנביטה נמוך מ-50% או שהזרעים לא נבטו כלל - העלו שתי השערות העשויות להסביר את הממצאים.
- ד. הכינו טבלה שבה תשוו בין מיני הזרעים השונים. התייחסו לאחוז נביטה, כיצד נראים הנבטים וכמו כן משתנים נוספים שאותם תבחרו להוסיף לטבלה.

1.2.2 תרדמה בזרעים

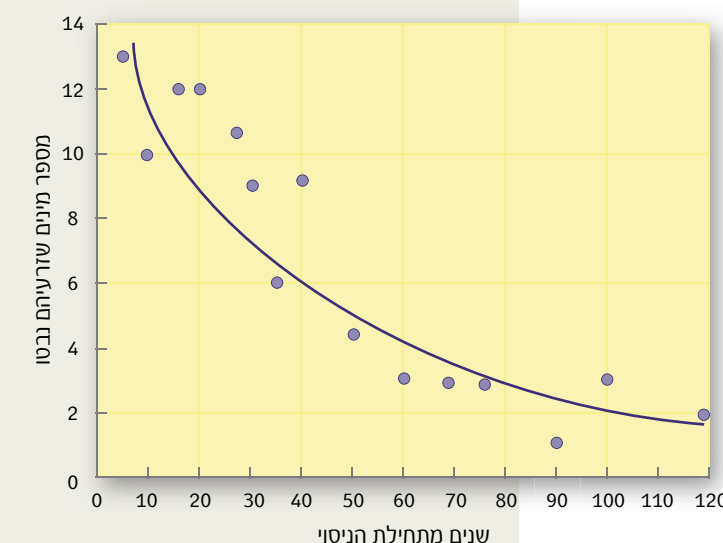
יש זרעים שנובטים מיד עם רדת הגשם הראשון או לאחר השקיה. יש זרעים המאבדים את היכולת לנבט לאחר ימים ספורים מהבשלתם ויש זרעים של צמחים רבים שאינם נובטים מיד גם בתנאים מתאימים לנביטה, משום שהם נמצאים במצב **תרדמה** שיכול להימשך זמן רב. משך הזמן שזרע יכול להישאר במצב תרדמה משתנה בהתאם לסוג הצמח ותלוי גם בתנאים הסביבתיים. יש זרעים השורדים במצב של תרדמה שנים אחדות מבלי לאבד את כושר נביטתם. התרדמה מושפעת ממידת חדירות קליפת הזרע למים וקשיותה, מנוכחותם של חומרים מעכבי נביטה וממידת התפתחותו של העובר. היציאה ממצב התרדמה תלויה הן **בגורמים הפנימיים** והן **בגורמים החיצוניים** (הסביבתיים) כמו אור, חמצן וטמפרטורה מתאימה.

חומרים **מעכבי נביטה** נמצאים גם בפירות מסוימים והם מעכבים את הנביטה של הזרעים הנמצאים בפרי עצמו. למשל בצמח *גרגרנית ערבית* הגדל במדבר מצויים חומרים מעכבי נביטה בקליפת התרמיל. רק לאחר שירד גשם רב ששטף את החומרים המעכבים, תתאפשר נביטה. מניעת הנביטה של הזרעים בתוך הפרי מעלה את הסיכוי שהנביטה תתרחש לאחר שיופצו הפירות והזרעים בתוכם.



אשנה לאחקר ב-1: כמה שנים שומרים זרעים את כושר הנביטה?

השאלה לעיל עוררה את סקרנותו של החוקר האמריקאי ד"ר ג'יימס ביל (James Beal). בשנת 1879 הוא הכין 20 כלים ובהם חול וזרעים של 23 מיני צמחים (50 זרעים טריים מכל מין בכל כלי). את הכלים עם הזרעים טמן החוקר בקרקע בצורה שמנעה חשיפה לאור וכניסת מים. מדי כמה שנים הוצא מהקרקע כלי אחד, והזרעים שבתוכו הונבטו. ב-40 השנים הראשונות הוצאו כלים מהקרקע מדי 5 שנים, ובשנים שלאחר מכן הוארך פרק הזמן שבין בדיקה לבדיקה ל-10 שנים ואף ל-20 שנה. בכל בדיקה נקבע מספר המינים שזרעיהם הצליחו לנבט. ברוב המקרים לא נבטו כל 50 הזרעים שהוכנסו לכלי בתחילת הניסוי, אולם גם אם נבטו זרעים בודדים של מין מסוים הוא נכלל בספירת המינים שנבטו באותה שנת בדיקה. הכלי ה-15 (מתוך 20) הוצא מהקרקע בשנת 2000, 120 שנה לאחר שנטמן בקרקע! תוצאות הניסוי נאספו במהלך השנים ומוצגות באיור ב-5.



איור ב-5: מספר המינים שזרעיהם נבטו במהלך השנים. שימו לב: הנקודות מסמנות את התוצאות שהתקבלו בכל שנת בדיקה, והקו מסמן את המגמה הכללית העולה מהתוצאות.

- תארו את ממצאי הניסוי על סמך הנתונים המוצגים באיור ב-5.
- לפניכם רשומות כמה מסקנות. ציינו לגבי כל מסקנה האם היא מתאימה לממצאים ונמקו.
 - כל מיני הזרעים שומרים על כושר הנביטה לפחות 5 שנים.
 - כושר הנביטה הולך ויורד עם השנים.
 - כמחצית ממיני הזרעים בניסוי שומרים על כושר הנביטה למשך כ-20 שנים.
 - רק מינים מעטים שומרים על כושר הנביטה במשך יותר מ-50 שנה.
- החוקרים ימשיכו להוציא מדי כמה שנים מהקרקע את 5 הכלים שנותרו. מה לדעתכם, יהיה מספר המינים שזרעיהם ינבטו בשנים הבאות? על מה מבוססת השערתכם?
- במקביל להנבטת הזרעים מהכלים שנטמנו בקרקע והוצאו ממנה, הוסיפו החוקרים תבנית הנבטה עם מצע זהה לזה שבו הונבטו הזרעים, אך ללא זרעים. תבנית זו הועמדה לצד התבניות שבהן הונבטו הזרעים והיא הושקתה באותן כמויות של מים. בתבנית זו לא נבט דבר. הסבירו מהי החשיבות של ממצא זה.

מעניין לדעת: בנק זרעים



ברחבי העולם קיימים כ-1,300 בנקים של זרעים, שבהם נשמרים זרעים של יותר מ-6 מיליון אוכלוסיות ומינים שונים של צמחים, שהם רק חלק קטן ממגוון המינים והאוכלוסיות הקיים בעולם. מטרת בנקים אלו לשמר את מגוון הצמחים, בפרט אלה שבהם תלוי קיומם של בני-האדם. הזרעים מוחזקים במקומות רבים בכספות תת-קרקעיות בטמפרטורה של 20 מעלות מתחת לאפס.

בעקבות אבדנם בשנים האחרונות של מספר בנקי-זרע (בעירק, אפגניסטן, ועוד), וכדי להבטיח את שימורם של הזרעים, הוקם בנק הזרעים באי סוולברד (Svalbard) שבנורווגיה, בסמוך לקוטב הצפוני. הבנק ממוקם במנהרה שנחפרה בתוך הר, והוא מתוכנן כך שלא ייפגע מאסונות למיניהם כגון רעידת אדמה ומלחמה גרעינית. מיקומו של הבנק קרוב לאזור הקוטב מהווה יתרון, מכיוון שאין צורך במקורות אנרגיה חיצוניים להורדת הטמפרטורה להקפאת הזרעים.

זרעים עשויים להישמר מאות ואפילו אלפי שנים (היזכרו בזרע התמר "מתושלח"), עם זאת רוב הזרעים אינם נשארים חיוניים למשך זמן כה ארוך, ולכן יש לרענן את המאגר מידי פעם באמצעות זריעת הזרעים לצורך קבלת זרעים חדשים.

גם בישראל הוקם ב-1979 בנק זרעים ומטרתו לשמר זרעים של צמחים בעלי חשיבות לחקלאות בישראל ובמזרח התיכון.

2.2 מתרדמה לנביטה

היציאה ממצב התרדמה ("שבירת תרדמה") והמעבר לנביטה ולגדילה של העובר תלויים בסילוקם של אותם גורמים ששמרו על הזרע במצב של **תרדמה**. תרדמה שגורמת בשל קליפות המונעות כניסת מים ו/או חמצן אפשר ל"שבור" על ידי סילוק המכשול, כלומר סילוק הקליפה או המעטה הקשה. בזרעים בעלי קליפה קשה מאוד (כדוגמת *זית*, *משמש*, *אפרסק* ו*שזיף*) שחיקת הקליפה באמצעים מכניים או כימיים תזרז נביטה.

לרבים מצמחי החורש בארץ, כגון: *אשחר* ארץ ישראל, *בר-חית*, *עוזרר קוצני* יש פירות צבעוניים ועסיסיים הנאכלים על ידי ציפורים. הזרעים מופרשים ללא פגע עם הלשלת של הציפורים במרחק רב ממקום גידולו של הצמח וכך הם מופצים למרחק מצמח האם; לעתים נביטתם אף מזורזת בעקבות המעבר במערכת העיכול של הציפור. במיני צמחים אחרים הנביטה מתאפשרת דווקא לאחר שריפה: זרעים בעלי קליפה עבה או אטומה למים ינבטו לאחר שיחרכו בעקבות שריפה, למשל: זרעי *קידה שעירה* ומיני *לוטם*.



עץ עוזרר ופירות



התארכות השורשון והצצת הניצרון נביטה בזרעי עדשים

הצצת השורשון

מקובל לחלק את תהליך הנביטה לשלושה שלבים:

1. **תפיחה**,
2. תחילת **נשימה תאית ופעילות אנזימתית**,
3. בקיעת **השורשון** ואחריו **הניצרון**

לאחר שלבים אלו הנבט מתחיל לצמוח.

משך הנביטה משתנה בין צמח לצמח ונע בין מספר שעות (ואף פחות מיממה) למספר ימים, תלוי במין הצמח ובתנאי הנביטה.

לכולנו מוכר הביטוי "ללא מים אין חיים" ואכן, תנאי מוקדם והכרחי לנביטה הוא **מים**.

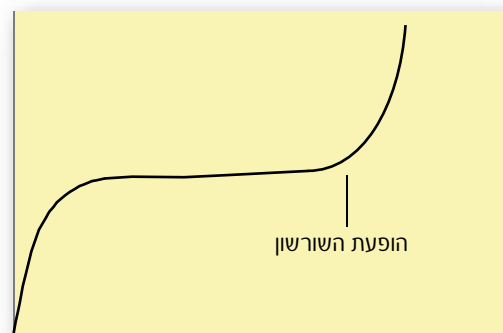
תפיחה

הצורך במים בשלב התפיחה בנביטה נובע מתכונה של תאים חיים: הפעילות הביולוגית והכימית בתאים מתרחשת בתמיסה מימית.

קליטת המים גורמת לתפיחה נראית לעין של הזרע. התפיחה מגדילה מאוד את נפחו וגורמת להפעלת תהליכים של חילוף חומרים בתאים. התפיחה מתרחשת **גם אם העובר מת**, אך השלב השני - נשימה תאית ופעילות אנזימתית - יתרחש רק אם העובר חי. שיעור ספיחת המים הגורם לתפיחה תלוי בהרכב הכימי של החומרים הסופחים בזרע, בחדירות הקליפה למים ובזמינות המים לצמח.

תהליך התפיחה נמשך מספר שעות ובמהלכן חודרים מים לזרע ונספחים לחומרים שבו. החלבונים סופחים את עיקר המים. בעקבות חדירת המים נוצר בתוך הזרע לחץ הפועל מבפנים על הקליפה. לחץ זה גורם לסדקים בקליפה ואף לבקיעת הקליפה במקומות שונים. לרוב נבקעת הקליפה מול השורשון, והוא פורץ החוצה דרך הפתח שנוצר. בקיעת הקליפה מאפשרת מעבר גזים ומים מהיר יותר, אלו חיוניים להמשך הנביטה (איור ב-6).

קליטת מים (עלייה במשקל רטוב)



זמן (שעות)



איור ב-6: ימין: זרעים יבשים של חומס לצד זרעים שתפחו; שמאל: מהלך כללי של קליטת מים על ידי זרע יבש בתלות בזמן



אשנה לאחקר ב-2: קליפה עבה ונביטה

למינים רבים של צמחים יש זרעים בעלי קליפה שאינה מאפשרת חדירת מים לזרע. כניסת מים לזרע חיונית לתהליך הנביטה. כאשר נכנסים מים אל תוך הזרע הוא תופח. בניסוי שתוצאותיו מובאות בטבלה ב-1 נחשפו זרעים של מיני שיטה לשני טיפולים: א: השריית הזרעים למשך 72 שעות בכוהל הממיס חומרים בקליפה ומאפשר כניסת מים, ב: שיוף של הקליפה הקשה. קבוצה נוספת של זרעים מכל מין לא עברה כל טיפול.

טבלה ב-1: אחוז הזרעים שתפחו במים לאחר טיפולים שונים

מין השיטה*	% הזרעים שתפחו במים		
	לאחר שיוף	לאחר השרייה בכוהל	ללא טיפול
מין א	100	29	18
מין ב	100	88	9
מין ג	100	10	0
מין ד	93	46	2
מין ה	98	34	14

* הערה: לסוג שיטה יש כמה מינים (למשל: שיטה כחלחלה, שיטה סלילנית, שיטת הסוכך).

- מהו הגורם העיקרי המעכב תפיחה בזרעי השיטה? נמקו על סמך התוצאות המוצגות בטבלה.
- הסבירו מדוע הוסיפו החוקרים גם קבוצת זרעים מכל מין ללא טיפול.
- בחרו שלושה מינים והציגו את הממצאים באופן גרפי.
- האם תבחרו לסרטט גרף רציף או עמודות? הסבירו בחירתכם.
- שערו איך נובטים זרעים של עצי שיטה בטבע? התבססו בהשערתכם על תוצאות הניסוי.

3.2.1 שלבים בתהליך הנביטה

המעבר מזרע רדום ויבש לצמח פעיל הגדל במהירות הוא תהליך מורכב שגורמים רבים מעורבים בו ומשפיעים עליו. תחילת התהליך בקליטה של מים וסופו בהצצה של הצמח הצעיר מתוך קליפות הזרע. לכל אורכו של תהליך הנביטה עומדים לרשות העובר שבזרע המאגרים של חומרי תשמורת שקיבל מהוריו, והם משמשים אותו עד למועד שבו יעמוד ברשות עצמו ויוכל לייצר בעצמו חומרים אורגניים בתהליך הפוטוסינתזה ולקלוט מהקרקע את המים והמינרלים הדרושים לו.



מעניין לדעת: זרעים מבקשי סלעים

בתכונה זו של גידול נפח של זרעים תופחים השתמשו בעבר לביקוע סלעים. נהגו לקדוח בסלע חור צר ועמוק, למלא אותו בזרעים ולהוסיף מים. בעקבות זאת הזרעים תפחו וביקעו את הסלע הקשה.

?? שאלה ב-2

החומר העיקרי הסופח מים בזרע הוא חלבון. עיינו שוב באיור ב-3 ורשמו אילו זרעים מתאימים ביותר לביקוע סלעים? נמקו.



פעילות ב-3: שינוי הנפח של זרעים תופחים

- ◆ קחו 30 זרעים יבשים של חומוס (קטניות) ו-50 זרעים יבשים של תירס-פופקורן (דגניים).
- ◆ הכניסו את זרעי החומוס למשורה שיש בה 50 סמ"ק מים. רשמו את גובה המים וחשבו את נפח הזרעים שהכנסתם למשורה.
- ◆ חזרו על המדידה עם זרעי התירס וחשבו את נפח הזרעים שהכנסתם למשורה.
- ◆ התפיחו את זרעי החומוס ואת זרעי התירס בכלי שיש בו מים למשך 24 שעות.
- ◆ מדדו את הנפח של הזרעים התפוחים, כפי שעשיתם לפני ההתפחה.
- ◆ חשבו את הנפח הממוצע של זרע יבש ואת הנפח הממוצע של זרע שתפח, של כל אחד מסוגי הזרעים.



תירס לפני תפחה תירס אחרי תפחה חומוס לפני תפחה חומוס אחרי תפחה

א. העתיקו את הטבלה הבאה למחברתכם והציגו בה את התוצאות של חישוב השינוי בנפח הזרעים. רשמו כותרת מתאימה לטבלה.

	נפח ממוצע של זרע יבש (סמ"ק)	נפח ממוצע של זרע שתפח (סמ"ק)	השינוי בנפח הזרע (באחוזים)
חומוס			
תירס			

ב. הציגו את התוצאות בדרך גרפית מתאימה.

ג. באיזה ממני הזרעים השינוי גדול יותר? הציגו הסבר להבדל זה (היעזרו באיור ב-3).



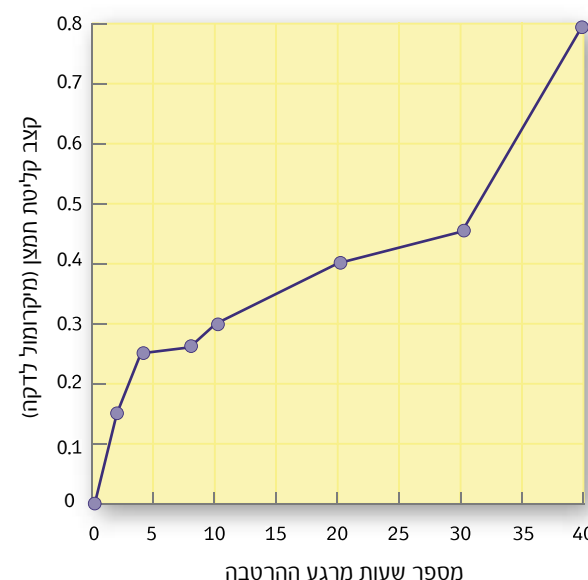
הרחבה: נשימה תאית ופעילות אנליטית

נשימה נמרצת היא אחד הסימנים הראשונים ל"התעוררות" העובר שבזרע מתרדמתו. צמחים, כמו בעלי-חיים, זקוקים לחמצן לתהליכי הנשימה המתרחשים בתאיהם, וכך גם הזרע הנובט. אחד התהליכים הראשונים המתרחשים בזרע שתפח כבר לאחר מספר דקות, הוא תהליך **הנשימה התאית** שבו מופקת אנרגיה כימית כ-ATP. העובדה שקצב הנשימה התאית גובר כבר לאחר זמן קצר מאוד מעידה שכל האנזימים הדרושים לתהליך הנשימה התאית קיימים בזרע ושרדו את התקופה הארוכה שבה הזרע היה במצב יבש כמעט לחלוטין. בתהליך הנשימה התאית נצרך חמצן (O_2) ונפלט פחמן דו-חמצני (CO_2), ולכן ללא נוכחות חמצן בקרקע לא תתרחש נביטה. הרכב האוויר בקרקע משתנה עם העומק ועם מידת הרוויה במים. בדרך כלל ריכוז ה- CO_2 בקרקע גבוה יותר מריכוזו באוויר עקב נשימת מערכת השורשים ונשימת האורגניזמים החיים בקרקע. ריכוז גבוה של CO_2 עלול לעכב ולהאט את תהליך הנביטה. בקרקע מוצפת במים או בעומק רב מאוד עלול להיווצר מחסור בחמצן. יוצאי דופן הם זרעים של אורז שנובטים בקרקע רוויה במים, ושל צמחי מים המסוגלים לנבט גם בתנאים של מיעוט חמצן.

?? שאלה ב-3

השאלות הבאות מתייחסות לאיור ב-7:

- תארו את השינויים בקצב קליטת החמצן במהלך 40 שעות.
- מה ניתן להסיק מאיור ב-7? נמקו.
- האם כעבור 40 שעות מההרטבה תמצא בזרעים כמות זהה של חומרי תשמורת כמו בזרע יבש? נמקו.



איור ב-7: שינויים בקצב קליטת החמצן בזרעי חסה במשך 40 שעות מרגע הרטבתם

קשר לתא:

הפקת אנרגיה
בנשימה תאית
ו-ATP.

קשר לתא:

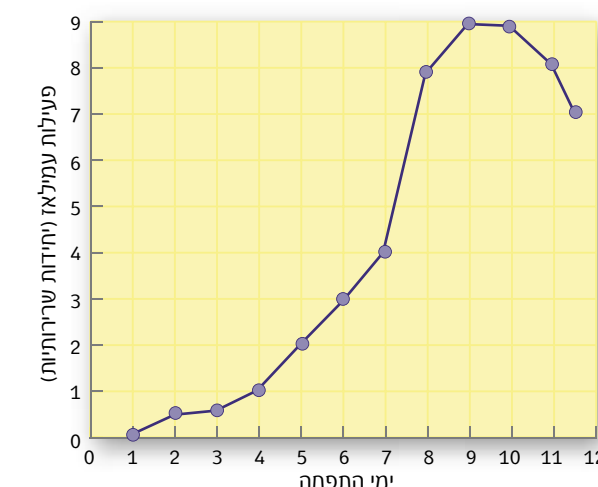
הרכבת חלבון 8
פי מידע ב-RNA.
חומרים כתא -
פחמימות.

פעילות אנזימים בזרע נובט

בשלב השני של הנביטה פועלים בזרע בעיקר אנזימים המפרקים את חומרי התשמורת שבאנדוספרם ובפסיגים ליחידות היסוד: עמילן לחד-סוכר, חלבונים לחומצות אמיניות, שומנים לחומצות שומניות. חומר התשמורת העיקרי המנוצל לנשימה התאית הוא העמילן (רב-סוכר) האגור בזרע וכדי לנצלו יש לפרקו בעזרת **אנזימים** מפרקי עמילן כמו **עמילאז** (איור ב-8). תוצרי הפירוק עוברים אל אזורי הצמיחה בעובר.

בזרע הנובט מתרחשת גם הרכבה של **חלבונים** בעזרת ה**ריבוזומים** הקיימים בתאיו וריבוזומים חדשים הנוצרים בו. עם התקדמות הנביטה נוצרות מולקולות חדשות של mRNA (RNA שליח). מכאן ברור שכל המידע התורשתי, חומרי הגלם והאנזימים הדרושים להתפתחות הצמח החדש נמצאים ופועלים בזרע הנובט.

באיור ב-8 מתוארת פעילות האנזים עמילאז בגרגרי שעורה מותפחים.



איור ב-8: פעילות עמילאז במהלך ימי ההתפחה של גרגרי שעורה

הרחבה: הורמונים ונביטה



בזרע נוצרים ומופעלים **הורמונים** ויש להם תפקיד חשוב לא רק בנביטה אלא בכלל התהליכים המתרחשים בצמח המתפתח. אחד ההורמונים החשובים ביותר בנביטה הוא ההורמון **גיברלין**. הג'יברלין מעורר את הזרעים **מתרדמה** הנגרמת על ידי חומרים מעכבים ומעודד נביטה של זרעים הזקוקים לאור לנביטתם. הג'יברלין גם מעודד בנייה של אנזימים המעורבים בפירוק חומרי התשמורת כגון האנזים **עמילאז**.

על הורמונים נוספים המשפיעים על הנביטה ועל התפתחות הצמח, תקראו בפרקים ג' ו-ד'.

גורמים חיצוניים המשפיעים על הנביטה

בסביבתם הטבעית של הצמחים הנביטה מושפעת מכמה גורמים בדינמית. ללא מים לא תיתכן נביטה בשום מקרה, אך לעיתים נחוצים תנאים נוספים לנביטה והעיקריים שבהם הם האור, ה**טמפרטורה** וריכוז החמצן (ראו הרחבה בעמוד 37). גם תנאי ההארה חשובים. יש מיני זרעים שינבטו רק באור, ומינים אחרים ינבטו בחושך דווקא. גורמים נוספים העשויים להשפיע על הנביטה הם ריכוז מלחים בקרקע ונוכחות חומרים מעכבי נביטה שהופרשו על ידי צמחים אחרים.

השפעת האור על נביטה

השפעת **האור** על נביטה נחקרה רבות. במינים רבים של צמחים נמצא שנביטת הזרעים אינה מושפעת מתנאי ההארה שבה הם מצויים. במיני צמחים אחרים נמצא שאור משפיע על תהליך הנביטה עוד קודם שהציצו העלים הראשונים. יש מיני צמחים שבהם האור מעודד נביטה, לעומת זאת במינים אחרים אור דווקא מדכא את הנביטה. היתרון ברגישות של הזרעים לתנאי ההארה הוא בכך שניתן לקבל מידע לגבי מיקומו של הזרע - האם הוא נמצא בצל (למשל: מתחת לעצים) או בעומק הקרקע בתנאי אור שאינם מתאימים לצמיחה.

הצורך באור כתנאי לנביטה מגדיל את סיכוייהם של הזרעים לנבט אם הם נמצאים בקרבת פני הקרקע. במצב זה יש סיכוי גדול שהנצרון המתפתח יגיע לפני הקרקע ויחשף לאור לפני שכל חומרי התשמורת שבזרע ינוצלו. חשוב לזכור שכמות חומרי התשמורת היא מוגבלת, והמשך הצמיחה תלוי באור המאפשר את קיום תהליך הפוטוסינתזה. עם זאת, השהייה בשכבות העליונות של הקרקע מהווה סיכון לנבטים בבתי גידול שבהם שכבת הקרקע העליונה מתייבשת במהירות או שאינה יציבה, כמו בחולות נודדים.

מנגד יש זרעים שנביטתם מעוכבת באור. עיכוב הנביטה באור מגדיל את הסיכוי שהזרע ינבט בקרקע ולא מעליה, כשהוא חשוף להתייבשות. עיכוב נביטה באור מתרחש בדרך כלל בזרעים גדולים המכילים כמות גדולה של חומרי תשמורת. במקרה זה גם אם הזרע טמון עמוק בקרקע טובים סיכויי הנצרון להגיע לפני הקרקע בטרם ינוצלו כל חומרי התשמורת שלו.

בצמחים שנביטת זרעיהם מעוכבת על-ידי אור, למשל זרעי *חבצלת החוף* שיעור הנביטה של זרעים המכוסים בחול גבוה יותר.

השפעת הטמפרטורה על הנביטה

זרעי צמחים שמקורם באזורים ממוזגים או קרים זקוקים לתקופה של שהייה בטמפרטורה נמוכה לפני שיוכלו לנבט. באיור ב-9 מוצגות תוצאות ניסוי שבו אוחסנו זרעי *תפוח* בטמפרטורה של 5°C במשך מספר שונה של ימים. לאחר מכן הנביטו אותם בטמפרטורה של 25°C וחישבו את אחוז הנביטה.

עוד על:

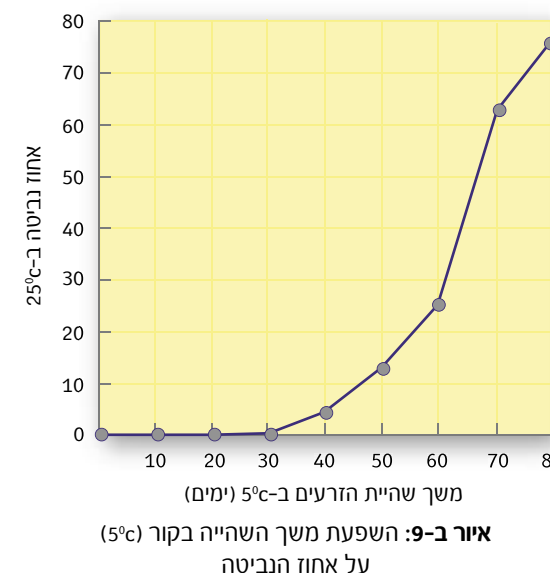
ההורמון ג'יברלין
בפרק ז'.

??

שאלה ב-5

השאלות הבאות מתייחסות לגרף באיור ב-9:

- מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי?
- מהו מספר הימים של שהייה בטמפרטורה של 5°C הנחוץ כדי שהזרעים ינבטו?
- ביולוג וחקלאית דנו בשאלה כמה זמן רצוי לשמור את הזרעים בטמפרטורה של 5°C . הביולוג טען שמשך הזמן הרצוי הוא לפחות 80 יום ואילו החקלאית טענה שדי ב-65 יום. מה היו השיקולים של כל אחד מהם שהובילו למסקנה שונה?



נביטה לאחר תקופת שהייה בקור אופיינית לצמחים הגדלים באזורים שבהם החורף קר מאוד. נביטה לאחר שהייה בקור מבטיחה שהזרעים לא ינבטו במהלך החורף הקר, אלא רק באביב שלאחריו, כאשר הטמפרטורה ותנאי האור מתאימים יותר לנביטה ולצמיחה ומגדילים את סיכויי של הצמח הצעיר לשרוד.

באקלים הים תיכוני השורר בישראל מחזור החיים שונה, והצמחים נובטים בחורף שבדרך כלל אינו קר במיוחד, ולאחר רדת הגשמים הראשונים.

שבירת התרדמה בעקבות חשיפה לטמפרטורה גבוהה פחות נפוצה. היא נפוצה בצמחים שבבית גידולם הטבעי החורף מתון והקיץ חם. זרעיהם נובטים בסתיו, לאחר הקיץ החם, ופורחים באביב.



לוטם מרווני

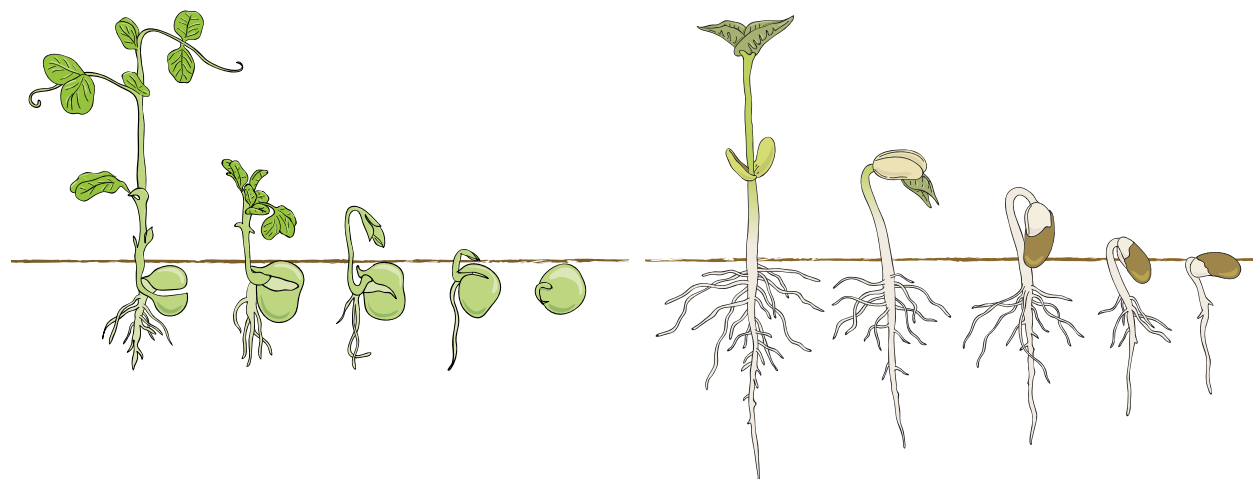


לוטם שעיר

טמפרטורה גבוהה מאוד, כמו זו הנוצרת בעת שריפה, תורמת גם היא לנביטה של צמחים מסוימים. בשנים האחרונות אף התחזקה הדעה ששריפות טבעיות חשובות להתחדשות יערות וחורשים, משום שהן מעודדות נביטה של זרעים שבתנאים רגילים אינם נובטים. מחקר שנעשה בארץ בחורשות שנשרפו, גילה שהאש עודדה את נביטתם של מינים שונים: קידה שעירה, לוטם מרווני, לוטם שעיר ומיני פרפרניים. זירוז הנביטה נגרם כנראה על ידי הגדלת חדירות הקליפה למים ולגזים. גם אצטרובלים של אורן ירושלים (מחשופי הזרע) נפתחים כתוצאה מחשיפה לטמפרטורה גבוהה, ופתיחה זו גורמת לפיזור נרחב של זרעים רבים.

דגמים של נביטה

ישנם זרעים שבמהלך הנביטה הפסיגים נותרים בקרקע (למשל אפונה). ישנם זרעים אחרים, למשל שעועית, שהפסיגים צומחים עם הנצרון אל מעל לקרקע ולמעשה הם מהווים את העלים הראשונים של הצמח הצעיר (איור ב-10).



איור ב-10: דגמים של נביטה: ימין: שעועית; שמאל: אפונה

על מושגים: נביטה והצצה

יש המסייגים את הגדרת הנביטה רק עד לבקיעת השורשון מתוך קליפת הזרע, לדעתם היא מציינת את סיום שלב הנביטה. אחרים סוברים שהנביטה מסתיימת עם הופעת הנצרון הכולל את העלים והגבעולים הראשונים. עבור החקלאים ההצצה - הופעת עלי הצמח מעל פני הקרקע - היא הסימן להצלחת הנביטה.

ב3. בעין חקלאית: הכוונת נביטה ואחסון זרעים

ב3.1 דרכים להשפעה על מועד הנביטה

בתהליך ביות מיני בר לגידולים חקלאיים, העדיף האדם לטפח בדרך של **ברירה מלאכותית** גידולים שהנביטה של זרעיהם אינה מעוכבת. כתוצאה מכך, בזרעים של גידולי התרבות בוטלה או קוצרה מאוד תקופת התרדמה של הזרעים, כך שהנביטה, ההצצה והתפתחות הצמחים בשדה החקלאי מתרחשים בזמנית וגודל הצמחים הוא כמעט אחיד. אחידות זו חשובה לחקלאי לטיפול יעיל בצמחים, להכוונה של מועד הבשלת היבול וזמן הקציר.

האדם מנצל את הידע המחקרי על התנאים המתאימים לנביטה, להכוונה של מועד הנביטה לפי צרכיו. על ידי שינוי התנאים הסביבתיים, כמו אורור הקרקע, האור והטמפרטורה, אפשר לזרז את הנביטה.

אוורור הקרקע

העלאת ריכוז החמצן בקרקע מביאה לזירוז הנביטה של צמחים רבים. עיבודי הקרקע בשדות חקלאיים כמו חריש נועדו, בין היתר, לאוורר את הקרקע ולאפשר חילוף גזים יעיל יותר בין הקרקע לבין העובר שבזרע וכך לאפשר נביטה מהירה יותר מאשר בקרקע לא מאווררת.

מעניין לדעת: עשבי בר נגד גידולי החקלאות



שלא כמו הגידולים החקלאיים עשבי בר רבים הגדלים בשדות חקלאיים עמידים לריכוזים גבוהים של פחמן דו-חמצני בקרקע ונובטים היטב גם בקרקעות לא מאווררות. תכונה זו מאפשרת להם להתחרות בהצלחה בגידול החקלאי. יתרה מזאת, עיבוד הקרקע מזרז את נביטת עשבי הבר בשדה בגלל החשיפה לאור ואוורור טוב יותר.

חשיפה לאור

בצמחים הזקוקים לאור לנביטה ניתן לעודד נביטה על ידי חשיפה לאור, למשל: אפשר לזרז נביטה של זרעי *טבק וחסה* על ידי חשיפה של מספר שניות לאור. בזרעים אחרים יש צורך במשך הארה ארוך יותר.

הסרת מחסומים לנביטה

לא כל זרע זקוק לחשיפה לטמפרטורה נמוכה או לאור כדי לנבוט. בזרעים שונים הנביטה מעוכבת בשל תכונות הקליפה ו/או נוכחות חומרים מעכבי נביטה בזרע או בפרי. כדי לזרז את הנביטה יש צורך להסיר מחסומים אלו. למשל:

- ◆ כדי לזרז את נביטתם של זרעי *זיתים* וזרעי קטניות ממינים שונים, משרים אותם בחומצה גפריתית או בבסיס הנתרן למשך שעות אחדות ואחר כך שוטפים אותם במים נקיים. ההשריה בחומצה או בבסיס פוגעת בקליפה ומאפשרת חדירת מים להמשך תהליכי הנביטה (ראו גם אשנב למחקר ב-2).
- ◆ כדי לשטוף חומרים **מעכבי נביטה** מן הזרעים הרדומים משרים את הזרעים במים. זרעים של צמחים עשבוניים צריך להשרות במים במשך 8-24 שעות. זרעים של עצים זקוקים למשך השרייה ארוך יותר.

2.3.1 אחסון זרעים

הזרעים הם מאגר של חומרי מזון לבני-אדם ולבעלי-החיים, אך גם של עוברים שהם דור העתיד, ולכן חשוב לחקלאים לשמור אותם לאורך זמן ולהבטיח שינבטו במועד המתאים.

משך הזמן שנשמרת חיוניותם של הזרעים שונה ממין אחד למשנהו (ראו סעיף 1.2.2) ונקבע הן על ידי **גורמים פנימיים** והן על ידי תנאי הסביבה שבה אוחסנו. זרעים מאבדים את חיוניותם בתוך זמן קצר במקום שבו שוררים תנאים של אוויר לח וטמפרטורה גבוהה, ולכן חשוב להקפיד על תנאי הסביבה במקום שבו הזרעים מאוחסנים, וכך להבטיח לאורך זמן את יכולתם לנבוט בעתיד, במועד המתאים לחקלאי.



יונים ליד ממגורת דגון בחיפה

?? שאלה ב-6

- הסבירו שני יתרונות לצמחים הגדלים בטבע, מעיכוב הנביטה.
- הסבירו חיסרון אחד של עיכוב נביטה.

3.3.1 זרעים על שולחנו



הזרעים, מלבד היותם דור העתיד של הצמחים, משמשים גם כמרכיב חשוב מאוד במזון של האדם. צמחים רבים מוצאים את דרכם לשולחנו, כזרעים או כמוצרים מעובדים, למשל: *חיטה, שעורה, שיפון, אורז, שיבולת שועל ותרס*. גם זרעי צמחים אחרים חשובים לתזונתנו, למשל: *אפונה, פול, חימצה (חומוס), שעועית (משפחת הקטניות), זרעי חמניות (משפחת המורכבים) וזרעי דלעת (משפחת דלועיים)*.

מעניין לדעת: נבטים בתפונה

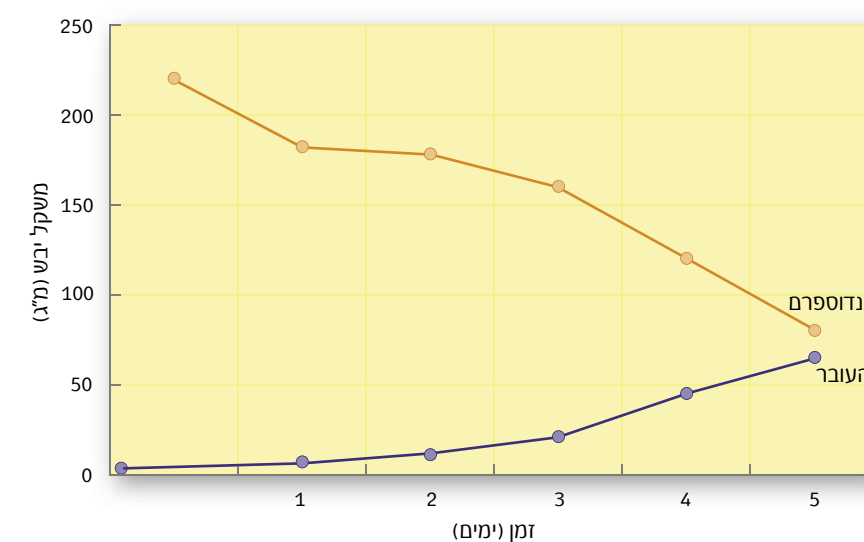


נבטים מוכנים לאכילה

הפעילות הנמרצת המתרחשת בזרעים נובטים ובעיקר פירוק חומרי התשמורת, היא הבסיס להמלצה של תזונאים לשלב אכילת נבטים בתזונה היומית. אחד הנימוקים להמלצה זו הוא שזרעים נובטים קלים יותר לעיכול מזרעים לא נובטים או מזרעים מבושלים ותכולת החלבונים בהם גבוהה.

?? שאלות לסיכום הפרק

- ציינו מהו התפקיד העיקרי של הזרע במחזור חיי הצמח, הסבירו תשובתכם.
- סדרו את רצף השלבים בתהליך הנביטה לפי הסדר שבו הם מתרחשים:
 - קריעת הקליפה
 - הרכבה של חלבונים (למשל אנזים עמילאז) מתוצרים של פירוק חומרי תשמורת חלבוניים
 - קליטת מים ותפיחה
 - הצצת הנבט אל פני הקרקע
 - יציאת הנצרון מהקליפה
 - הגברת הנשימה התאית
 - פירוק עמילן שנאגר בזרע לסוכרים המשמשים כמקור להפקת אנרגיה ולהרכבה של חומרים נוספים.
 - חלוקת תאי שורשון ונצרון והתארכותם
 - יציאת השורשון מהקליפה
- מה היתרון לנבט מכך שהשורשון בוקע לפני הנצרון? הסבירו.
- מהו היתרון לצמח שבו חומר מעכב נביטה נמצא בתוך הפרי?
- השאלות הבאות מתייחסות לאיור ב-11:



איור ב-11: שינויים במשקל היבש של אנדוספרם ועובר של זרעי תירס שנבטו בחושך

- מהו המשתנה הבלתי תלוי ומהם המשתנים התלויים המוצגים בגרף?
- תארו את השינויים החלים בכל אחד מהמשתנים התלויים.
- מהם התהליכים המתרחשים בזרע הגורמים לשינויים שתיארתם בסעיף ב'? הסבירו.
- שערו מה יהיה משקל כל אחד מחלקי הזרע כעבור 20 שעות נוספות. הסבירו על מה ביססתם את ההשערה.
- בחרו עשרה מהמושגים שברשימת המושגים החשובים בפרק ומיינו אותם ל-2-3 קבוצות. תנו כותרת לכל קבוצה והסבירו מה המשותף למושגים שבחרתם לצרף לכל אחת מהקבוצות.

עיקרי הנושאים בפרק

- הזרעים הם הקשר בין דור אחד לדור הבא.
- לזרע שלושה חלקים: עובר, רקמות עם חומרי תשמורת וקליפה.
- יש זרעים שנובטים מיד לאחר הגשם הראשון או לאחר השקיה, ואחרים נשארים במצב תרדמה במשך תקופה מסוימת.
- תהליך הנביטה מתחיל בקליטת מים ובתפיחת הזרע. לאחר התפיחה מתרחשים בזרע נשימה תאית ופעילות אנזימטית ולאחריהן בוקע השורשון ולאחריהן הנצרון.
- במהלך הנביטה נוצרים ומופעלים אנזימים המסייעים לפירוק חומרי התשמורת ולניצול תוצרי הפירוק לגדילת הנבט. פעולות אלה מאסות על ידי הורמונים, למשל ג'יברלין.
- גורמים המשפיעים על הנביטה הם גורמים חיצוניים כמו טמפרטורה ואור, וגורמים פנימיים כמו נוכחות מעכבי נביטה בזרע ותכונות הקליפה.
- החקלאים מאחסנים זרעים בתנאים המבטיחים את חיוניותם לאורך זמן. החקלאים גם משפיעים על מועד נביטת הזרעים בכמה דרכים, ביניהן: פגיעה בקליפה הקשה של הזרע, שינוי בתנאי ההארה ו/או הטמפרטורה.
- זרעים הם מרכיב חשוב ביותר בתזונת האדם ובעלי החיים.

מושגים חשובים בפרק

אנדוספרם	מכוסה זרע
גורמים חיצוניים	נביטה
גורמים פנימיים	נצרון
ג'יברלין	עובר
הפצת זרעים	פסיג
זרע	שורשון
חומרי תשמורת	תרדמה

