**הזרע, הנְבִיטָה ושלבי הנְבִיטָה**

הקובץ נכתב על ידי אשר ורד. שימו לב, המידע לא עבר עריכה לשונית ומדעית.

תוכן

[**הזרע** 2](#_Toc25847392)

[תפקידי הזרע 2](#_Toc25847393)

[מבנה הזרע 2](#_Toc25847394)

[חלקי הזרע 3](#_Toc25847395)

[מבנה זרע חד - פסיגי ( דגניים ) 5](#_Toc25847396)

[זרע חד-פסיגי נביטה תת-קרקעית 6](#_Toc25847397)

[מבנה זרע דו - פסיגי 7](#_Toc25847398)

[זרע דו-פסיגי נביטה על קרקעית (אפיגאית) 7](#_Toc25847399)

[זרע דו-פסיגי, בעל אנדוספרם נביטה על קרקעית (אפיגאית) 8](#_Toc25847400)

[זרע דו-פסיגי נביטה תת קרקעית (היפוגאית) 8](#_Toc25847401)

[זרע רב פסיגי מבנה 8](#_Toc25847402)

[**תרדמה ומנוחה בזרעים** 9](#_Toc25847403)

[תרדמת זרעים בטבע - יתרונות 9](#_Toc25847404)

[תרדמת זרעים בטבע - חסרונות 10](#_Toc25847405)

[הגורמים לתרדמת זרעים 10](#_Toc25847406)

[דרכי שבירת תרדמת זרעים 11](#_Toc25847407)

[טיפולים חקלאיים לשבירת תרדמת זרעים 12](#_Toc25847408)

[**זריעה ושיטות זריעה** 13](#_Toc25847409)

[זריעה 13](#_Toc25847410)

[שיטות זריעה 13](#_Toc25847411)

[איכות הזרעים 15](#_Toc25847412)

[חיטוי זרעים 17](#_Toc25847413)

[זרעים עטויים (Encrusted seeds): 18](#_Toc25847414)

[זרעים מצופים: 18](#_Toc25847415)

[צביעת זרעים: 19](#_Toc25847416)

[אחסון זרעים: 19](#_Toc25847417)

[יתרונות זרעים מחברה 20](#_Toc25847418)

[**נביטה** 21](#_Toc25847419)

[בדיקת כושר הנביטה/חיות הזרעים 21](#_Toc25847420)

[שלבי הנביטה: 22](#_Toc25847421)

[גורמים המשפיעים על תהליך הנביטה: 24](#_Toc25847422)

# **הזרע**

**יחידת הרבייה המינית של הצמח**

הזרע הוא "הצאצא" של הצמח. שתפקידו לשמור על עתידו של הצמח, ובאמצעותו הצמח מתרבה ומופץ.

הזרע הוא צמח בזעיר אנפין, מצויד במלאי של מזון, ומוגן בקליפות העוטפות אותו מבחוץ. הוא נוצר מן הביצית (תא מין נקבי) אשר בשחלת הפרח שהופרתה על ידי גרגר אבקה (תא מין זכרי).

הזרע הוא החלק היחיד בצמח שעשוי להתרחק באופן טבעי מסביבתו של צמח האם.

הזרע מכיל את העובר ממנו יתפתח הצמח העתידי. העובר מורכב משורשון ונצרון, וסביבם רקמת אגירה להזנת העובר בראשית התפתחותו - (אנדוספרם ו/או נוצלוס), הזרע מצופה בקליפה המשמשת להגנה.

הזרע עמיד ביותר לתנאים חיצוניים קשים, כגון : יובש וחום בקיץ, וקור בחורף, הוא מסוגל גם, ברוב המקרים, להתקיים במשך זמן רב.

* הראי של ונוס והחנית עם המגן של מרס, מקורות ההשראה לסמלי המינים:

<https://ru.123rf.com/photo_14753723_mirror-of-venus-and-spear-of-mars-male-and-female-symbols-illustrations.html>

## תפקידי הזרע

* **אמצעי רביה** – המשכיות, **גיוון גנטי**, הגדלת מספר הפרטים.
* **אמצעי הפצה -** הזרע הוא חלק נתיק מהצמח, המשמש גם להפצה של הצמח, שבשלבי חייו האחרים הוא אורגניזם חסר כושר תנועה, על ידי כך התפתחות באזורי גידול נוספים. זרעים מופצים למרחקים על ידי הצמח עצמו או בעזרת רוח, מים, בעלי חיים או האדם.
* **אמצעי להישרדות -** הזרע מאפשר הישרדות בתנאי סביבה קיצוניים וכך מאפשר קיום המין בתקופות קשות כמו: טמפ' קיצוניות או כמויות אור לא הולמות.

## מבנה הזרע

זרעי כל הצמחים הם בעלי מבנה בסיסי דומה. הזרע מורכב מעובר, מאגר מזון וקליפות מגינות.

זרעים יש רק לצמחים עילאיים , בהם 2 קבוצות : מכוסי זרע (חד/דו פסיגיים) וחשופי זרע .

* **מכוסי זרע:** אלו צמחים שזרעיהם מתפתחים בתוך פירות, וכלואים בשלמות בתוך הפרי.
* **חשופי זרע:** צמחים שזרעיהם לא מוגנים בפרי אלא, בצורה אחרת למשל : על ידי קשקשים באצטרובלים. לדוגמ - אורן, ברוש.

מלאי המזון של הזרע נאגר ברקמה הנקראת אנדוספרם או בפסיגים שהם גם ה"עלים" הראשונים של הנבט.

בהתאם למספר הפסיגים, מחלקים את הזרעים ל - 3 קבוצות מבנה עיקריות: **חד-פסיגיים, דו-סיגיים, רב-פסיגיים**. חלוקה זו מבדילה בין צורות נביטה שונות וחשובה בעיקר לצורך מיון הצמחים.

### חלקי הזרע

1. **עובר - (נוצר מהזיגוטה) :**

העובר הוא למעשה צמח קטן המכיל נצרון ,שורשון, תת-פסיג (החלק המחבר את השורשון אל הפסיגים) ופסיגים. קיימים זרעים בהם רקמת האנדוספרם מתנוונת וחומרי המזון עוברים אל הפסיגים ונאגרים בהם.

שורשון - (radicula) :

שורשון - ממנו מתפתח השורש של הצמח. בתהליך הנביטה השורשון גדל כלפי מטה במצע, ומשמש שורש ראשוני בנבט, ואחר כך מתפתח ממנו השורש העיקרי של הצמח.

נצרון - (plumula) :

הנצרון גדל כלפי מעלה וממנו מתפתחים הגבעול והעלים (נצר) של הצמח .

תת-פסיג - גבעול העובר - (hypocotyl ):

תת פסיג - מעין גבעול שגדל כלפי מעלה ומחבר בין הפסיגים לשורשון.

על-פסיג (אפיקוטיל) :

חלק הנצר הנמצא בין מפרק הפסיג לעלים הראשוניים (הפרק הראשון של הגבעול מעל לפסיגים).

פסיג או פסיגים - (cotyledones):

משמשים איברי אגירה לחומרי תשמורת המספקים אנרגיה ותרכובות פחמן לנבט.

1. **אנדוספרם - רקמה אוגרת מזון (נוצרה מהתא הטריפלואידי):**

האנדוספרם או הפסיגים הם המקור לחומרי מזון לעובר, הם מכילים חומרי תשמורת בעיקר עמילן או שומנים (שהופכים אותו למרכיב חשוב במזונותיהם של בעלי חיים ואדם).

העובר מביא לייצור אנזימים שמפרקים את הרקמה לרכיבים החיוניים לגדילתו. תפקידה לספק מקור אנרגיה ותרכובות פחמן הדרושות לנבט המתפתח עד ליצירת עלים ירוקים המבצעים פוטוסינתזה.

1. **קליפה – מעטפת ההגנה של העובר:**

הקליפה נוצרת מקרומי הביצית והיא מעטה קשה של תאים מתים המכוסים מבחוץ בקוטיקולה (שכבה אטומה למים וגזים שמטרתה למנוע את התאדות המים מהזרע). תפקיד הקליפה הוא להגן על חלקי הזרע הפנימיים מפני התייבשות, מפני נזקים מכניים ומפני חדירת גורמי מחלה.

תכונותיה של הקליפה כגון: עוביה, שטח הפנים שלה, וקשיותה יקבעו את יכולת ההשתמרות של הזרע, את תפוצתו ואת מהירות הנביטה שלו.

מבנה הקליפה מותאם לצורת הפצת הזרע:

\* קליפה עם תוספות קרומיות או ציציות לזרעים המופצים ע"י הרוח.

\* קליפה עבה ואטומה מבחוץ ומבנה ספוגי ואוורירי מבפנים- בזרעים המופצים ע"י המים.

\* קליפה המכילה בליטה עם רקמת שומן הנאכלת ע"י נמלים שמפיצים בדרך זו את הזרעים.

\* קליפה עסיסית - גמול בהזנה לבע"ח מפיצים בזרעים הנאכלים ע"י ציפורים כמו זרעי רימון.

\* קליפה קשה וקוצנית בזרעים המופצים ע"י בע"ח: נתפסים בפרוות בעלי החיים .

מט"ח, הפצת זרעים: <https://science.cet.ac.il/science/reproduction/repro6.asp>

תפר ופומה :

בקליפה קיימת מעין צלקת מוארכת הנקראת תפר, וכן נקב קטן הנקרא פומה.

לתפר ולפומה תפקיד חשוב בעת הנביטה. בעוד שהפומה משמשת לספיגת מים, התפר משמש לבקיעת הקליפה, לצורך פריצת השורשון והפסיגים אל מחוץ לזרע.

## 

## מבנה זרע חד - פסיגי ( דגניים )

תרשימים של מבנה גרגר חיטה: <https://daf-yomi.com/DYItemDetails.aspx?itemId=8664>

**1. אלאורון :**

השכבה הפנימית העוטפת את האנדוספרם ומהווה חלק מהסובין. ברוב הדגניים התרבותיים האלאורון מורכב משכבת תאים אחת. בדגניים בעלי אנדוספרם המכיל עמילן , האלאורון מכיל 30% מחלבון הגרגיר. בעת הנביטה האלאורון מפריש אנזימים (בגלל הפרשת ג'יברלין ע"י העובר) המפרקים את העמילן והחלבונים האגורים באנדוספרם לטובת להתפתחות הנבט.

**2. העובר**

העובר של החד-פסיגיים הוא קטן מאד ומורכב מפסיג יחיד. הפסיג הממוקם בין האנדוספרם לבין הנצרון והשורשון ותפקידו היחידי לתווך בהעברת המזון לעובר.

**3. אנדוספרם**

יש צמחים שבזרעיהם מתפתחת בתחילה רקמת אנדוספרם אך היא מוחלפת על ידי פסיג או פסיגים הסופגים את חומרי התשמורת מהאנדוספרם.

**4. גדיל פיגמנט :**

בחלק הפנימי של קפל גרגיר החיטה מתרכזים פיגמנטים היוצרים כעין גדיל השקוע בתחתית הסדק ועובר לכל אורכו. בחתך רוחב הגדיל נראה כעגול כהה. נוכחות של עגול כהה בחתך הרוחב של הגרגיר מצביע על כך שהחיטה הבשילה.

**5. נצרון :**

הנצרון (הצמח העוברי) מורכב מגבעולון קצר ומעלים החופים זה על זה.

**6. חותלת :**

העלה החיצוני נקרא חותלת והוא דמוי חרוט חלול (בתוכו יושבים שאר עלי הנצרון) מחודד בקצהו העליון. החותלת פורצת עבור הנצרון את קליפת הקרקע ואינה ממשיכה להתארך. העלה השני, שהוא העלה הרגיל הראשון, קורע את חוד החותלת ופורץ דרכה החוצה.

**7. מגינית :**

בצמחים שונים הפסיגים (העלים העובריים) התפתחו למגינית (דמוית-פסיג) העוטפת את העובר ומהווה מחיצה בינו לבין האנדוספרם. המגינית מפרישה אנזימים לפירוק חומרי התשמורת לשם ניצולם בעת התפתחות הנבט.

**8. מעטה הזרע :**

מעטה הזרע מהווה אחת מהשכבות העוטפות את הזרע יחד עם האלאורון .

**9. פומה :**

הפתח דרכו ינבט הזרע הוא לעתים "צלקת" קטנה המסמנת את הנקודה בה היה מחובר הזרע לפרי. בזרעים רבים (לא בחיטה), הפתח דרכו נכנס הנחשון לשחלה (בתהליך ההפריה) משמש מאוחר יותר כפתח הנביטה.

**10. פריקארפ :**

קליפת הפרי. בדרך כלל מורכב הפריקארפ משלוש שכבות. בפירות עסיסיים הפריקארפ הוא החלק העיקרי הנאכל על ידינו.

**11. קפל:**  הסדק העובר לאורך גרגר החיטה.

**12.שורשון:**  החלק בעובר המתפתח לשורש הצמח.

כמה עובדות על דיאטות נטולות גלוטן:

<https://davidson.weizmann.ac.il/online/maagarmada/med_and_physiol/%D7%9B%D7%9E%D7%94-%D7%A2%D7%95%D7%91%D7%93%D7%95%D7%AA-%D7%A2%D7%9C-%D7%93%D7%99%D7%90%D7%98%D7%95%D7%AA-%D7%A0%D7%98%D7%95%D7%9C%D7%95%D7%AA-%D7%92%D7%9C%D7%95%D7%98%D7%9F>

הסרטון: <https://www.youtube.com/watch?v=DXjpb7SFi3s>

## זרע חד-פסיגי נביטה תת-קרקעית

כדוגמה לזרע חד פסיגי משמש בדרך כלל זרע החיטה (או תירס) שהוא בעצם פרי (גרגר).

בזרע החיטה פורץ השורשון ראשון את קליפת הזרע וחודר לקרקע. הוא לא מתפתח לשורש ראשי, אלא מתנוון ומוחלף בציצת שרשים הצומחת מבסיס הגבעול.

הנצרון צומח ישר כלפי מעלה כשהוא מוגן ע"י החותלת, הפורצת עבורו את קליפת הקרקע ואינה ממשיכה להתארך הרבה. העלה השני, שהוא העלה הרגיל הראשון, קורע את חוד החותלת ופורץ דרכה החוצה. הפסיג נשאר בקרקע.

**מבחר נביטות:**

<https://www.youtube.com/watch?v=ECibetK2EYI>

## מבנה זרע דו - פסיגי

לצמחים במחלקת הדו פסיגיים יש שני פסיגים (עלי זרע) עובריים. זהו למעשה ההבדל הבולט ביותר בין מחלקה זו לבין מחלקת החד פסיגיים.

מבחינה בוטנית, דו פסיגיים מוציאים נבט עם שני עלים ראשוניים, ואילו החד פסיגיים מוציאים נבט בן עלה אחד בלבד.

בנוסף, הצמחים במחלקת הדו פסיגיים מכילים בגבעולם צינורות מובילים, מלאים ברקמה אשר מכילה בתוכה את התאים העובריים שתפקידם לסייע בגדילתו של הצמח. הודות לרקמה המכילה תאים אלו, מסוגלים גזעי הצמחים הדו פסיגיים לגדול לרוחב באמצעות הוספת שכבות של אותה רקמת הובלה.

## זרע דו-פסיגי נביטה על קרקעית (אפיגאית)

בנביטה על קרקעית לאחר התבססות השורשון, ותוך שהוא הופך לשורש העיקרי, עולים הפסיגים מעל פני הקרקע והופכים ל"עלים" ראשונים. מתחילים להתארך תאי ההיפוקוטיל (תת פסיג). ההיפוקוטיל הגדל , דוחף כלפי מעלה את הפסיגים כשהוא יוצר כיפוף כלפי מטה (מעין ברך) המקלה על בקיעת קרום הקרקע. לאחר ההצצה, מתיישרת הברך והפסיגים נפרשים לצדדים ומוריקים (עדיין הם מכילים בתוכם מעט ממלאי המזון שהיה בהם). תהליך ההטמעה וייצור המזון מתחיל ובמקביל נמשכת התארכות והתחלקות תאי האפיקוטיל (על-פסיג) שני העלים עולים, נפרשים וגדלים מיד אחרי הפסיגים, והנבט הופך לעצמאי ובלתי תלוי עוד בזרע.

סרטון נביטה של שעועית:

<https://www.youtube.com/watch?v=w77zPAtVTuI>

נביטת תרד, יונקות יפות:

<https://www.youtube.com/watch?v=sMK-BKUYM0s>

## 

## זרע דו-פסיגי, בעל אנדוספרם נביטה על קרקעית (אפיגאית)

דוגמה לנביטה של זרע דו-פסיגי בעל אנדוספרם בנביטה על-קרקעית הוא זרע הקיקיון.

בזרעים בעלי אנדוספרם, הפסיגים הם קטנים ודקים ואינם אוגרי מזון. התת- פסיג מתארך ומעלה את הפסיגים ואת הנצרון אל פני הקרקע כשהם עדיין עטופים באנדוספרם ובקליפת הזרע. עם התרוקנות האנדוספרם ממזון, הוא מתכווץ, הקליפה נושרת והפסיגים נפרשים ומוריקים.

נביטה וצמיחה של זרע קיקיון (וגלילי נייר טואלט כמיכלי הנבטה): <https://www.youtube.com/watch?v=KXsR8dBQq_8>

נביטת קיקיון, חמניה, תירס, אפונה ושעועית במיכל אחד:

<https://vimeo.com/30074251>

## זרע דו-פסיגי נביטה תת קרקעית (היפוגאית)

דוגמה לנביטה תת קרקעית, היא אפונה, בה נשארים הפסיגים באדמה.

הנביטה התת-קרקעית דומה לעל קרקעית, אלא שההיפוקוטיל איננו גדל, לכן הפסיגים נשארים מתחת לפני האדמה, עד שהם מתרוקנים ממלאי המזון ונרקבים. הנצרון ועליו יוצאים אל פני הקרקע ע"י התארכות האפיקוטיל .

סרטון נביטת אפונה:

<https://www.youtube.com/watch?v=eDA8rmUP5ZM>

## זרע רב פסיגי מבנה

דוגמה של זרע רב-פסיגי הוא זרע האורן. עשוי בעיקר אנדוספרם שבתוכו שקוע העובר המורכב משורשון, דור של 6-12 פסיגים ונצרון.

זרע רב פסיגי - נביטה

לאחר התארכות השורשון, ההיפוקוטיל מתארך ומעלה אל פני האדמה את הפסיגים עם הנצרון והאנדוספרם עטופים בקליפת הזרע. הפסיגים נשארים מחוברים לאנדוספרם עוד זמן מה עד שהוא מתרוקן ונושר ואז נפרשים הפסיגים שצורתם כעלים מחטניים קצרים.

נביטת אורן:

<https://www.youtube.com/watch?v=mvq5xLQMQCM>

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

סרטון נביטה + בונוס חשופית מזיקה שניה 22

<https://www.youtube.com/watch?v=ytMpE6fubSQ>

# **תרדמה ומנוחה בזרעים**

**תרדמת זרעים**

מצב בו זרעים חיוניים אינם נובטים גם כשנוצרים תנאים מיטביים לנביטתם. זה חיסרון עבור החקלאי, לו נדרשת אחידות בנביטה.

זרעים של צמחים מסוימים דורשים בנוסף לתנאי סביבה בסיסיים לנביטה , גם שינויים במבנה המכני או הכימי של הזרע עצמו .

מצב המנוחה מאופיין ברמת פעילות נמוכה של כל התהליכים המטבוליים, המאפשרת לזרע לשרוד זמן ממושך מבלי לכלות את מלאי חומרי התשמורת האגורים בו. כמעט ולא מתבצעת נשימה ורמת המיום שלו נמוכה מאוד – כלומר, הוא כמעט ולא צורך אנרגיה.

במצב מנוחה הזרע לא ינבוט כל עוד התנאים החיצוניים אינם מתאימים. יש סוגי צמחים שזרעיהם לא נובטים אף בתנאים חיצוניים נוחים או כאלה שרק חלק מזרעיהם ינבוט. זרעים חיים כאלה שאינם נובטים בתנאים חיצוניים מתאימים, שרויים בתרדמה.

זרעים בתרדמה לא ינבטו גם אם מספקים להם את התנאים האופטימליים - מים, כמות מתאימה של חמצן וטמפרטורה מתאימה. התרדמה נשברת רק עם הגיע העונה המתאימה לנביטה, או לאחר טיפול כלשהו בזרע.

שבירת התרדמה נגרמת על ידי מכלול רמזים סביבתיים (אורך הלילה, טמפרטורה, והצטברות שעות של קור) .

הרמזים מדויקים מאוד והינם הגורם העיקרי ביכולת ההישרדות של הצמח. הם גורמים לנביטה בטבע רק לקראת עונת הגשמים או עם חלוף סכנת הקפיאה (תלוי באקלים).

## תרדמת זרעים בטבע - יתרונות

1. הזרע נובט כאשר התנאים בסביבה אופטימליים עבור צמיחת הנבט והתבססותו בקרקע. לדוגמא: הזרע נובט רק במצב בו יש מספיק מים בקרקע שיאפשרו נביטתו וצמיחתו של הצמח, בדרך זו נמנעת נביטת זרעים בעונה שאינה מתאימה.
2. נביטה לא אחידה – השונות הגנטית מתבטאת בריכוזים שונים של מעכבי נביטה . לא כל הזרעים נובטים בו זמנית , דבר המבטיח את הישרדות המין במידה ופרטים שנבטו נפגעו. האקלים הים־תיכוני מתאפיין בסתיו שיש בו תקופת גשם ראשונית, ולאחריה פרק ארוך יחסית ללא גשם. לו נבטו הזרעים של כל הצמחים מיד עם רדת הגשם הראשון הם היו עלולים לנבול בתוך זמן קצר. (מנגנון זה אינו קיים בצמחים הזקוקים לכמות מעטה של מים כדי לקיים מחזור חיים שלם).
3. לא כל הזרעים נובטים ביחד וכך נמנעת תחרות תוך מינית על משאבים כמו: אור, מים, מינרלים.

## תרדמת זרעים בטבע - חסרונות

1. סכנה גדולה יותר להיאכל ע"י בעלי חיים, להיפגע ממחלות ופטריות או משריפה.
2. אם לא נבטו בסמוך לצמח האם, אלא במהלך התרדמה התגלגלו לאיזור אחר – ייתכן שהגיעו למקום שתנאי הגידול בו לא מתאימים לזן.

(מזרע לזרע, תהליך הנביטה).

## הגורמים לתרדמת זרעים

1. אי בשלות העובר - בצמחים רבים העובר שבזרע אינו בשל עם ההפצה ונדרש לו עוד זמן כדי להשלים את התפתחותו. עד שזו לא תושלם, הזרע לא ינבוט גם אם תנאי הסביבה יאפשרו זאת.
2. אי חדירות של מעטפות הזרע קליפת הזרע למים או לאוויר - עיכוב באמצעים פיזיקליים/אנטומיים הנובעים מתכונות הדופן של קליפת הזרע: כגון חדירות נמוכה למים, לחמצן או קליפת זרע קשה המונעת פריצת חלקי העובר דרכה. קליפות אלה נעשות חדירות בהדרגה, במשך תקופת זמן ארוכה.

במקרים אחרים העוברים עטויים במעטפות נוקשות, המונעות באופן מכני את תפיחת העובר וצמיחתו. בכל המקרים הללו מתפשטת הנביטה של יבול זרעים לאורך תקופת זמן ממושכת, החל מכמה חודשים ועד עשרות שנים.

1. נוכחות חומרים מעכבי נביטה בזרע או בפרי

מעכבי נביטה המצויים בזרע מבטיחים שהזרעים לא ינבטו במקום עד אשר הנבט יקבל כמות מים גדולה שתשטוף חומרים אלו .

קיום מעכבי נביטה מגדיל את הסיכוי לפיזור הזרעים בשטח ע"י המים או ע"י כך שיאכלו ע"י בעלי חיים .

1. נוכחות חומרים מעכבי נביטה בסביבת הזרע (בית הגידול) - אללופתיה.

(אלל=שכן, פאתוס=סבל, כלומר – סבל משכן). מעכבי הנביטה המצויים מחוץ לזרע, יכולים להיות מופרשים על ידי צמחים שכנים. ישנם חומרים המשנים את הפוטנציאל האוסמוטי (למשל סוגי מלחים) וכך מונעים את קליטת המים בזרע ותפיחתו. חלק מהחומרים יכולים לגרום גם לעיכוב צמיחה. גם חומר אורגני מת שהתפרק יכול לשחרר האללוכימיקלים .

חומרים בעלי השפעה אללופתית יכולים להיות מסיסים במים (ולעבור ע"י כך לקרקע) או בעלי נדיפות גבוהה (בעיקר בקרקעות מדבריות) והקרקע סופחת אותם אליה.

ידועות למדי התופעות של אי צמיחת חד שנתיים מתחת לעצי אקליפטוס, אורן, אגוז ועוד, מפני שעליהם הנושרים מפרישים לקרקע חומרים מעכבי נביטה.

## דרכי שבירת תרדמת זרעים בטבע

1. הטמפרטורה - יש מינים בהם טמפרטורות גבוהות גורמות להתפרקות המעכבים. במינים אלו שריפה שמעלה את הטמפרטורה הסביבתית גורמת לפירוק המעכבים. במינים אחרים דווקא חשיפה לקור (עם לחות גבוהה) גורמת לפירוק מעכבי נביטה.
2. כימיה - עוברי זרעים המכילים חומר מעכב נביטה שמתפרק רק לאחר הבשלת הזרע. לדוגמא- בזרעים של שקד ותפוח יש חומר רעיל (חומצה ציאנית) שאינו מאפשר נשימה תאית, ורק פגיעה באנדוספרם מאפשרת את שיחרורו. פגיעה כזו מתרחשת בדרך כלל במערכת העיכול של בע"ח. מנגנון אשר תלוי במערכת העיכול של בעלי חיים, מבטיח גם את הפצת הזרע הרחק מצמח האם ומניעת תחרות בניהם.
3. שטיפה על ידי מים - בטבע מתאפשרת הדחת החומרים ע"י מי גשמים לכן משמשים המעכבים אמצעי למדידת כמות הגשמים ומבטיחים שהזרע ינבוט רק לאחר ירידת משקעים המאפשרים נביטה מוצלחת.
4. פירוק על ידי מיקרואורגניזמים - מיקרואורגניזמים בקרקע, בעיקר אלו המסוגלים לפרק תאית, ליגנין וקוטין יכולים להחיש את תהליך הריסתן של מעטפות הזרע ולעשותן חדירות.

## טיפולים חקלאיים לשבירת תרדמת זרעים

1. שבירת תרדמה בזרעים בעלי קליפת זרע קשה על ידי הסרת הקליפה במכונות ייעודיות, ביצוע צלקות, קילוף או חיתוך קצוות, כלומר שיטות מכניות. יש גם אפשרות להשריה בתמיסות כימיות. כל אלו גורמים לשבירת מחסום המים בשכבות החיצוניות ולשבירת ההתנגדות המכנית לצמיחת השורושון (מזרע לזרע, תהליך הנביטה).
2. השריה במים קרים לפני הזריעה, מקובל להשרות 24 שעות.
3. השריה במים חמים, בטמפ' של 50 מ"צ למשך 3 דקות. טיפול זה גורם לביקוע הקליפה ומאפשר נביטה (מתאים לזרעי שיטה ומיני פרפניים מסויימים).
4. החזקה בקירור לפני הזריעה. בטבע הדרישה לקור מתמלאת במשך חודשי החורף. באיזורי גידול בהם אין את מנות הקור הדרושות, או אם רוצים לזרז תהליכים, מחקים את הפעולה באמצעים מלאכותיים.
5. הכמנה – השהיית הזרעים בחול או נסורת בטמפ' של 5 מ"צ. טיפול זה הורס חומרים מעכבים הנמצאים בעובר. יש מינים שבהם הכמנה חיונית לנביטה. יש מינים בהם היא מעלה את אחוז הנביטה.
6. טיפול בחומרים כימיים (חומצות) לפירוק מעכבי נביטה, לדוגמה: השרייה למשך 10 דקות עד שעתיים בחומצה גפריתנית.

# 

# **זריעה ושיטות זריעה**

## זריעה

הטמנת זרע במקום גידולו המיועד. לאחר הזריעה הזרע נובט ומתחילה התפתחות צמח חדש.

יתרונות הזריעה הם בעלויות הנמוכות יחסית של הזרע וביכולת לכסות שטחים גדולים בזמן קצר.

## שיטות זריעה

1. ישירות בשדה: צמחים בעלי זרעים גדולים ניתן לזרוע בחלקה במישרין, במזרעות ("דריל") הנמשכות על ידי טרקטור, מזרעות אלו עוקבות אחר גובה הקרקע בכל נקודה, פולחות את האדמה ויכולות לזרוע מספר רב של שורות בו זמנית. הן גם יכולות לפזר דשן מיד עם הזריעה ולכסות את הזרעים תוך שהן מקפידות על גובה כיסוי אחיד. לאחידות הכיסוי בכל שיטת זריעה חשיבות רבה לנביטה והצצה אחידים.

**יתרונות**:

* הספקים גדולים
* חסכון בכוח אדם
* חסכון בתחבורה – אין צורך להוביל את השתילים לשטח
* דיוק מקסימלי בפיזור ובעומק

**חסרונות**

* לפעמים יש זרעים לא פוריים, או כאלו שנאכלו ע"י ציפורים או נברנים ואז יש צורך לזרוע שוב וזה גורם לחוסר אחידות בשדה.
* לפעמים יש צורך לדלל.
* הנבטים הצעירים רגישים מאוד (לחום, יובש, לחות גבוהה מדי בקרקע).
* קשה יותר להגן מפני עשבים.

פעולת מזרעות: <https://www.youtube.com/watch?v=1tOxvitO42M>

<https://www.youtube.com/watch?v=XebeXoHOI_0>

1. מנבטה: לאחר פיזור אחיד של הזרעים לוחצים עליהם בעדינות כדי להחדירם לקרקע ומכסים בשכבת אדמה , מהדקים בעדינות ומשקים .

עובי שכבת הכיסוי תלוי בקוטר הזרע, בדרך כלל מקובל לכסות את הזרעים בשכבת כיסוי שעובייה כפול מקוטר הזרע. זרעים זעירים מערבבים עם חול ומפזרים באופן שווה על פני האדמה ואין מכסים את הזרעים כלל.

**יתרונות** :

* יצירת תנאים מיטביים ודי אחידים של לחות וטמפרטורה.
* אפשרות טובה וחסכונית לטפל בכל נבט.
* שמירה קלה על נבטים נבחרים.
* מאפשרת טיפולים למניעת נביטה של עשבים.
* מנבטות יעילות במיוחד לגידול נבטים מזרעים זעירים.

**חסרונות** :

* תוספת עבודה בשתילה.
* נדרש מקום למנבטה.

1. זריעה במגשים בעלי תא "מיישר שורש": שיטה שפותחה במשתלות "חישתיל", מבנה התא המיוחד גורם להתפתחות שורשים ישרים שאינם מסתלסלים סביב הדפנות. צורת השורש המיוחדת הזו מאפשר שליפת הצמח מתא הגידול ללא פגיעה במערכת השורשים, תוך שמירת כיוון ההתארכות. כתוצאה מכך, השורש הישר מחדש במהירות גבוהה את מאזן המים בצמח תוך כדי בניה מהירה של מערכת שורשים צדדיים שפורצים לתוך מצע השתילה.

**יתרונות**:

* נצילות גבוהה יותר של זרעים מובחרים שמחירם יקר ביותר.
* חסכון ניכר במים בתחילת הגידול.
* יבול גבוה בחלקת הגידול.

**חסרונות** :

* עלות כספית.
* נדרשת הובלה לשטח.

1. זריעה בתפזורת – "מפולת יד": לוקחים מעט זרעים בחופן, מתקדמים בקצב איטי ובקצב הנכון ומפזרים אותם על האדמה.

**חסרונות** :

* השיטה לא מתאימה לכיסוי שטחים גדולים.
* יש להקפיד לפזר בדיוק את הכמות הנדרשת ובצורה שווה על האדמה ולא להפיל את החופן כולו בנקודה מסוימת, כדי לא "להציף" את האדמה בזרעים.

1. זריעה בהתזה: אין צורך בפליחה מוקדמת של הקרקע ובכיסוי הזרעים בעפר. מתיזים על הקרקע עיסה של מים וסיבי תאית ועץ בתוספת דשן כשבתוכה הזרעים. הזרעים נובטים בתוך העיסה ומשתרשים בקרקע. שיטה זו נפוצה בעיקר בזריעת צמחים מונעי סחיפה, על גדות נחלים ועל חולות נודדים.

זריעה בהתזה:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZgFvw1qGUF4>

## איכות הזרעים

השימוש בזרעים משובחים הוא תנאי חשוב להצלחת הגידול. טיב הזרעים וניקיונם הם גורמים מכריעים הקובעים את רמת היבולים .

בעבר נהגו החקלאים לאסוף זרעים ולהשתמש בהם לזריעה מחודשת בעונה הבאה, ואילו היום נוהגים לקנות את הזרעים מחברות המתמחות בגידול זרעים.

בתהליך יצור הזרעים על חברות הזרעים לנקוט מספר פעולות:

* שמירה על הצמחים המיועדים לייצור זרעים מפני מחלות, מזיקים ועשבים.
* הרחקת צמחים חריגים , שאינם עונים על תכונות הזן.
* הרחקת זרעים פגומים.
* מיון הזרעים לפי גודל .
* חיטוי הזרעים למניעת מחלות ומזיקים .
* אחסון הזרעים בתנאים מתאימים , עד למועד הזריעה .
* בדיקת כושר נביטת הזרעים לפני שיווקם לחקלאי .

במסגרת פעולות אלו על החברה לבצע **בדיקת** **נקיון זרעים**: זו היא בדיקה בסיסית בעזרתה חוזים את מידת האילוח בשדה בזרעים זרים לשם מניעת חדירתם לארץ של זרעי עשבים וטפילים ומניעת הפצתם. בדיקה זו היא ויזואלית, ומבוצעת לרוב על-פי שיטות ונהלים בין לאומיים של הארגון לבדיקות זרעים (ISTA)

יש לזכור שיבוא זרעים מצריך אישור ממשרד החקלאות. כעיקרון חל איסור על יבוא זרעים מחשש להדבקות בוטניות או החשש ממעבר זנים שישבשו את האיזון הטבעי באזורנו .

**בדיקת הניקיון בזרעים המיובאים לארץ**

בישראל קיים תקן ניקיון לעשרות גידולי תרבות: ירקות וגידולי שדה / פרחים וצמחי בית, המציין את שיעור הזרעים הנקיים המינימלי המותר ואת השיעור המקסימלי של זרעים רעים (זרעים של עשבים מזיקים).

בדיקת הניקיון מבוצעת באופן שגרתי בזרעים המיובאים לארץ והיא כוללת למעשה שתי בדיקות ניקיון: ניקיון רגיל, וקביעת מספר זרעים רעים ומחבלים.

בבדיקת ניקיון רגיל נקבע הרכב הדוגמא באחוזים, לפי משקל רכיביה (זרעים נקיים, זרעים זרים וחומר דומם), כולל זיהוי והגדרה של מיני הזרעים הזרים. מטרת הבדיקה היא להבטיח, שלארץ ייכנסו זרעים בעלי איכות גבוהה, אשר לא יאלחו את השדות במיני בר.

המעבדה המורשית לכך מפיקה תעודה כתומה (I.S.T.A. orange Certificat) המעידה כי הזרעים עומדים בדרישות התקן ושעברו " וולידציה " (validation) (הוכחה מתועדת, שמעניקה מידה גבוהה של ביטחון שהזרעים עומדים בדרישות מוגדרות מראש).

**בדיקות ניקיון חיטה**

יבוא חיטה לזריעה מותנה בביצוע בדיקת שדה בזמן הגידול של צמחי האם בחו"ל, בדיקת מעבדה של מכסות הזרעים המגיעות לארץ, חיטוי הזרעים בקוטל פטריות וקוטל חרקים וגידול מכסות הזרעים בתנאי הסגר קפדניים. (קיימות מחלות בעלות פוטנציאל לגרימת נזק קשה לדגניים שחלק גדול מהם לא קיים בארץ ולכן נוקטים באמצעים רבים למניעת חדירתן לארץ).

**בדיקות ניקיון לזיהוי עלקת**

העלקת הינו צמח טפיל ממשפחת העלקתיים, הגדל בארץ. זרעי העלקת מוגדרים כזרעים מחבלים ועפ"י תקנות הזרעים הישראליות, הימצאות זרע מחבל אחד פוסלת את המכסה כולה. זרעי העלקת קטנים ביותר וניתן לזהותם רק באמצעות בינוקולר (צורתם בדרך כלל אגסית, אורכם 0.3-0.2 מ"מ, רוחבם קטן מזה ומשתנה לפי המין).

המעבדה לבדיקת זרעים בודקת הימצאות זרעי עלקת בגידולים שונים .

שיטת הבדיקה מבוססת על שטיפת הדוגמא והפרדה בנפות בין זרעי העלקת לבין רכיבים אחרים. ובדיקה מיקרוסקופית של הנפות לצורך זיהוי העלקת.

**מיון וניקוי זרעים**

יש לבצע את פעולת הניקיון של הזרעים תוך פרק זמן קצר לאחר שהם נאספו.

שיטת ניקוי הזרעים תלויה בסוג החומר הנוסף, שאינו הזרעים עצמם (פסולת, חרקים, אדמה, אבנים, מקלות, עלים, או סוגים אחרים של זרעים זרים שאינם רצויים, ועוד).

ניקיון זרעים הנזרעים במכונת זריעה- חשוב לאיכות זרימת הזרעים, זרעים מלוכלכים יגרמו להצטברות לכלוך במכונת הזריעה, דבר שיוביל להפרעה בזרימת הזרעים במכונה ולירידה בעומד הזריעה. הלכלוך יגרום גם לשחרור אבק עם חומר לאוויר ולפגיעה במפעיל ובסביבה.

## חיטוי זרעים

חיטוי זרעים הינו יישום כימי, ביולוגי או פיזיקאלי שנעשה במטרה להדביר, לשלוט או לדחות פתוגנים ומזיקים התוקפים את הזרע או את השתיל הצעיר, והוא חיוני למקסום כמות היבול ואיכות היבול.

בשיטת הדברה זו הזרע עטוף בתכשיר המספק לו הגנה מפני פגעים שונים בקרקע , וכך נחסך הצורך בפעולת הדברה הנעשית לשדה כולו .

יעילות חיטוי זרעים בחומרי הדברה מותנית בשימוש בחומר חיטוי מתאים ובטיב הביצוע.

סוגי חיטוי:

**חיטוי יבש :**

באמצעות אבקת חיטוי ( תרכובות כספית אורגנית ) הנדבקת לזרע היבש, חיטוי יבש אינו משפיע לרעה על זרעים יבשים.

**חיטוי רטוב :**

טבילת הזרעים בתמיסה סמיכה של חומר החיטוי , כגון : השריית זרעים במיתקן המיועד לחיטוי זרעים המלא עד 2/3 מקיבולו בתמיסה של כספן משוכלל בריכוז של 1% למשך 5 דקות. לאחר החיטוי יש לייבש את הזרעים במקום מאוורר ומוצל.

**חיטוי במים חמים :**

השריית זרעים בתוך מיתקן ייעודי במשך 25 דקות במים בעלי טמפרטורה קבועה של 55 מ"צ, או במשך שעה תמימה במים בעלי טמפרטורה שאינה עולה על 54 מ"צ ואינה יורדת מ-50 מ"צ . החום חודר אל תוך הגרגר פנימה וקוטל מחוללי המחלות . צורת חיטוי זו דורשת דיוק מרובה , כי בחום גבוה מדי תאבד חיות הזרע .

* את הזרעים המחוטאים נוהגים לצבוע בצבע ורוד או כחול אבקתי, מטרת הצבע היא להזהיר את החקלאי ולסמן שהזרעים עצמם אינם אכילים כי הם מצופים בחומר החיטוי הרעיל.

## זרעים עטויים (Encrusted seeds)

פעולת העיטוי מקיפה את הזרע בחומרים קוטלי פטריות ובחומרי הדברה המספקים הגנה טוטלית לזרע בשלבים המוקדמים. נוסף להגנה שהיא מעניקה היא נותנת גם מראה אחיד ולכן כל חברת זרעים בוחרת לעצמה את צבע שכבת העיטוי. חומרי העיטוי מכילים פולימר (צבע) המקלים את איסוף הזרעים מהקרקע במהלך ביצוע בדיקות למרווחי זריעה.

רוב השימוש בתכשירים לעיטוי זרעים ברחבי העולם מתבצע בגידולי שדה כגון: דגניים (חיטה, תירס, שעורה ועוד), סויה, כותנה, וחמניות. השימוש בטכנולוגית עיטוי זרעים קיים גם בזרעי ירקות למיניהם.

## זרעים מצופים

זרעים מצופים הם יחידות בעלות צורה כדורית, (הזרע מאבד את צורתו המקורית) שיוצרו לזריעה מדויקת.

הציפוי הנפוץ ביותר הוא ציפויי חרסיתי בולט ועבה הנדבק לזרע ומגדיל אותו לגודל הרצוי .

חומר הציפוי (בנוסף לחומר האינרטי), יכול להכיל קוטלי מזיקים, צבע ותוספות שונות.

הגדלת הזרע נחוצה בעיקר בזריעה במזרעות אוטומטיות, בהן קשה למכונות הזריעה להתמודד עם זרעים קטנים, כזרעים של חסה, סלרי, זרעי פרחים וזרעים קטנים בכלל.

חשיבות ציפוי זרעים:

א. הקניית אחידות לזרעים בגודל וצורה כך שיתאימו לזריעה במזרעה אוטומטית.

ב. חיסכון בזרעים בעת הזריעה (זרע אחד לגומה) ושליטה על עומד זריעה.

ג. מעבר רציף וזורם במכונות זריעה.

ד. סימון הזרע לזיהוי החברה יצרנית הזרעים (לחברות זרעים שונות יש צבעים שונים).

ה. מניעת גנבות וחיקויים

ו. הגנה מפני תנאי סביבה קיצוניים והגנה מכאנית על הזרע.

עיטוי וציפוי זרעים: <https://www.youtube.com/watch?v=72zW24QMh4c>

## צביעת זרעים

מטרת הצביעה היא לעזור לחקלאי לזהות את הזרעים על גבי הרקע של האדמה.

מגוון הצבעים האפשרי הוא ככל צבעי הקשת. משתלות חקלאיות גדולות אף יכולות להזמין את הצבע שבו הן מעוניינות שהזרעים יצבעו.

## אחסון זרעים

זרעים הם אורגניזמים חיים המגיבים לשינויים באיכות הסביבה. הם נושמים, מזדקנים, מאבדים את "כוח החיים" במשך 1 -7 שנים.

חיוניות הזרעים תלויה בתכונות התורשתיות שלהם (למשל קליפה עבה וקשה שמקשה על חדירת מים וחמצן) ובתנאי האחסון (הסביבה), תכולת הרטיבות של הזרע (אם היא למעלה מ 10% יש צורך לייבש אותם לפני האחסון) , בטכנולוגיית הגידול, הקטיף, הייבוש, העיבוד והאחסון שלהם.

בנבט של זרע חי מתרחשים באופן איטי תהליכי סינתזה ופירוק. ככל שהנשימה אינטנסיבית יותר כך כושר החיות ירד. מכאן, שכדי לשמור על חיוניות הזרעים זמן רב , יש לאחסן אותם בתנאים כאלה שיורידו את עוצמת הנשימה שלהם , ויאטו תהליכים אחרים של חילוף החומרים, מבלי לפגוע בעובר.

כדי לשמור על חיוניות הזרעים לתקופה ארוכה נחוץ לאחסן אותם בחדרים יבשים וסגורים בלחות יחסית שיכולה לנוע מ 25% - 50%, בהתאם לסוג וזן הזרעים (יש להיזהר מיובש יתר). ובטווח טמפרטורות 5 - 12 מ"צ , כאשר תנודות טמפרטורת האוויר בחלל האחסון צריכות להיות מינימאליות. לחות גבוהה מדי יוצרת מצע נוח להתחממות עצמית של הזרעים ולהתפתחות של מיקרואורגניזמים הגורמים לנזקים. רצוי גם לשמור על ריכוז נמוך של חמצן או ריכוז גבוה של פחמן דו חמצני.

לעיתים קרובות זרעים שומרים על חיוניותם גם בתנאי סביבה קיצוניים. יש בהם העשויים לעמוד אפילו בטמפרטורות גבוהות מאד כמו 90 מעלות צלזיוס, או נמוכות מאד כמו 150- מעלות צלזיוס.

תהליך אחסון זרעים כולל ניקוי מתערובות צדדיות (כגון רגבי קרקע, עשבים וזרעיהם).

מקום האחסון חייב להיות מוגן מפני עכברים וחולדות, העלולים להשמיד זרעים רבים. כדאי לאבק את הזרעים בחומרי הדברה ,שיגנו עליהם מפני חרקים שונים, ולרשום על בתי הקיבול את שם הזרע ושנת האסיף, כדי להימנע משימוש בזרעים ישנים.

## יתרונות זרעים מחברה

לאור העובדה שזהו תחום ההתמחות של החברה ויש לה יותר משאבים להשקיע בזרעים מאשר החקלאי הבודד:

* אחוז נביטה גבוה
* תכונות ידועות מראש
* איכות תורשתית גבוהה
* אחידות בגדילה
* נקיון מזרעי בר, מחלות ומזיקים.
* ביטוח מפני זרעים באיכות לא טובה

**קניית זרעים**

כיום, יש בעולם עשרות חברות לייצור זרעים. התחרות אילצה אותן להשתפר לטובת הלקוח, הן באיכות הזרעים ובמחירם.

סימון זרעים למכירה צריך לכלול את הפרטים הבאים:

* זן הצמח
* סימן זיהוי של המגדל ושל השדה
* ציון דרגת הזרעים
* % נביטה
* % ניקיון
* % הזרעים הזרים
* החומר בו חוטאו הזרעים (חיטוי זרעים שבוצע ברעל המזיק לאדם או לבעל חיים יצוין באותיות אדומות בצורה בולטת והוספת צורת גולגולת ליד)
* המועד האחרון בו נבדקו הזרעים במעבדה רשמית
* משקל הזרעים במיכל

# **נביטה**

נְבִיטָה היא תהליך אשר במהלכו, בעקבות היחשפות הזרע לתנאים מתאימים, "מתעורר" העובר הרדום ומתפתח לנבט הכולל את האברים: נצרון ושורשון הפורצים מהזרע ומתפתחים בהמשך לצמח הבוגר.

תוחלת החיים של הזרעים שונה אצל צמחים שונים. יש זרעים המאבדים את כושר הנביטה ימים אחדים לאחר הבשלתם.

זרעים מסוימים כגון זרעי הצפצפה, הערבה והאשל חייבים לנבוט בעונה שבה הם נוצרים, אחרת לא ינבטו בכלל.

יש המאבדים את כושר נביטתם לאחר חודשים אחדים, כגון: החמנייה והפשתה. כנגדם ישנם זרעים שאינם נובטים אלא לאחר תקופת הרדמה.

רוב הזרעים שומרים על חיוניותם במשך שנים אחדות או אפילו שנים רבות, כמו במקרה של גרגרי החיטה.

## בדיקת כושר הנביטה/חיות הזרעים

המדד המעבדתי המקובל לבדיקות חיוניות לזרעים הינו כושר הנביטה , בדיקות אלה קובעות את אחוז הזרעים המסוגלים לנבוט ולהתפתח לצמח נורמאלי, בתנאי שדה נאותים . בהשוואה לכמות הזרעים שהונבטו .

שיעור נביטה הוא היחס בין מספר הזרעים הנובטים לבין מספר הזרעים שנזרעו.

**שיטות לבדיקת כושר הנביטה:**

הנבטת מדגם זרעים – את חיוניותם של הזרעים קובעים על פי מספר הנבטים שצמחו, בהשוואה לכמות הזרעים שהונבטו. לגבי כל מין וזן של זרעים מקובל אחוז נביטה מינימלי, זרעים שאחוז נביטתם קטן ממינימום זה , פסולים לזריעה.

פתיחת מדגם של זרעים - אם הזרע לבן בפנים סימן שיש לו כושר נביטה. על פי אחוז הזרעים שנמצאו כבעלי כושר נביטה, מחשבים את כמות הזרעים שיש לזרוע כדי לקבל את כמות השתילים הרצויה.

גורמים אפשריים לשיעור נביטה נמוך:

גורמים פנימיים:

* נתונים תורשתיים של הצמח.
* התפתחותו של הזרע לא הושלמה בהיותו על צמח האם.
* פציעת הזרע בעת איסופו או אחסנתו.
* אחסנה בתנאים לא מתאימים.
* זרעים זקנים.

גורמים חיצוניים:

* מצע זרעים תחוח מדי או מהודק מדי.
* טמפרטורה נמוכה.
* היווצרות קרום קשה במצע המונע הצצה .
* זריעה שטחית או עמוקה מדי.
* מחלות זרעים ומזיקי קרקע.
* מים עומדים המפחיתים את כמות החמצן במצע .
* ריכוזים גבוהים של דשנים במצע הזריעה .

**משקל אלף**

משקל האלף משמש כאחד המדדים לקביעת איכות הזרעים. בבדיקת משקל של אלף זרעים, ניתן לאמוד את משקל הזרעים הדרוש לזריעה לכל דונם חלקה. בחלק מהגידולים נמצא כי ככל שמשקל האלף גדול יותר, הזרע מכיל יותר חומרי תשמורת המסייעים לו בשלבים המוקדמים של נביטתו. 'משקל אלף' היא בעיקר תכונה גנטית של זן, אך יש גם קשר לתנאי סביבה ולכושר מילוי הגרגר

## שלבי הנביטה

1. התעוררות הזרע מתרדמה - מתבטאת בהגברת פעילות מטבולית והתעוררות העובר.

קליטת מים - הזרע היבש מכיל מעט מאד מים - תהליך הנביטה לא יכול להתחיל לפני שהזרע קולט מים ותופח.

המים חשובים להתפתחות הצמחים כיוון שהם מהווים את הממס העיקרי והמרכיב העיקרי בתאים. קליטת המים מלווה בתהליכים מטבוליים המתחילים להתרחש בזרע ובעליית קצב הנשימה ויצירת ATP.

תפיחה - במהלך התפיחה חודרים מים לזרע ונספחים לחומרים המצויים בו.

בתחילה סופח הזרע מים מסביבתו בפעפוע. בעקבות כך הזרע תופח וקליפתו נבקעת. מקום הקרע מאפשר כניסת מים נוספים הדרושים לנביטה, ופריצת חלקי הנבט המתפתח (שורשון, נצרון).

האנרגיה שהייתה אצורה בזרע הופכת לזמינה וחומרי התשמורת מתפרקים לצורך המשך תהליך הנביטה. החלבונים בזרע סופחים את עיקר המים.

שיעור התפיחה נקבע ע"י שלושה גורמים: הרכב הזרע, חדירות קליפת הזרע או הפרי למים, זמינות מים בסביבת הזרע. כדי שהזרעים ינבטו כראוי ,על הזרעים להימצא במשך כל הזמן בסביבה לחה.

המים שחודרים לתאי העובר מפעילים אנזימי נשימה תאית ואנזימים הדרושים לבניית הורמונים. הורמונים אלו עוברים אל שכבת החלבונים באנדוספרם, וגורמים להפעלת אנזימים שמפרקים את חומרי התשמורת ליחידות המבנה שלהם שמסיסות במים. לדוגמא : האנזים עמילאז מפרק את העמילן לגלוקוז. תוצרי הפירוק נעים בדיפוזיה לעובר ומזינים את הנבט המתפתח.

1. התפתחות הנבט - מתבטאת בתהליכי גדילה והתמיינות של השורשון והנצרון, על חשבון חומרי התשמורת שבפסיגים.

בקיעת הקליפה - בשעת התפיחה יש לחץ על קליפת הזרע וזה גורם לבקיעתה.

הצצת השורשון - השורשון הוא האיבר הראשון הפורץ את קליפת הזרע; הוא גדל במהירות וחודר לקרקע כי הוא צריך לספק לנבט הצעיר מים ואחיזה בקרקע, אחריו גדל ומתארך גם הנצרון. בשלב זה תפקיד העלים אינו משמעותי כי הנבט מקבל את חומרי המזון שלו מהפסיגים. השורשון תמיד יגדל כלפי מטה והנצרון כלפי מעלה, ללא קשר לזווית בה מונח הזרע. השורשון גדל ומפתח יונקות אשר מתחילות לקלוט מהקרקע מים וחומרי מזון.

הצצת הנצרון - הנצרון מגיח מתוך האדמה כשהוא כפוף מעט וגדל כלפי מעלה. זו התחלת ההתפתחות של גבעול הצמח החדש.

התיישרות הנצרון - הנצרון מתיישר וצומח כלפי מעלה.

צמיחת העלים הראשונים - הנצרון שגדל, מצמיח עלים ומתחיל בתהליך ההטמעה.

בכל תהליך הנביטה , חומרי התשמורת מתוך הפסיגים או האנדוספרם מספקים לנבט אנרגיה וחומרים לבניית התאים. רק לאחר ההצצה , ופריסת העלים הירוקים- מתחיל הצמח הצעיר לספק לעצמו מזון בעזרת הפוטוסינתזה. בשלב זה יהיו כבר הפסיגים מרוקנים מחומרי תשמורת.

## גורמים המשפיעים על תהליך הנביטה

הנביטה היא אחד השלבים הקריטיים ביותר במחזור חייו של צמח ובפרט של צמח בר. ראשית משום שהנבט פגיע ביותר, בעיקר בעודו צעיר, שנית משום שהמקום והזמן בהם תחול הנביטה יקבעו את סיכוייו של הצמח הנובט להשלים את מחזור חייו.

תהליכי ההתפתחות האבולוציונית הביאו להתפתחותם של מנגנונים שונים בזרעים, שמטרתם להבטיח את המשך קיומו של המין, לדוגמה:

1. ייצור כמויות גדולות של זרעים.
2. הכוונת הפיזור המרחבי של הזרעים.
3. פיזורה של הנביטה בזמן, כלומר לא כל הזרעים שנוצרו נובטים באותה שנה.
4. התאמתה של הנביטה לתנאי הסביבה.

על תהליך הנביטה משפיעים גורמים שונים , מהם גורמים סביבתיים חיצוניים לזרע (תנאי סביבה) ומהם גורמים פנימיים הנמצאים בתוך הזרע. גורמים אלו משתנים בין סוגי הצמחים השונים.

**הגורמים החיצוניים העיקריים** המשפיעים על תהליך הנביטה הם:

מים - דרושים לסדיקת הקליפה , לשטיפת מעכבי נביטה ולקיום תהליכי חילוף חומרים בזרע הנובט . לאחר חדירת מים לזרע , נוצרים מווסתי צמיחה ( ג'יברלינים ) המשפיעים על שפעול אנזימים ופרוק חומרי התשמורת , העמילן הבלתי מסיס הופך לסוכרים פשוטים מסיסים הנעים מהאנדוספרם אל העובר ומשמשים להתפתחותו ולנביטתו , כמו כן תהליך הנשימה מואץ .

עודף מים עלול לגרום לחוסר אוורור בצמחים מסוימים ולעכב נביטה . קליטת המים ע"י הזרע תלויה במבנה הקרקע , במרקם וברמת המליחות .

אויר - בעיקר חמצן לנשימה תאית. תהליך הנביטה צורך אנרגיה והוא תלוי באספקה סדירה של חמצן לנבט המתפתח ולכן נוכחותו של חמצן בקרקע היא הכרחית. הנבט קולט חמצן מומס במים.

אוורור לקוי מעלה את רמת הפחמן הדו - חמצני והדבר עלול לעכב את הנביטה. (יוצאים מן הכלל- זרעים הנובטים בביצות, כמו: זרעי אורז).

יש זרעים שזקוקים להשריה במים לפני זריעתם, שימו לב שאין להשרותם מעבר לזמן הדרוש לתפיחתם , שכן , כמות החמצן המתמוססת במים נמוכה פי שלוש מזו שבאוויר, והשרייה ארוכה מדי תיצור תנאים של חוסר חמצן ותפגע בתהליך הנביטה.

מאותה סיבה אין להפריז בהשקיה.

גם זרעים שנטמנו עמוק מדי בקרקע, עלולים לסבול ממחסור בחמצן שיעכב או יפסיק את תהליך הנביטה.

טמפרטורה - לכל מין של זרעים ישנה טמפרטורה הנוחה ביותר לנביטה והיא מכונה "טמפרטורה אופטימאלית ". הטמפרטורה האופטימאלית משפיעה על קצב הנביטה ועל שיעור הנביטה, היא חשובה לויסות תהליכי הנביטה ולגדילת העובר. בתהליך הנביטה מעורבים אנזימים שונים ולכל אנזים הטמפרטורה המיטבית לפעילותו.

בתנאי האקלים בארץ דרושה למרבית הזרעים טמפרטורה של 20 - 30 מעלות צלזיוס כדי לנבוט בשיעור גבוה. קצב הנביטה בדרך כלל נמוך כאשר הטמפרטורה נמוכה והוא עולה עם עליית הטמפרטורה עד לרמה המיטבית. זרעים של צמחי נוי הזקוקים לטמפרטורה גבוהה לנביטתם , זורעים בשולחנות ריבוי מחוממים.

* **דרישות לחום**: יש מינים בהם טמפרטורות גבוהות גורמות להתפרקות המעכבים. לכן, בשטח שעבר שריפה ניתן לראות לאחר הגשמים נביטה מוגברת של מינים אלו.

טמפרטורות גבוהות לא פוגעות בזרע המצוי בתרדמה אלא כאשר הוא נמצא בתהליך נביטה .

* **דרישות לקור:** בטבע קיימים מיני צמחים שהזרעים שלהם נובטים רק לאחר שהם עוברים תקופת קור (טמפרטורות נמוכות ולחות גבוהה). זרעים אלו מבשילים במהלך הקיץ והסתיו, עוברים את החורף ונובטים באביב.
* **טיפול בקור**: יש זרעים שזקוקים לתנאים מלאכותיים להבשלת העובר. זרעים אלו יש להכמין (להטמין בחול לח או בטמפ' נמוכה לשם נביטה מהירה). לאחר התעוררותם מגדלים אותם בתנאים רגילים.

יובש - במיני צמחים מסוימים, כמו תירס, מושג אחוז נביטה גבוה רק לאחר שהזרעים עברו תהליך של התייבשות. (הנביטה מתרחשת לאחר תקופה של אחסון במהלכו יורדת תכולת המים של הגרגרים).

אור - עוצמת האור הדרושה לנביטה אופיינית לסוג הצמח ותלויה בפעילות הפיטוכרום.

* יש צמחים שאור אינו משפיע כלל על נביטתם - רוב גידולי התרבות.
* יש זרעים שאור מעודד את נביטתם: בד"כ זרעים קטנים, שכמות חומרי התשמורת בהם קטנה ומקיימת את הנבט המתפתח זמן קצר בלבד. אם זרע כזה ינבוט עמוק בקרקע מאגר המזון שלו ייגמר, והוא לא יספיק להגיע לפני הקרקע לבצע פוטוסינתזה.
* יש צמחים שאור הכרחי לנביטתם! בצמחים אלו - האור יוצר גירוי לנביטה וללא אור הם לא נובטים.
* יש צמחים שאור מעכב את נביטתם, ונביטתם התקינה תתכן רק בחושך, כגון : זרעי אספרגוס , הדס , ומללויקה , זרעים כאלה נוהגים להנביט מתחת ליריעות פלסטיק אטומות לאור.

מצע הזריעה - מצע הנותן לזרעים את מיטב התנאים לנביטה: שטח היאחזות , טמפרטורה מתאימה, לחות ומזון .

בהכנת מצע זרעים לגידולי שדה , צריך לוודא שגודל חלקיקי הקרקע לא יעלה על פי שניים מגודל הזרעים. על כן בהכנת מצע זרעים לזרעים קטנים על האדמה להיות יותר מפוררת ותלכידיה יותר קטנים ואחידים , כדי להבטיח מגע טוב בין הזרעים לבין חלקיקי הקרקע .

מצע זרעים בשתלנות של צמחי – נוי , מכיל בד"כ ,כבול מנופה וורמיקוליט, ביחס של 1:1 כשהם מעורבבים היטב, על תחתית המנבטה יש לשים שכבת טוף לשם ניקוז.

עומק הזריעה - עומק הזריעה נקבע בראש וראשונה על פי רמת רטיבות וכמות חמצן. בזריעה שטחית מדי קיים חשש למחסור ברטיבות, ואילו בזריעה עמוקה מדי קיים חשש למחסור באוויר, ושהנבט לא יספיק להבקיע דרך למעלה.

מרגע שנקבע עומק הזריעה יש להקפיד על עומק אחיד. זה יבטיח נביטה והצצה אחידים של הנבטים יפחית את סכנת האכילה על ידי מזיקים, ויאפשר לבצע את כל פעולות הטיפול באופן אחיד לכל הצמחים בשדה.

**אטיולציה -** התארכות רבה של הגבעול, עלים זעירים וחוסר בכלורופיל. נוצרת בגלל השקעת מאגרי האנרגיה המוגבלים העומדים לרשות הזרע במטרה להגיע לאור כדי להתחיל תהליך פוטוסינתזה.

אטיולציה: <https://davidson.weizmann.ac.il/online/askexpert/life_sci/%D7%90%D7%99%D7%9A-%D7%92%D7%93%D7%9C-%D7%A6%D7%9E%D7%97-%D7%90%D7%98%D7%99%D7%95%D7%9C%D7%A0%D7%98%D7%99>

תנאי אחסון – כפי שהוסבר בפרק על אחסון.

אלולופתיה – כפי שהוסבר בפרק על הגורמים לתרדמת זרעים (עמ' 11).

**הגורמים הפנימיים העיקריים** המשפיעים על תהליך הנביטה הם:

1. **מווסתי הצמיחה:**

**ג'יברלין :** מבטל תרדמה של עוברים הנגרמת על ידי חומרים מעכבים. נוצר לאחר חדירת מים לזרע ומשפיע על שפעול אנזימים ופרוק חומרי התשמורת.

**ציטוקינין :** כנראה, מבטל את ההשפעה המעכבת של ABA. בצמחים שבהם שיעור הנביטה נמוך, משלבים פעילות של ציטוקינין וג'יברלין להסרת עיכוב הנביטה.

**אתילן :** מעורר תהליכי הנביטה בזרעים מסוימים, כמו: תירס, אפונה ושעועית. השפעתו רבה בעיקר כשהוא ניתן במשולב עם ציטוקינין, עם דו-תחמוצת הפחמן או עם הארה.

**חומצה אבציסית (ABA) :** מעכבת נביטה. במהלך ההתפתחות של פירות רבים עולה רמת ה-ABA. ייתכן, כי בדרך זו נמנעת נביטת הזרעים בתוך אותם פירות. בהכמנה יורדת רמת החומצה.

1. **קליפות זרע בלתי חדירות למים או לגזים:**

קליפה קשה, עבה או שמכוסה בשעווה הדוחה מים מונעת את חדירת המים לרקמות הזרע ואת חילוף הגזים בנשימה , נוסף לכך אין העובר יכול להבקיע את קליפת הזרע בזמן הנביטה.

בטבע נפצעת הקליפה ע"י פטריות וחיידקים, או כאשר הזרעים עוברים דרך מערכת העיכול של בעלי - חיים, או בעקבות שינויי טמפרטורה קיצוניים כמו בשריפות.

כדי לאפשר נביטה אחידה של זרעים קשי קליפה יש להשתמש באמצעים מכניים או כימיים הגורמים לריכוך הקליפה או לפציעתה והסרתה , ורק לאחר זאת זורעים אותם.

* דרכים לזירוז נביטה של זרעים קשים פורטו בעמ' 12 פרק טיפולים חקלאיים לשבירת תרדמת זרעים.

1. **ריכוז מלחים/סוכרים גבוה בפרי :** מצב המאפשר נביטה רק בהרחקת הזרעים מהפרי.
2. **נוכחות חומרים מעכבי נביטה בציפת הפרי או בזרע** : זרעים כאלה ינבטו רק אחרי שהפרי נרקב (התרכובות המעכבות יפורקו ע"י חיידקים ופטריות), או לאחר שהפרי עבר במערכת העיכול של בעלי חיים.
3. **בשלות העובר** : זרעים שהתפתחותם לא הושלמה על צמח האם , והם זקוקים להבשלה נוספת בתנאים מלאכותיים. זרעים אלה יש לשים בד"כ בהכמנה.
4. **גיל הזרע**: ככל שהזרע "זקן" יותר, החיוניות שלו פוחתת. בדרך כלל זרעים של צמחי בר שומרים על חיוניות לאורך יותר שנים, מזרעי תרבות.