

עדכון: 26.9.17


התחדשות בטבע: הנבטה, שיטות והמלצות


נביטה הוא השלב במחזור חיי הצמחים שבמהלכו זרע הופך לנבט. מקובל לחלק את תהליך הנביטה לשלושה שלבים: תפיחה, תחילת נשימה תאית ופעילות אנזימטית, בקיעת שורשון ואחריו הנצרון⁽¹⁾. תהליך הנביטה מושפע מגורמים אביוטיים ומגורמים ביוטיים. ניתן לבצע ניסויים בהם תיבדקנה השפעות של גורמים כאלה על שינויים מורפולוגיים, פיסיולוגיים וביוכימיים המתרחשים בעת הנביטה של זרעים ממינים שונים. בסקירה זו נתאר מספר שיטות הנבטה ונדגיש יתרונות וחסרונות של כל שיטה. ראוי להדגיש כי במידע במסמך זה אין התייחסות לניסויים בשלב הצמיחה במחזור החיים של הצמח, בו הנבט מתפתח לצמח על כל איבריו. עם זאת, יש מקרים בהם הבחירה בדרך הנבטה מסוימת קובעת צמיחה שמתאימה לניסויים ייחודיים (ראו הערות בטבלה שבהמשך).


הערות:




- א. לפני הנבטה יש לברר אם אכן העונה מתאימה להנבטה של המין אותו רוצים לחקור. לשם כך, מומלץ להיעזר במידע שבטבלה " [מועדי זריעה](#)". לדוגמה, אם בוחרים לעבוד עם זרעי אפונה, יש לשים לב שההמלצה לגביהם היא זריעה בסתיו ובתחילת החורף. צפוי שזרעים אלה לא ינבטו בעונות אחרות, או שאחוז הנביטה או קצב הנביטה שלהם יהיה נמוך. בסתיו ובחורף אפשר לזרז את נביטתם של זרעים ממינים שונים שמועד נביטתם באביב או בקיץ (למשל פלפל או מלפפון) על ידי הנבטתם בתנור עם ווסט טמפרטורה אותו יש לכוון לטמפרטורה קבועה $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$. במקרה זה כדאי להכניס לתנור כלי ובו מי ברז, להגדלת לחות האוויר ולמניעת התייבשות מצע ההנבטה. הנבטה בתנור מאפשרת גם שמירה על חושך בכל ימי ההנבטה.
- ב. אם בודקים השפעה של משתנה בלתי תלוי שאינו קשור לתנאי הארה, אפשר להנביט את הזרעים בחדר שבו יש תאורה ביום וחושך בלילה. אמנם עוצמת האור במהלך הנביטה לא תהיה קבועה במהלך הניסוי, אך השינוי בה יהא זהה בכל הטיפולים בניסוי. חשוב להתייחס לעניין זה בהקשר לעיקרון של שמירה על גורמים קבועים בניסוי ובניתוח תוצאות הניסוי.
- ג. לנוחיותכם, [בקטלוג החומרים](#) של המרכז לפיתוח ותמיכה, במדור זרעים, נתון הקשר בין מספר זרעים של כל אחד ממיני הזרעים המסופקים ובין משקלם. נתון זה מאפשר ללברנט / למורה לתכנן את כמות הזרעים שיש להזמין לניסוי. לפני ההנבטה מומלץ לברור את הזרעים ולהשליך את אלה הפגומים או שבורים.
- ד. התפיחה תתרחש כאשר משרים את הזרעים בכלי עם מים או תמיסה מימית אחרת שנבחרה לניסוי. ברוב המינים שלהם זרעים קטנים מאד כגון, צנון או חסה אין צורך בהשריה מוקדמת. במינים שלהם זרעים בינוניים כגון פלפל, מלפפון או זרעים שקליפתם דקה כמו עדשים, אפשר להשרות שעות אחדות ואילו זרעים גדולים יותר כגון, חיטה, מש (לוביה), סויה, שעועית, אפונה, מומלץ להשרות 12 – 24 שעות. לאחר ההשריה יש לשטוף את הזרעים התפוחים ולהנביטם לפי אחת השיטות המתוארות בטבלה שבהמשך (עמודים 2 - 7).

לפני ביצוע כל ניסוי יש לבדוק מה משך ההשריה המתאים למין הזרעים אותו רוצים להנביט, מהי השיטה המתאימה ביותר לניסוי שיבוצע ומהו משך ההנבטה המיטבי.

השיטה ותיאורה	יתרונות ושיפורים	חסרונות	צילומים
<p>הנבטה על גבי מצע לח: צמר גפן, נייר מגבת</p> <p>יש לרפד צלחת, תבנית, מגש או כל כלי מתאים במצע שנבחר. יש להרטיב את המצע, לשפוך את עודפי המים ולפזר על פני המצע את הזרעים.</p>	<p>ניתן להנביט באותם תנאים כמות גדולה של זרעים. לדוגמה, ראו ברשימת כלים וחומרים בגרות 5 יח"ל תשס"ד, בעיות בוקר, הצעה לחלוקה נוחה של הזרעים לתלמידים.</p> <p>אפשר להניח נייר סינון או נייר מגבת על הצמר גפן ועל הנייר לפזר את הזרעים. הנייר מקטין את הסיכוי לנזקים לנבטים בשל עודף מים, ומאפשר להפריד מהמצע את שאריות הזרע או הנצרונים של הנבטים.</p> <p>בימים הראשונים של ההנבטה מומלץ לכסות את הכלי להנבטה. להנבטה באור מומלץ לכסות בניילון נצמד ולהנבטה בחושך בנייר אלומיניום (בשני המקרים כדאי לא להדק מאד את הכיסוי). להנבטה בחושך מוחלט, מומלץ להכניס לארון סגור את הכלי עם הנבטים. בכלי מכוסה או בארון סגור, בד"כ אין צורך להוסיף מים על אלה שהוכנסו בראשית ההנבטה. אם רוצים להמשיך ולגדל את הנבטים, כדאי להסיר את הכיסוי לאחר הצצת הנצרון ותחילת צמיחתו.</p> <p>הערה: אם רוצים לבצע ניסוי בו תיבדק השפעה של גורמים שונים על הצמיחה של אחד מחלקי הצמח הצעיר, כדאי להנביט את כל הזרעים בשיטה זו, לאחר יום יומיים כשהשורשון הציץ ברוב הזרעים, יש להעביר רק את הזרעים האלה להמשך צמיחה בתנאים שונים (על פי שאלת החקר שמבקשים לחקור).</p> <p>הבחירה של הזרעים שנבטו לאחר יום או יומיים, והשימוש רק בהם בניסוי, עשויה להקטין את השונות בין הצמחים שיתפתחו מהנבטים.</p>	<p>יש להשקות לעיתים קרובות, אך להימנע מהוספת כמות עודפת של מים. בתנאים של עודף מים הזרעים והמצע עלולים להזדהם בפטרייה.</p> <p>במזג אוויר יבש קיימת סכנת התייבשות של הנבטים.</p> <p>להנבטת זרעי חיטה יש להשתמש במצע צמר גפן (ראו רשימת כלים וחומרים 5 יח"ל תשס"ד, בעיות בוקר).</p> <p>שיטה זו אינה מומלצת אם רוצים להשתמש בשורשונים של הנבטים.</p>	

צילומים	חטרונות	יתרונות ושיפורים	השיטה ותיאורה
	<p>מתאפשרת הנבטה של כמות מעטה של זרעים. בכוס שקופה לשימוש חד פעמי אפשר לפזר 6 – 8 זרעים.</p>	<p>בשתי האפשרויות (א, ב), נוח להשקות את הצמר גפן שבמרכז הכוס ולשמור על לחות מבלי לגרום לעודף מים.</p> <p>בשלב הראשונים של הנביטה בשתי האפשרויות א ו-ב, מומלץ לשמור על לחות האוויר על ידי כיסוי הכוס באופן חלקי בניילון נצמד ושקוף.</p> <p>אם משתמשים בכוס שקופה (למשל, כוס לשימוש חד פעמי) אפשר לעקוב בנוחות אחר שלבי הנביטה, ואף לעקוב אחר התפתחות הצמחים הצעירים ולבצע מדידות כגון אורך נצרון או אורך שורשן. לפי דרישות הניסוי, אפשר להנביט בחושך או באור.</p> <p>אם מוסיפים בכוס שכבת בריסטול כהה (חיצונית לשכבת נייר מגבת), כך שהזרעים יהיו בין הבריסטול לבין דופן הכוס, אפשר להבחין בהתפתחות יונקות. התפתחות מואצת של יונקות, בשורשי צנון או פלפל, תתקיים כאשר ממעטים להשקות.</p> <p>מומלץ לבדוק היונקות בזכוכית מגדלת או בבינוקולר.</p> <p>הערה:</p> <p>אם ממשיכים לגדל את הנבטים הצעירים שבכוסות, אפשר להשתמש בהם לניסויים בביוחקר, לדוגמה, לבדוק מהי השפעת ריכוז דשן נזלי שמוסף לצמחים. בביצוע ניסויים בביוחקר יש יתרון בשיטה זו, כאשר כל טיפול (שבו מספר חזרות) יבוצע בכוס נפרדת.</p>	<p>הנבטה בכוס</p> <p>א. בתחתית הכוס יש להניח פיסת צמר גפן לחה. יש להצמיד לדפנות הכוס 2 שכבות של נייר מגבת או נייר סינון (רוחב כל פיסה זהה לגובה הכוס). לאחר מספר דקות הנייר נעשה לח ונצמד בצורה טובה אל דופן הכוס. יש להניח את הזרעים בין הכוס לבין הנייר, (אפשר להיעזר במלקטת). חשוב שמרחק כל הזרעים מתחתית הכוס יהיה דומה ככל שניתן, בערך במחצית הגובה של הכוס.</p>

צילומים	חסרונות	יתרונות ושיפורים	השיטה ותיאורה
	<p>שיטה זו אינה מומלצת אם רוצים להשתמש בשורשונים של הנבטים.</p>	<p>קל ונוח יותר להניח את הזרעים בהשוואה להכנסתם לכוס. אפשר להוציא בקלות את הנבטים ולהשתמש בניסוי בחלק הרצוי.</p> <p>בהנבטה על גבי פיסת נייר מגבת מגולגלת ניתן להנביט כ- 12 זרעים, ובתוך כוס אחת אפשר להכניס 3-4 פיסות נייר מגבת מגולגלות.</p>	<p>הנבטה בכוס</p> <p>ב. להניח על שולחן פיסה של מגבת נייר, ולקפל לרוחבה. יש להתיז מעט מים על המגבת ולפזר זרעים בשורה ישרה במרכז פיסת המגבת. לגלגל את המגבת, ולהתיז עליה עוד מים. את המגבת המגולגלת שבתוכה הזרעים יש להכניס לכוס שבה צמר גפן ספוג במים.</p>

צילומים	חסרונות	יתרונות ושיפורים	השיטה ותיאורה
 <p>א</p>  <p>ב</p>  <p>ג</p>	<p>השיטה אינה מתאימה להנבטת זרעים קטנים מאד (כגון חסה, צנונית) שיכולים ליפול דרך החורים שבגזה.</p> <p>לאחר ימים אחדים מתפתחת ציצת שורשים ובמקרים אלה לא נוח להפריד בין השורשים של כל נבט, אך בסוף הניסוי ניתן בקלות לחתוך את כולם יחד.</p>	<p>כדי להבטיח את התפתחות כל הנבטים, מומלץ להעביר לגזה רק את הנבטים שבהם כבר הציץ שורשון.</p> <p>השיטה מתאימה במיוחד להנבטת זרעים כגון חיטה שהשורשונים שלהם דקים יחסית ועוברים בקלות דרך החורים שבגזה (צילומים א,ב).</p> <p>השיטה מאפשרת התפתחות שורשונים והפרדתם בקלות, שלא כמו בהנבטה על צמר גפן או נייר סינון (צילום ג). כך אפשר למדוד אורך של שורשונים או להפריד בינם לבין החלקים הירוקים של הנבט ולמדוד את משקלם (כל מדידה כזו היא מדד להתפתחות הנבט).</p> <p>אפשר לבדוק השפעת תמיסות של חומרים שונים שיוכנסו לכלי קטן (לדוגמה, תמיסות דשן, תמיסות אוקסין) על התפתחות שורשונים או נצרונים.</p>	<p>הנבטה בכוס ג.</p> <p>יש להשרות את הזרעים במשך 12 – 24 שעות. לבחור כלי בגודל מתאים, למלא אותו במים או בתמיסה שאת השפעתה רוצים לבדוק. להניח על הכלי שכבה אחת של גזה שמידותיה גדולות מפתח הכלי ולהדק את הגזה עם גומיה (צילום ב). על הגזה יש לפזר את הזרעים התפוחים. הזרעים צריכים להיות מעט טבולים במים.</p> <p>בתחילת ההנבטה מומלץ לכסות את הכוס בשקית ניילון שקופה (אם ההנבטה היא באור) להפחתת איבוד המים ולהוסיף מים בעד שהשורשונים יגיעו לקו המים.</p>

גומיה

השיטה ותיאורה	יתרונות ושיפורים	חסרונות	צילומים
<p>הנבטה ללא מצע (בצנצנת) בחושך: פרוט דרך ההנבטה, ברשימת כלים וחומרים 5 יח"ל תשס"ד, בעיות 4 – 6 ובקטלוג מרכז פיתוח ותמיכה בבר אילן</p>	<p>בהנבטה בחושך יש התפתחות טובה מאד של שורשונים. בדרך כלל אין התפתחות של פטרייה. כמות הזרעים שאפשר להנביט בשיטה זו תלויה בגודל הצנצנת. אפשר להפריד בקלות בין הנבטים, וכך גם בין חלקי הנבט.</p>	<p>כאשר כמות הזרעים רבה, והזרעים אינם נחשפים לאותו נפח מים, מתקבלת שונות רבה בין הנבטים (בהתייחס לאורך השורשון, גובה הנבט וכו').</p>	
<p>הנבטה בפרלייט² או במצע אינרטי אחר.</p>	<p>פרלייט הוא חומר המורכב מגרגרים קטנים הדומים לקל קר ומשקלו נמוך. במצע זה שלא כמו בקרקע או אדמת עציצים אין כל חומר פעיל, וכך יכול מבצע הניסוי לקבוע את כמות המשאבים שבסביבת הזרעים הנובטים (לדוגמה נפח וריכוז התמיסה בה יונבטו הזרעים)</p>	<p>לבדיקת אחוז הנביטה על פי מספר הזרעים שהציצו שורשון, צריך להוציא את הזרעים מהמצע</p>	
<p>הנבטה על אגר במבחנה (לא אגר מזין!) יש להכין אגר בריכוז 1% ולמזוג למבחנות רגילות עד לגובה 1 ס"מ מקצה העליון של המבחנה. לאחר שהאגר נקשר והתקרר אפשר ליצור בו גומה קטנה ולתוכה להכניס נבט עם שורשון בלבד.</p>	<p>יש להוסיף מעט מים מעל האגר ולכסות את המבחנה לשמירת לחות האוויר. אפשר לעקוב אחר התפתחות השורשון, ולסמן את אורכו במשך ימים אחדים. הערה: אפשר לבדוק תהליכי חיים שאינם קשורים לנביטה ומתרחשים בצמח הצעיר שמתפתח מהנבט, לדוגמה: נשימת שורשונים (ראו בגרות מעבדה 5 יח"ל תשס"ד, מחזור צהרים), הפרשת אנזים מהשורשונים למצע הגידול (ראו בגרות מעבדה 5 יח"ל תשע"א)</p>	<p>יש חשש להתייבשות הזרע בשל מחסור במים. בכל מבחנה ניתן להנביט רק זרע אחד.</p>	

השיטה ותיאורה	יתרונות ושיפורים	חסרונות	צילומים
<p>הנבטה על בריסטול שחור בצלחת פטרי: מרפדים צלחת פטרי בשכבה עבה של צמר גפן ומרטיבים אותה במים. מניחים על הצמר גפן בריסטול שחור ועגול הגזור על פי ממדי הצלחת. מהדקים היטב, עד שגם הבריסטול יהיה לח. מניחים על הבריסטול מספר זרעים וסוגרים בגומיה את הצלחת. אם יש צורך, אפשר להוסיף צמר גפן מתחת לבריסטול.</p>	<p>הזרעים מקובעים למקומם ולחוצים בין המכסה לבריסטול.</p> <p>הערה: שיטת הנבטה זו יכולה לשמש נקודת מוצא לניסוי בנושא גיאורופיזם.</p>		

מקורות מידע:

1. שדה, א., אמיר, ר., (תשע"א, 2011) **מזרע לזרע**, האוניברסיטה העברית בירושלים המרכז להוראת המדעים, עמ' 25 – 43
2. פרידלנדר, א., (2003) **צעדים ראשונים לקראת מחקר מדעי, מדריך למורה**, הוצאת אוניברסיטת בר אילן, עמ' 137 – 146
3. **מאגר משאבי חקר**, אתר המרכז הארצי למורי הביולוגיה.