



תוכנית מחקר 18-1854-132

דו"ח מסכם

מיזם חוס"ן משתלות גפן: חקר הגורמים המעורבים בכשל הייצור של שתילי גפן

המוגש למועצת הצמחים ולמועצת גפן יין

ע"י

דני שטיינברג ודוד עזרא

המחלקה לפתולוגיה של צמחים וחקר העשבים, מינהל המחקר החקלאי, ראשון לציון

במחקר שותפו האנשים הבאים:

מינהל המחקר החקלאי: רן שולחני, מנחם בורנשטיין,; שרות ההדרכה והמקצוע: ראומה למבז, אייל רבן, תרצה זהבי, ערן הרכבי; שתלנים: אבי דור-און, אמיר דור-און – משתלת דור-און, זיכרון יעקב; שלומיק זימנבודה ודני גרף – משתלת זימנבודה-גרף, זיכרון יעקב; אופיר סולומון, עודד אליהו – משתלת סולומון-שחר, מושב שחר; מחמיד רטיב – משתלת מחמיד, אום אל פחם; יצרני חומר ריבוי: אסף לזרוביץ – יזרעם; פיני סריג – מרחביה; אייל חן – יקבי רמת הגולן

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר הראשי:

ינואר 2019

שבת תשע"ט

חברי וועדת ההיגוי של המיזם

- צחי דותן – מועצת גפן יין
- משה ברוקנטל – מועצת הצמחים
- אודי מאור – חברת הזרע (1939)
- שלמה צדוק – יקבי רמת הגולן
- משה וויס – השירותים להגנת הצמח
- שלומיק זימנבודה – משתלת זימנבודה-גרף, זיכרון יעקב
- דוד עזרא ודני שטיינברג – מינהל המחקר החקלאי

חברי הוועדה המקצועית של המיזם

- ראובן ביטן – יו"ר שולחן גפן מאכל במועצת הצמחים
- מרים זילברשטיין – מועצת הצמחים
- אורן שליין – יקבי כרמל
- דרור אלירז – ענבי טלי
- אמיר דור-און – משתלת דור-און
- אייל רבן, ערן הרכבי, תרצה זהבי, ראומה למבז, שמעון אנטמן – שה"מ
- עדנה לוי, אריק שמאי - השירותים להגנת הצומח
- אסף לזרוביץ – חוות יזרעם

תוכן העניינים

עמוד

3	תקציר מנהלים
5	1. מבוא
7	2. תיאור הניסויים שבוצעו
14	3. תוצאות
27	4. דיון ומסקנות
31	5. הבעות תודה
32	6. נספחים

תקציר מנהלים

בשנים האחרונות התגלו במשתלות גפן במקומות שונים בארץ בעיות בייצור שתילים. נצפו שתי תופעות: היו ייחורים שלא לבלבו ולא השתרשו כלל ולאחר זמן הם נרקבו והיו ייחורים שהתחילו לבלב אבל זמן קצר לאחר מכן הבלבוב כמש והשתילים מתו בסופו של דבר. הגורם/גורמים לכשל בייצור שתילי הגפן לא היה ידוע. בשל החשיבות של ענפי גפן היין וגפן המאכל בחקלאות ישראל ובכלל, הוחלט להקים מיזם ארצי שנקרא "חוס"ן משתלות גפן". היעד העיקרי של המיזם, כפי שהוגדר על ידי וועדת ההיגוי היה "לפתח ממשק שיאפשר לייצר במשתלות שתילי גפן חיוניים באחוזי הצלחה נורמטיביים". המיזם החל לפעול בעונת 2015-16 ונמשך 3 שנים.

בשלב ראשון נחקרו הגורמים לכשל ייצור השתילים. למיטב הבנתנו הכשל נבע מאיסוף חומר הריבוי (ובמיוחד זה המשמש לייצור כנות) מחוות גפני האם במועדים לא מיטביים ומגורמים הקשורים לטיפול בחומר הריבוי במשתלות. מצאנו שאיסוף מוקדם מידי של חומר הריבוי, כשגפני האם עדיין לא נכנסו לתרדמה (כפי שקרה בחלק מהמקרים בעונת 2017) או איסוף מאוחר מידי של חומר הריבוי, כשגפני האם כבר יצאו מהתרדמה (כפי שקרה בחלק מהמקרים בעונות 2014, 2015 ו-2016) הפחית את פוטנציאל ההשתרשות של הכנות. פוטנציאל ההשתרשות נמוך של הכנות גרם לבעיות בהתפתחות הייחורים ובהמשך, לניוונם ולרקבונם. אחרי קבלת חומר הריבוי מחוות גפני האם מקובל, בחלק מהמשתלות, להכניסו לקירור עד לשלב ההכמנה והנעיצה. מצאנו שפוטנציאל ההשתרשות של חומר ריבוי שהושהה בקירור במשך מתאים עולה משמעותית. אבל השהייה בקירור למשך זמן ארוך מידי – פוגעת בפוטנציאל ההשתרשות. משך זמן ההשהיה המיטבי בקירור משתנה, והוא תלוי במצב הפיזיולוגי של גפני האם בעת איסוף חומר הריבוי. אחרי הנעיצה של הייחורים במשתלה הם חשופים לתנאי הסביבה המקומיים; התרחשות של תנאי שרב מיד לאחר הנעיצה גורמת לכמישה של הבלבוב ושל הפקעים המתעוררים ובהמשך, לתמותה של השתיל כולו (כפי שקרה בחלק מהמקרים בעונת 2014).

בשנת המיזם השנייה פיתחנו אמצעים שישומם יאפשר, לדעתנו, לייצר במשתלות שתילי גפן חיוניים באחוזי הצלחה נורמטיביים. במסגרת המיזם פיתחנו מודל אמפירי, מבוסס טמפרטורה, לחיזוי המועדים המיטביים, והאפשריים, לאיסוף חומר הריבוי מחוות גפני האם. נתוני הקלט של המודל הם הטמפרטורה היומית השעתית. שימוש במודל עם נתוני טמפרטורה חזויים יסייע לאנשי חוות גפני האם לקבוע את המועדים המיטביים לאיסוף חומר הריבוי. שימוש במודל עם נתוני טמפרטורה מדודים יאפשר לשתלנים לאמוד את פוטנציאל ההשתרשות של חומר הריבוי

שהם קיבלו ובמקרים בהם פוטנציאל ההשתרשות נמוך, יאפשר להם לדעת שהם צריכים להכין שתילים עודפים כדי שיוכלו לעמוד בהזמנות. המודל גם יאפשר לשתלנים לקבוע את משך הזמן שניתן להשהות את חומר הריבוי בקירור עד להרכבה ולהכמנה. בנוסף לכל אלה פיתחו חוקרי המיזם אמצעים שיאפשרו לשמר, ואף לשפר, את אחוזי ההצלחה הנורמטיביים במשתלות. התברר שמתן אוקסין (חומצה אינדול-3-בוטירית; IBA) לייחורים מורכבים בתמיסה (ולא באבקה, כמקובל) לפני ההכמנה, ובנוסף - חיתוך מחדש של בסיס הייחורים ומתן חוזר של אוקסין לפני הנעיצה - שיפרו מאד את איכות מערכת השורשים שהתפתחה. בניסויים גם הצטברו עדויות שטיפול בתכשיר קנון במהלך גדילת השתילים במשתלה משפר את התפתחותם ואת עמידותם לעקות.

כפי שצוין למעלה המיזם הוקם כדי להתמודד עם אירועים משבריים אותם עבר הענף (הכשל בייצור השתילים) ולפתח ממשק שיאפשר למנוע את הישנותם. לא הייתה כוונה שבמסגרת המיזם ייחקר נושא שתלנות הגפן בישראל. למרות זאת, עלו מספר תובנות גם בנושא זה. למדנו שקיימים הבדלים באיכות חומר הריבוי המסופק על ידי חוות גפני האם השונות בגלל תנאי מזג האוויר השכיחים בהם, התלויים במיקומם הגיאוגרפי (ואולי בגלל סיבות נוספות); למדנו שהפרקטיקה המקובלת במשתלות השונות (בהקשר לחימום מצע הגידול, ואולי בגלל סיבות נוספות) משפיעה על אחוזי ההצלחה הנורמטיביים; למדנו שצירוף הכנה והרכב, ולא רק הכנה לבדה, משפיע על ההצלחה ויש לזווג לכל כנה את הרכב המתאים לה; למדנו שהמצב הפיזיולוגי של גפן האם ממנה נאסף הרכב, ולא רק המצב הפיזיולוגי של גפן האם ממנה נאספה הכנה, משפיע על סיכויי ההצלחה.

מכל האמור למעלה אנו מסיקים שהיעד שהוצב בפני חוקרי המיזם הושג בהצלחה: הצלחנו לפתח ממשק שיאפשר לייצר במשתלות שתילי גפן חיוניים באחוזי הצלחה נורמטיביים. ראוי להדגיש שיש לחזור ולאמת את האמצעים שפותחו, ובכלל זה את מודל החיזוי האמפירי, בתנאי גידול מסחריים לפני שניתן יהיה להשתמש בהם באופן שגרתי בחוות גפני האם ובמשתלות המסחריות.

1. מבוא

1.1 תיאור הבעיה

בישראל ישנן מספר חוות לייצור חומר ריבוי לענף גפן היין וגפן המאכל. החווה העיקרית נמצאת ביזרעם והיא ממוקמת בנגב הצפוני, אבל קיימים מספר יצרנים נוספים, בניהם החווה של יקבי רמת הגולן הנמצאת באזור בית המכס העליון ברמת הגולן והחווה של פיני שריג הממוקמת במרחביה. בארץ יש מספר משתלות המייצרות ומספקות שתילי גפן. המשתלות ממוקמות באזורים שונים בארץ, מזיכרון יעקוב בצפון ועד לאזור הנגב הצפוני. חלק מהמשתלות וותיקות מאד ומייצרות שתילי גפן כבר עשרות שנים ברציפות.

בקיץ 2014 התגלו במספר משתלות גפן במקומות שונים בארץ בעיות בייצור שתילים. שתי תופעות נצפו: היו ייחורים שלא השרישו כלל ולאחר זמן נרקבו והיו ייחורים שלכאורה נקלטו והתחילו לבלב אבל לאחר זמן מה היה עיכוב בקצב ההתפתחות של השורשים והעלים שלהם; גם שתילים אלה מתו בסופו של דבר. הגורם לכשל בייצור שתיל הגפן אינו ידוע. במחקר מקביל המנוהל בארץ בשנים האחרונות הצטברו עדויות למעורבות של פטריות מקבוצת הבוטריוספריה בתמותת שתילי אבוקדו ושתילים של עצי פרי נשירים במשתלות ובנטיעות צעירות. במחקר מקיף שבצענו בנושא זה מצאנו ששתילי האבוקדו והנשירים שמתו במשתלה או לאחר הנטיעה, היו מאוכלסים בגורמי מחלה פטרייתיים מקבוצת הבוטריוספריה. התברר שמקור המידבק היה מחומר ריבוי שנלקח מעצי אם נגועים. חומר הריבוי שנאסף מעצי האם נראה תקין אבל למעשה הוא היה מאוכלס בגורמי המחלה בצורה א-סימפטומטית (בלי שניתן היה לראות עליו תסמינים בצורה ויזואלית). למרות שקיימים הבדלים בצורת חומר הריבוי בין אבוקדו (חומר הריבוי – ענפונים עשבוניים), נשירים (חומר הריבוי – פקעים) וגפן (חומר הריבוי – ענפונים מעוצים) ובצורת ההרכבה (אבוקדו – הרכבת "ראש" של רוכב עשבוני על שתיל עשבוני; נשירים – הרכבה של "עין" על שתיל מעוצה; גפן – הרכבת "ראש" של רוכב מעוצה על כנה מעוצה), עלתה סברה שהפגיעה בהתפתחות התקינה של שתילי הגפן במשתלות נגרמה גם היא מהמצאות של פטריות מקבוצת הבוטריוספריה בחומר הריבוי. כדי לבחון אפשרות זו בצענו בשנת 2014 במעבדות המחלקה לפתולוגיה של צמחים במינהל המחקר החקלאי בראשון לציון מספר בדיקות של חומר ריבוי. מתוצאות הבדיקות הסקנו שהפגיעה בהתפתחות השתילים במשתלות גפן היין בשנת 2014 לא נגרמה מפטריות מקבוצת הבוטריוספריה. מאחר ולא נבחנו אז גורמים אחרים לא יכולנו להצביע על הגורם לכשל בייצור השתילים.

שנת 2015 הייתה שנת שמיטה וכמות שתילי הגפן שיוצרו במשתלות הייתה קטנה מזו המיוצרת בשנים "רגילות". למרות זאת, בחלק מהמשתלות יוצרו כמויות קטנות של שתילים. התברר שהכשל בייצור השתילים חזר, ובחומרה רבה מזו של שנת 2014. בשנה זו היו משתלות בהן יותר מ- 90% מהייחורים שננעצו נרקבו ומתו. התופעה חזרה גם בשנת 2016 (איור מספר 1). הגורמים לכישלון אינם ידועים. בשל החשיבות של ענפי גפן היין וגפן המאכל בחקלאות ישראל ובכלל, חיוני לאתר בהקדם את הסיבות לכישלון ולפתח ממשק שיאפשר לייצר שתילים חיוניים במשתלות.



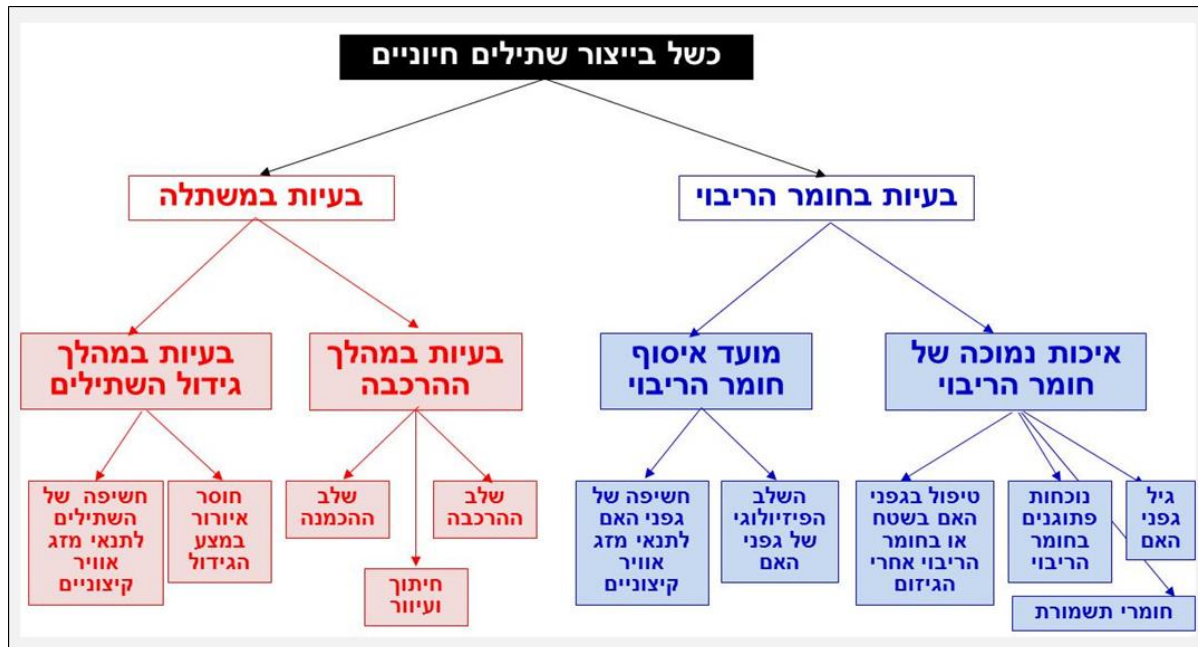
איור מספר 1. תמונות שצולמו במשתלות מסחריות בשנת 2016. **A.** חומר הריבוי נאסף בחוות יזרעם בתחילת חודש פברואר וננעץ בתחילת חודש אפריל. שכיחות השתילים המלבלבים < 95%. **B.** חומר הריבוי נאסף בחוות יזרעם במהלך חודש מרץ וננעץ בסוף חודש מאי. שכיחות השתילים המלבלבים < 40%.

1.2 היפותזת העבודה

ההיפותזה שהעלינו לפני בצוע המחקר היא כלהלן. הכישלון בייצור השתילים נובע מכשל/כשלים שהתרחשו **בחלקות גפני האם**, לפני איסוף חומר הריבוי או במשתלות במהלך הייצור של השתילים. אלה הם ה"גורמים הראשיים". לכל אחד מהגורמים הראשיים עשויים להיות גורמים משניים (אחד או יותר), שכל אחד מהם עלול היה לנבוע מסיבה אחת או יותר. הגורמים והסיבות מפורטים בטבלה מספר 1. מאחר ולא היו לנו הנחות מוקדמות לגבי הגורמים המעורבים בכשל של ייצור השתילים פירטנו בתרשים הזרימה המופיע באיור מספר 2 את כל הגורמים האפשריים. כדי שנוכל לבחון מי מהם מעורב ומי לא. החלטנו להקים מערך ניסויים מורכב שיאפשר לבחון, בו זמנית, את ההשפעה של כל הגורמים האפשריים.

טבלה מספר 1. הגורמים הראשיים והמשניים האפשריים העלולים לגרום לכשל בייצור השתילים במשתלות

גורם ראשי	גורם משני	סיבה	הערות
חומר הריבוי	איכות נמוכה של חומר הריבוי	מבחינה פיזיולוגית בגלל נוכחות פתוגנים	גיל שתילי האם חיידקים, פטריות, וירוסים
		עקב טיפול לקוי בצמחי האם	
		טיפול בחומר הריבוי אחרי הגיזום	
	מועד איסוף חומר הריבוי	השלב הפיזיולוגי של שתילי האם	
		חשיפה לתנאי מזג אוויר קיצוניים	
המשתלה	בעיות במהלך ההרכבה	שלב ההכמנה שלב ההרכבה	
	בעיות במהלך גידול השתילים	חשיפה לתנאי מזג אוויר קיצוניים	



איור מספר 2 תרשים זרימה המתאר את כלל הגורמים האפשריים העלולים לגרום לכשל בייצור השתילים במשתלות. בצבע כחול, גורמים הקשורים לחוות הייצור של חומר הריבוי; בצבע אדום – גורמים הקשורים למשתלות בהן מיוצרים השתילים.

1.3 היעד והמטרות של המיזם

היעד של מיזם חוס"ן משתלות גפן הוגדר על ידי וועדת ההיגוי כלהלן: לפתח ממשק שיאפשר לייצר **במשתלות** שתילי גפן חיוניים באחוזי הצלחה נורמטיביים ולהגיע **בכרם** לאחוזי קליטה נורמטיביים. מטרות המיזם הוגדרו כלהלן:

1. לאתר את הגורם/הגורמים הבעייתיים בהליך ייצור השתילים;
2. לאפיין את הסיבות לכשל בהליך ייצור השתילים;
3. לפתח ממשק שיאפשר לייצר שתילים חיוניים באחוזי הצלחה נורמטיביים;
4. לפתח ממשק שיאפשר להגיע לאחוזי קליטה נורמטיביים בכרם.

הוחלט שבשנת המיזם הראשונה המחקר יתרכז במטרות 1 ו- 2. אחרי שיאותרו הגורמים המשפיעים ויובהרו הסיבות לכשל בייצור של השתילים ניתן יהיה, בשנות המיזם הבאות לפתח גישות להתמודד עימם.

2. תיאור הניסויים שבוצעו

2.1 זיהוי הגורמים הבעייתיים בהליך ייצור השתילים

2.1.1 מתכונת הניסויים

כדי שנוכל לבחון איזה מהגורמים האפשריים מעורב בכשל ייצור השתילים ואיזה לא, הקמנו מערך ניסויים מורכב בו נבחנה, בו זמנית, ההשפעה של כל הגורמים שנבחנו. מתכונת הניסויים מתוארת באיור מספר 3 ומפורטת להלן.

1. מקור חומר הריבוי: חומר ריבוי (כנות ורכבים) נלקח מארבע חוות שונות: יזרעם, החווה של יקבי רמת הגולן, החווה של פיני שריג (הממוקמת במרחביה) והחווה של משתלת ריכטר בצרפת. השירותים להגנת הצומח אישרו באופן חריג לייבא חומר ריבוי מצרפת במגבלות הקרנטינה שיתוארו בהמשך.

2. הכנה: בכדי לבחון באם לסוג הכנה יש השפעה על שכיחות הבלבול חומר ריבוי של הכנות ריכטר, רוג'רי ופולסן נאסף מהחוות השונות. מאחר ולא בכל המקומות מגודלים כל הכנות, החומר שנאסף בפועל היה כלהלן: יזרעם: ריכטר, רוג'רי ופולסן. רמת הגולן: ריכטר ופולסן. פיני: פולסן; משתלת ריכטר בצרפת: ריכטר, רוג'רי ופולסן.

3. הרכב (הזן): בכדי לבחון באם לזן יש השפעה על שכיחות הבלבול נאסף מהחוות השונות חומר ריבוי של זנים שונים. הזנים היו מרלו, קברנה סובניון (זני גפן יין), סופריור וקרימסון (זני גפן מאכל). מאחר ולא בכל המקומות מגדלים את כל הזנים, החומר שנלקח בפועל היה כלהלן: יזרעם: מרלו, קברנה סובניון, סופריור וקרימסון. רמת הגולן: מרלו, קברנה סובניון. פיני: מרלו; משתלת ריכטר בצרפת: מרלו, קברנה סובניון.

4. גיל גפני האם: בחוות גפני האם ביזרעם יש שתי חלקות ריבוי. חלקה וותיקה שבשנת 2016 הייתה בת 6 שנים) וחלקה צעירה (שבשנת 2016 הייתה בת שנתיים). כדי לבחון באם לגיל גפני האם יש השפעה על שכיחות הבלבול של ייחורים המיוצרים במשתלות נלקח חומר ריבוי מהחלקה הוותיקה ומהחלקה הצעירה שביזרעם. משאר חוות הריבוי נלקח חומר הריבוי מהחלקות הסטנדרטיות (גיל כולן מעל 6 שנים).

5. מועד איסוף חומר הריבוי: מקובל לאסוף את חומר הריבוי בארץ במהלך חודש פברואר. כדי לבחון באם למועד איסוף חומר הריבוי יש השפעה על שכיחות הבלבול של הייחורים המיוצרים במשתלות חומר ריבוי נאסף מיזרעם באמצע חודש ינואר, באמצע חודש פברואר ובאמצע חודש מרץ. הכוונה הייתה שהאיסוף יהיה רק מהחלקה המבוגרת שביזרעם. מסיבות שונות נאסף חומר הריבוי מהחלקה המבוגרת בחודשים ינואר ופברואר ומהחלקה הצעירה בחודשים פברואר ומרץ. לכן לא ניתן בנינוח להשוות את רצף הדגימות כי הן לא נאספו מחלקה אחת. משאר חוות הריבוי חומר הריבוי נאסף באמצע חודש פברואר.

6. משתלה מרכיבה: בכדי לבחון באם לטכנולוגיות ההרכבה וההכמנה המקובלות במשתלות השונות השפעה על שכיחות הבלבול, חומר הריבוי שנאסף מחוות שתילי האם חולק ונשלח לשלוש משתלות מסחריות מובילות: משתלת דור-און, משתלת זימנבודה-גרף ומשתלת סולומון-שחר. הטכנולוגיה המקובלת בשלושת המשתלות שונה זו מזו. אין בידנו ידע מפורט על הטכנולוגיות המקובלות במשתלות ואף לא ניסינו לברר את פרטי הטכנולוגיה בה השתמשו בכל משתלה. רצינו לבחון אם לעצם השימוש בטכנולוגיות שונות השפעה

על כושר הבלבול של הייחורים. בדו"ח הנוכחי המשתלות לא יזוהו בשמן אלא יכוננו משתלות A, B ו- C (לא בהתאמה).

7. משתלה מגדלת: לאחר שלב ההרכבה וההכמנה הייחורים ננעצים בעציצונים ומועברים לגידול בחממות ובבתי הרשת של המשתלות. בכדי לבחון באם לטכנולוגית הגידול במשתלה השפעה על שכיחות הבלבול, חומר הריבוי שהורכב והוכמן בשלוש המשתלות המרכיבות הועבר לגידול בחמש משתלות: משתלת דור-און, משתלת זימנבודה-גרף ומשתלת סולומון-שחר (אלה היו גם המשתלות המרכיבות) ומשתלת מחמיד באום אל-פחם. חומר ריבוי הועבר גם למרכז וולקני בראשון לציון בו הוקמה משתלה מיוחדת עבור מערך הניסויים הנוכחי.

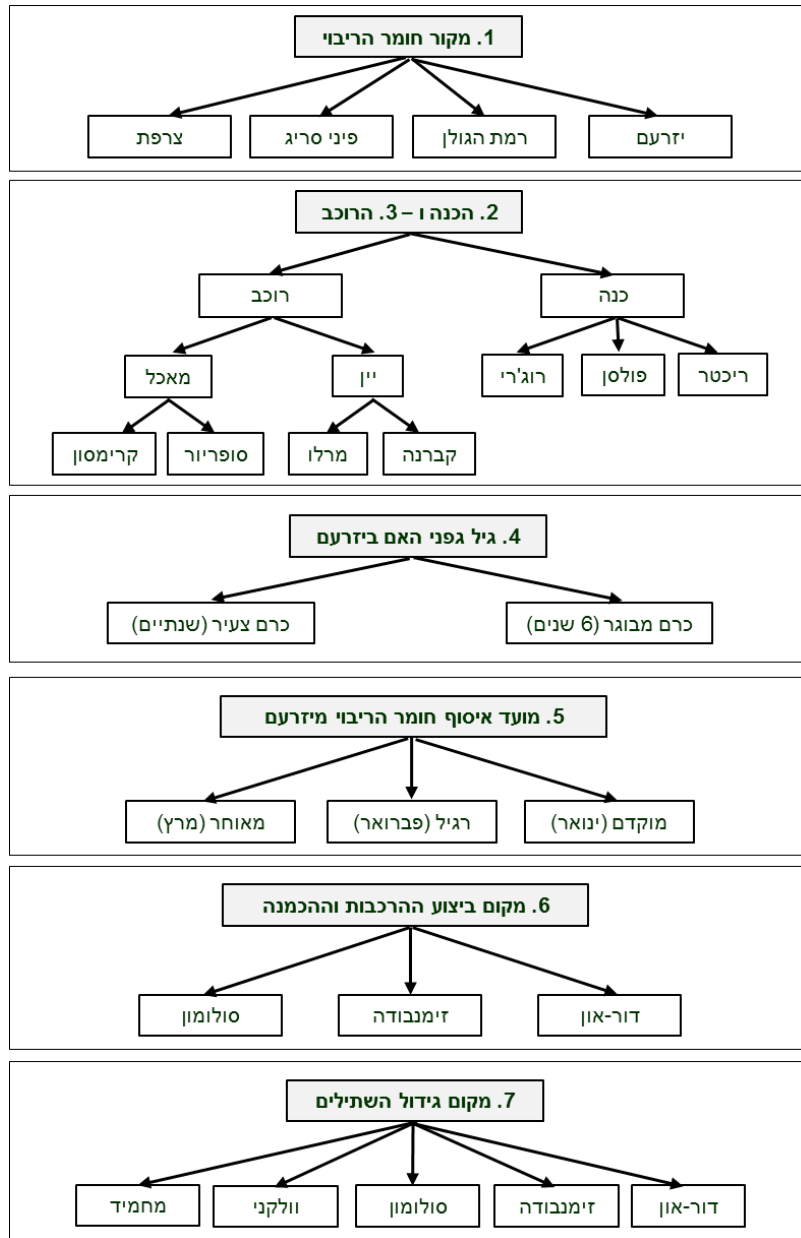
באופן מעשי ההתנהלות הייתה כלהלן: חומר ריבוי (כנות ורוכבים) נאסף מארבעת חוות האם במועדים המתאימים (ינואר, פברואר או מרץ) והובא למרכז וולקני בראשון לציון. במרכז וולקני החומר חולק לשלושה חלקים על פי תוכנית שהוכנה מראש, ופוזר לשלוש המשתלות המרכיבות. שם הוא אוחסן עד למועד בו בוצעו ההרכבות בהתאם לצירופי כנה \times רוכב שתוכננו מראש. בכל המקרים הורכבו כנות וזנים שנאספו מאותה חוות גפני אם ובאותו מועד דגימה; לא היו "הצלבות" (למשל, לא הרכבנו זן שנאסף בחודש פברואר מרמת הגולן על כנה שנאספה בחודש ינואר מיזרעם). לאחר ביצוע ההרכבות הוכנסו הייחורים להכמנה באותה המשתלה שבצעה את ההרכבה. אחרי תום תקופת ההכמנה חולק חומר הריבוי מכל משתלה מרכיבה לחמש קבוצות, על פי תוכנית שהוכנה מראש. חמישית מהחומר נשאר במשתלה המרכיבה והיא גם נעצה את הייחורים וגידלה את השתילים (המשתלה המרכיבה הייתה גם המשתלה המגדלת); ארבע החמישיות הנותרים פוזרו בין ארבע המשתלות המגדלות האחרות. מכל צירוף לכל משתלה מגדלת 25 ייחורים. במילה "צירוף" הכוונה ל- 'מקור חומר ריבוי' \times 'גיל גפני אם' \times 'מועד איסוף חומר הריבוי' \times 'כנה' \times 'זן' \times 'משתלה מרכיבה' \times 'משתלה מגדלת'. הייחורים ננעצו במשתלות המגדלות בעציצונים וגודלו כמקובל באותה המשתלה. מאחר והיו כל-כך הרבה צירופים הוחלט על קידוד מיוחד לזיהוי שלהם. הקוד כלל אות אנגלית אחת וחמש ספרות, לדוגמא, בקוד A31417. האות מציינת את מועד איסוף חומר הריבוי ($A =$ אסיף בחודש ינואר), הספרה הראשונה את מקור חומר הריבוי ($3 =$ יזרעם), הספרה השנייה את הכנה ($1 =$ ריכטר), הספרה השלישית את הרוכב ($4 =$ קרימסון), הספרה הרביעית את המשתלה המרכיבה ($1 =$ משתלה B) והספרה החמישית את המשתלה המגדלת ($7 =$ משתלה B).

בסך הכל תוכננו 336 צירופים שונים. מספר הצירופים המתוכנן לא היה מכפלה של כל האפשרויות מפני שלא בכל המקומות היו כל הצירופים. למשל, מחוות יזרעם נאספו שלוש כנות וארבעה רוכבים (בסך הכל, 12 צירופים אפשריים) אבל מחוות פיני נאספו רק כנה אחת ורוכב אחד (צירוף אפשרי אחד בלבד). בסופו של דבר היו "רק" 217 צירופים ולא 336 צירופים, כמתוכן. היו לכך כמה סיבות. הראשונה, הייחורים שהוכנו מחומר הריבוי שיובא מצרפת הושמדו לפני שלב הנעיצה בשל חשש שחומר הריבוי מאוכלס בחיידקי קסיללה (פרטים בהמשך). מסיבה זו קטן מספר הצירופים המתוכנן ב- 72 צירופים. השנייה – היו צירופים בהם הקוטר של שריגי הכנות שהתקבלו היה שונה משמעותית מהקוטר של שריגי הרוכבים ולא ניתן היה להרכיב אותם זה על זה. השלישית – במועד הדגימה של חודש מרץ כבר לא נותר בחלקה המבוגרת שבחוות יזרעם חומר ריבוי, ולכן הצירופים שכללו את חומר הריבוי הזה לא בוצעו. מספר הייחורים שנעצו במשתלות המגדלות היה בסופו של דבר 5,425 שתילים.

2.1.2 חומר הריבוי שיובא מצרפת

כפי שצוין למעלה לשם ביצוע הניסויים התקבל אישור מיוחד מהשירותים להגנת הצומח לייבא חומר ריבוי ממשתלת ריכטר בצרפת. חשוב לציון שכדי להביא את חומר הריבוי נסעו אבי ואמיר דור-און במיוחד לצרפת; הם הביאו את חומר הריבוי איתם (כמובן על-פי דין ובאישור השירותים להגנת הצומח). חומר הריבוי הגיע לארץ בתאריך 8 בפברואר 2016 והועבר לשירותים להגנת הצומח לבדיקה ולאחסון ראשוני. בתאריכים 21 ו- 22 בפברואר הוא פוזר למשתלות המרכיבות (כשהוא מסומן בריור). בתאריך 25 בפברואר ננעצו בחדר קרנטינה מיוחד שהוקם במחלקה לפתולוגיה של צמחים במרכז וולקני דגימות של הכנות והרוכבים שהובאו מצרפת. הנעיצות היו למדיום סטרילי (פרלייט 212) והייחורים הוחזקו בתנאים המעודדים לבלוב. מרבית הייחורים לבלבו וכעבור כחודש, בתאריך 27 במרץ הגיעו אנשי השירותים להגנת הצומח ולקחו דגימות של עלים לבדיקות איכולוסם בחיידקי קסיללה. קסיללה (*Xylella fastidiosa*) הוא פתוגן הרסני בגפן; הוא לא נמצא בגפן בארץ ויש למנוע בכל דרך את חדירתו. תוצאות הבדיקה התקבלו בתאריך 12 באפריל. התברר שמתוך חמש קבוצות הבדיקה (3 כנות ושני זנים) שניים נמצאו חיוביים לקסיללה. מצב זה חייב הערכות מיוחדות וביומיים העוקבים,

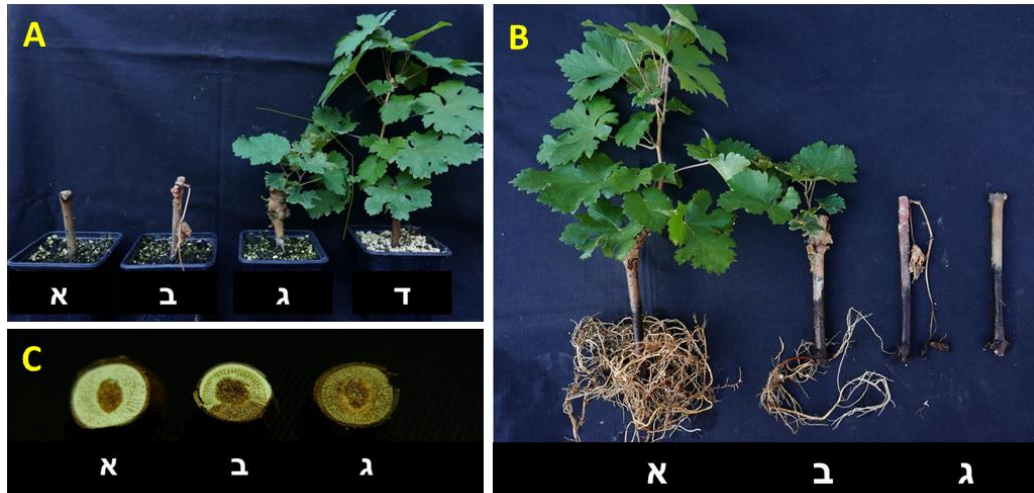
בתאריכים 13 ו- 14 באפריל נאסף כל חומר הריבוי המיובא מהמשתלות המרכיבות והוחזר למרכז וולקני. הוא הונח בחדר הקרנטינה עד לקבלת החלטה מה לעשות עימו. לאחר דיון הורו אנשי השירותים להגנת הצומח להשמיד את החומר החשוד כנגוע. החומר הושמד בתאריך 17 באפריל על פי פרוטוקול שהוכתב על ידי השירותים להגנת הצומח ובפיקוח צמוד שלהם. בתיאום עם אנשי השירותים להגנת הצומח, השתילים שגודלו בחדר הקרנטינה הושארו ובהמשך נעשו מספר ניסיונות לאושש את הממצא החיובי. הבדיקות החוזרות בוצעו על ידי אנשי השירותים להגנת הצומח ועל ידי ד"ר אופיר בהר מהמחלקה לפתולוגיה של צמחים במינהל המחקר החקלאי. ממצאי כל הבדיקות החוזרות היו שליליים. בתאריך 31 ביולי 2016 התקבל אישור מהשירותים להגנת הצומח הממצא החיובי שהתקבל בבדיקה הראשונה היה, כפי הנראה, שגוי – false positive.



איור מספר 3. הגורמים שנבחנו במערך הניסויי שבצענו בשנת 2016. המספרים הרשומים לפני כל גורם נבחן מתייחסים לכתוב בטקסט.

2.1.3 הערכות הבלבוב ובריאות הצמחים

שלוש פעמים במהלך גידול השתילים במשתלות המגדלות הוערכה מידת הצימוח שלהם. ההערכות בוצעו בתאריכים 28 ביוני, 17 ביולי ו- 16 באוגוסט 2016. בכל מועד הערכה נבדק כל אחד מהשתילים ויזואלית ומידת הצימוח שלו הוערכה תוך שימוש בסולם בן 4 דרגות (איור מספר 4). עבור מועד הערכה, עבור כל צירוף, חושבה שכיחות הצמחים שהיו בכל אחת מארבע הדרגות, באחוזים.



איור מספר 4. הסולמות ששימשו להערכת הבלבוב וההתפתחות של השתילים בהערכות הבלבוב שבצענו. **A.** סולם להערכת מידת הבלבוב של השתילים: א. הייחור לא בלבב כלל; ב. הייחור בלבב ולאחר מכן התייבש; ג. הייחור בלבב אך הצימוח של השתיל היה מעוכב; ד. הייחור בלבב והצימוח של השתיל היה תקין. **B.** סולם להערכת מידת ההשתרשות של השתילים: א. מערכת שורשים תקינה; ב. מערכת שורשים מעוכבת; ג. ייחור ללא מערכת שורשים כלל. **C.** סולם להערכת בריאות הכנות: א. כנה בריאה; ב. כנה פגועה באופן חלקי; ג. כנה פגועה.

2.1.4 ניתוח הנתונים

אמנם בכל צירוף היו 25 שתילים, אבל המדדים בהם השתמשנו (שכיחות הייחורים שלבלבו ושכיחות הייחורים שלא-בלבו) חושבו על פי כל השתילים שהיו בכל צירוף נבחן. מכאן עולה שעבור כל צירוף הייתה רק חזרה אחת. מסיבה זו, ומפני שהמתכונת של הגורמים השונים שנבחנו לא הייתה מאוזנת, לא ניתן היה לנתח את הנתונים בשיטות של ניתוחי שונות מקובלים. לכן ניתחנו את הנתונים בשיטות שונות שלכל אחת מהן יתרונות וחסרונות והן משלימות זו את זו. המטרה שלנו הייתה לבחון באם השיטות יזהו, באופן בלתי תלוי, את אותם הגורמים כמשפיעים העיקריים על שכיחות הבלבוב של הייחורים. בשורות הבאות יתוארו השיטות בהן השתמשנו בקצרה ויפורטו נקודות החוזק ונקודות החולשה של כל אחת מהן.

א. מיון הנתונים בחתכים שונים

השיטה הראשונה בה השתמשנו לניתוח הנתונים היא שיטת מיון הנתונים בחתכים שונים. לצורך הניתוח נבחר גורם מסוים (מעתה והלאה נשתמש במונח 'משתנה מסביר') ונעשה שימוש בכלל הצירופים בו משתנה זה נכלל לחישוב השכיחות הממוצעת של הייחורים המבלבים (או השכיחות הממוצעת של הייחורים שלא-בלבו) עבור משתנה מסביר זה. לדוגמא, נניח שהמשתנה המסביר הוא 'מקור חומר הריבוי'. למשתנה זה היו 3 רמות (יזרעם, רמת הגולן ופיני). לצורך החישוב חושב הממוצע של הייחורים המבלבים של כל הצירופים הרלוונטיים, ובכלל זה 'הכנה' × 'רוכב' × 'משתלה מרכיבה' × 'משתלה מגדלת'. הממוצע חושב עבור נתונים שנאספו במועד הערכה מסוים. היתרון הגדול של שיטת ניתוח זו הוא קלות הביצוע שלה וקלות ההבנה והאינטרפרטציה של התוצאות. החיסרון הגדול של השיטה הוא בכך שהמערכת הניסויית לא הייתה מאוזנת (לדוגמא, מיזרעם נלקחו 12 צירופי כנה × רוכב ומפיני היה רק צירוף אחד של כנה × רוכב). בגלל חוסר האיזון של המערכת הניסויית עלולה להיווצר הטיה בנייתוח. חסרונות נוספים הם: בכל מיון נעשה שימוש רק בחלק מהנתונים – החלק שנכלל נבחר באופן שרירותי על פי אופי המיון שנקבע; לא ניתן לקבוע את החשיבות היחסית של משתנים מסבירים שונים אלא רק

את ההבדלים בין רמות שונות באותו משתנה מסביר; לא ניתן לבחון בקלות את השפעות הגומלין המתקיימות בין משתנים מסבירים שונים; והניתוח הסטטיסטי האפשרי היחידי להשוואה בין רמות הוא מבחן χ^2 . מבחן סטטיסטי זה אומנם לגיטימי, אבל הוא אינו מבחן מחמיר. בכל מקרה, במהלך ניתוח הנתונים בצענו עשרות רבות של מיונים והמיונים המוצגים בדו"ח זה מאפיינים את המערכת הביולוגית.

ב. ניתוח כל הנתונים באמצעות מודל לינארי כללי (GLM)

במחקר זה היו בסך הכל שבעה משתנים מסבירים. רובם משתנים שמיים (nominal variables) ורק משתנה אחד מהם, 'מועד איסוף חומר הריבוי' הוא משתנה סדר (ordinal variable). למרות שהמערכת הניסויית לא הייתה מאוזנת ניתן לבחון את ההשפעה של כל המשתנים המסבירים על המשתנה המוסבר (שכיחות השתילים המבלבים) בנייתו אחד, הנקרא מודל לינארי כללי (GLM model). תוצאות הניתוח מאפשרות לבחון, עבור כל משתנה מסביר בנפרד, את ההשפעות של כל הרמות הנבחנות, יחסית לרמת ייחוס מסוימת (טבלה מספר 2). לדוגמה, נניח שהמשתנה המסביר הוא 'מקור חומר הריבוי' ונניח שרמת הייחוס היא 'זרעם'. תוצאות הניתוח מתארים את ההבדל באחוזים, של שכיחות הבלבוב של ייחורים שיוצרו מחומר הריבוי שנאסף ביזרעם לייחורים שיוצרו מחומר ריבוי שנאסף מחוות ייקבי רמת הגולן. נניח למשל שהערך המחושב עבור רמת הגולן הוא +8%, המשמעות היא שהשכיחות הממוצעת של הייחורים המבלבים שיוצרו מחומר ריבוי מרמת הגולן גבוהה ב- 8% מהשכיחות הממוצעת של הייחורים המבלבים שיוצרו מחומר הריבוי שנאסף מיזרעם. ערכים שליליים מבטאים פחיתה בשכיחות הבלבוב יחסית לזו של יזרעם. היתרון של שיטת ניתוח זו הוא בנכונות הסטטיסטית שלה, באפשרות לכלול בניתוח את כל הנתונים (בלי שתהיה בחירה שרירותית של נתונים כאלה או אחרים), בהתחשבות של המודל באינטראקציות בין משתנים מסבירים ובאפשרות להגדיר את החשיבות היחסית של גורמים מסבירים שונים. החיסרון העיקרי של שיטה זו היא בכך שהתוצאות הן יחסיות; לא ניתן להגדיר את הערכים האבסולוטיים של המשתנה המוסבר. חיסרון נוסף של השיטה הוא בקושי האינטואיטיבי בהבנה של הממצאים.

טבלה מספר 2. רשימת המשתנים המסבירים ורמות הייחוס בנייתו ה- GLM שבצענו

משתנים מסבירים	רמות*
A. מקור חומר הריבוי	זרעם, רמת הגולן, פיני
B. גיל חלקת האם (ביזרעם)	צעירה, מבוגרת
C. מועד איסוף חומר הריבוי	ינואר, פברואר, מרץ
D. כנה	ריכטר, פולסן, רוג'רי
E. רוכב (ז)	קרימסון, סופריוור, מרלו, קברנה
F. משתלה מרכיבה	A, B, C
G. משתלה מגדלת	A, B, C, D, E

*רמת הייחוס בכל משתנה מסביר מסומנת באותיות מודגשות

2.2 איפיון הסיבות לכשל בייצור השתילים

במועד האחרון של הערכת הצימוח, שהיה באמצע חודש אוגוסט, אחרי שהערכנו את מידת הצימוח של כל אחד מהשתילים על פי סולם הבלבוב (איור מספר 4A), הוצאנו את השתילים מהעציצים בהם הם גדלו ובחנו את מערכת השורשים שלהם. בחינה זו לא בוצעה עבור השתילים שגדלו במרכז וולקני בראשון לציון. עבור כל שתיל דרגנו את מידת ההשתרשות על פי סולם בן 3 דרגות (איור מספר 4B). לאחר מכן, חתכנו באמצעות מזמרה את הרוכבים ובחנו ויזואלית את מידת בריאותם. מאחר שבכל המקרים הרוכבים היו תקינים (גם בייחורים שלא לבלב), לא המשכנו לתעד ולא נדווח כאן על מצב הבריאות של הרוכבים. באותו האופן, חתכנו ובחנו ויזואלית את בריאות הכנות. שם היו הבדלים ולכן דרגנו את הבריאות של הכנות באמצעות סולם בן 3 דרגות (איור מספר 4C). עבור כל ייחור או שתיל נרשם מה היה מצב ההתפתחות של העלווה, מידת השתרשותו והמצב הבריאותי של הכנה שלו. הנתונים שימשו לחישוב של שכיחות השתילים בכל דרגה של בריאות הכנה ובכל דרגה של עוצמת ההשתרשות. החישובים בוצעו בנפרד עבור הייחורים שלבלבו ועבור הייחורים שלא לבלבו.

2.3. פיתוח ממשק שיאפשר לייצר שתילים חיוניים באחוזי קליטה נורמטיביים

2.3.1. בחינת המערכת הניסויית

א. ההשפעה של הימצאות, או היעדרות, פקעים אמיריים ופקעים מעוורים בייחורים על ההשתרשות והבלבוב ההשפעה של הימצאות, או היעדרות, פקעים אמיריים חיוניים (למעלה) ופקעים מעוורים (למטה) בייחורים על ההשתרשות של זני גפן אמריקאית (המשמשים בארץ ככנות) ועל זני גפן אירופאית (המשמשים בארץ כרוכבים) נבחנה בסדרה של ניסויים שבצענו בתנאים מבוקרים. בסך הכל בוצעו 5 ניסויים. שלושה בזני גפן אמריקאית (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) הזנים פולסן, ריכטר ורוג'רי ושניים בזני גפן אירופאית (*Vitis vinifera*) הזנים מרלו, קברנה, ועוד זן מאכל לא ידוע (טבלה מספר 3). הניסויים היו במתכונת של ניסוי דו-גורמי כשלכל אחד מהגורמים היו שתי רמות. הגורם הראשון היה הימצאות פקע אמירי בייחור והוא כלל שתי רמות: 1. ייחורים ללא פקע אמירי; 2. ייחורים עם פקע אמירי. הגורם השני היה הימצאות של פקע מעוור בתחתית הייחור והוא כלל שתי רמות: א. ייחורים עם פקע תחתון; ב. ייחורים עם פקע מעוור תחתון. מכל טיפול היו ארבע חזרות שבכל אחת מהן היו 10 ייחורים. הצד התחתון של הייחורים נטבל בהורמון השרשה (Hormoril T3) ולאחר מכן הייחורים ננעצו במגשי חישתיל שמולאו בפרלייט. המגשים הונחו בחדר גידול מבוקר בו שררה טמפרטורה קבועה (24-26 מעלות צלזיוס) והופעל ברציפות מכשיר אדים לשמירה על לחות גבוהה. החדר הואר מידי יממה למשך 12 שעות והמגשים הושקו מידי 3-4 ימים על פי הצורך.

טבלה מספר 3. ההשפעה של הימצאות, או היעדרות, פקעים אמיריים ופקעים מעוורים בייחורים על השתרשות הכנות וההשפעה של הימצאות, או היעדרות, פקעים מעוורים על הבלבוב של הכנות

חומר הריבוי הנבדק	מקור חומר הריבוי	תאריך איסוף חומר הריבוי	כנה/זן
זני <i>V. berlandieri</i> x <i>V. rupestris</i> *	יזרעם	22/1/2017	פולסן
	יזרעם	5/4/2017	פולסן, ריכטר, רוג'רי
	רמת הגולן	5/4/2017	פולסן
זני <i>Vitis vinifera</i> **	מרכז וולקני	26/12/2016	מרלו, קברנה
	בקעת הירדן	6/2/2017	זן לא ידוע

*גפן אמריקאית. זנים אלה משמשים בדרך כלל ככנות
**גפן אירופאית. זנים אלה משמשים בדרך כלל כרוכבים

במהלך גידול השתילים בחדר הגידול הוערכה מידת הצימוח שלהם מידי שבוע. בכל מועד הערכה נסרק כל אחד מהשתילים ויזואלית ומידת הצימוח שלו הוערכה תוך שימוש בסולם בן 4 דרגות (איור מספר 4). עבור מועד הערכה, עבור כל צירוף, חושבה שכיחות הצמחים שהיו בכל אחת מארבע הדרגות, באחוזים. לאחר חמישה שבועות של גידול הניסוי הסתיים. בבדיקות מוקדמות מצאנו שזהו המועד המיטבי לסיום הניסויים. התברר שאחרי מועד זה לא נוספו עוד ייחורים שלבלבו או שהשתרשו. בנוסף, הוצאנו את השתילים מהמצע בו גדלו ובחנו את מערכת השורשים שלהם. עבור כל שתיל דרגנו את מידת ההשתרשות על פי סולם בן 3 דרגות (איור מספר 4). לאחר מכן, חתכנו באמצעות מזמרה את הכנות (כסמי אחד מתחת להרכבה) ודרגנו את בריאותן באמצעות סולם בן 3 דרגות (איור מספר 4). עבור כל ייחור או שתיל נרשם מה היה מצב ההתפתחות של העלווה, מידת השתרשותו והמצב הבריאותי של הכנה שלו. הנתונים שימשו לחישוב שכיחות השתילים בכל דרגה של בריאות הכנה ובכל דרגה של עוצמת ההשתרשות. החישובים בוצעו בנפרד עבור הייחורים שלבלבו ועבור הייחורים שלא לבלבו. בדו"ח זה מוצגים הערכים של הייחורים שהשתרשו בדרגה א' ושל הייחורים שלבלבו בדרגות ג' + ד'. לנתונים בוצע ניתוח שונות דו-כיווני ומאחר שהשפעות הגומלין בין המשתנים הראשיים לא היו מובהקים מוצגים הניתוחים של ההשפעות העיקריות.

ב. השוואת ההשתרשות של ייחורים מורכבים ושל ייחורי כנות

המסקנה שעלתה מהניסויים שבצענו בשנת המיזם הראשונה הייתה שהגורם לכשל בהליך ייצור השתילים קשור לכנה ולא לרוכב ונובע מפגיעה בכושר ההשתרשות של הייחורים. בעקבות מסקנה זו, המשך המחקר התמקד בכנות ובניסויים שבצענו השתמשנו בייחורי כנות לא מורכבים. עלתה השאלה באם ההשתרשות של ייחורי כנות לא מורכבים דומה, או שונה, מההשתרשות של ייחורים מורכבים. כדי לבחון שאלה זו השווינו את כושר

ההשתרשות של ייחורים מורכבים ושל ייחורי כנות, לא מורכבים. לצורך הבחינה השתמשנו בכנות (רוג'רי, פולסן וריכטר) וברוכבים (הזן קברנה) שנאספו מיזרעם וחוות ייקבי רמת הגולן בתאריכים 28 בינואר, 25 בפברואר ו- 26 במרץ, 2018. הכנות והרוכבים הועברו למשתלת סלומון שהרכיבה אותם והכמינה אותם. לאחר מכן הם נשתלו במגשי פרלייט וגודלו בתא גידול כמתואר בסעיף 2.3.1 א לעיל. בסופו של דבר השוינו את מידת ההשתרשות של הייחורים המורכבים והייחורים הלא-מורכבים, כמתואר למעלה.

ג. השוואת כושר ההשתרשות של כנות שאחסנו בקירור כייחורים או כזמורות

לאחר שחומר הריבוי נאסף מחוות גפני האם הוא מועבר למשתלות. במקרים רבים מוכנס חומר הריבוי במשתלות לקירור לפרקי זמן שנמשכים ממספר ימים עד כמה חודשים. במהלך המחקר עלתה הסברה שההשתרשות של חומר ריבוי שנשמר בקירור טובה יותר מאשר ההשתרשות של חומר ריבוי שנשמר בקירור כייחורים. כדי לבחון סברה זו, שמרנו בקירור חומר ריבוי שנאסף מיזרעם ומרמת הגולן כזמורות או כייחורים. חומר הריבוי (שלוש כנות מיזרעם ושתי כנות מחוות ייקבי רמת הגולן) נאסף בתאריכים 31 בדצמבר 2017 ו- 28 בינואר, 2018. לאחר שחומר הריבוי הגיע לוולקני הוא חולק לשני חלקים, חלק אחד נחתך לייחורים דו-פרקיים (הפקע התחתון הוסר) והחלק השני נשאר בזמורות. הייחורים והזמורות הועברו לקירור (4 מעלות צלזיוס) והוצאו אחרי חודש, חודשיים או שלושה חודשים. לאחר הוצאתם הוכנו ייחורים מהזמורות וחומר הריבוי טופל וננעץ במגשי פרלייט שהונחו בחדר גידול כמוסבר בסעיף 2.3.1 א לעיל. בסופו של דבר השוינו את מידת ההשתרשות של הייחורים שנוצרו משני הטיפולים.

2.3.2 השפעת מועד האיסוף של חומר ריבוי על ההשתרשות ופיתוח מודל לחיזוי מועד האיסוף המיטבי

לשם בחינת ההשפעה של מועד האיסוף של חומר הריבוי על פוטנציאל ההשתרשות שלו, אספנו את חומר הריבוי מחוות גפני האם ביזרעם וברמת הגולן מידי שבועיים, החל מ- 25 בדצמבר 2016 ועד 26 במרץ 2017 (רמת הגולן) או 2 באפריל 2017 (יזרעם). בעונה העוקבת אספנו את חומר הריבוי משתי החוות החל מ- 11 בדצמבר 2017 ובהמשך, מידי שבועיים עד ל- 13 במרץ 2018 (רמת הגולן) או 26 במרץ 2018 (יזרעם). בסך הכל היו, אם כן, 7-8 מועדי איסוף של חומר ריבוי משתי החוות. מרמת הגולן הובאו הכנות ריכטר ופולסן ומיזרעם הכנות ריכטר, פולסן ורוג'רי. חומר הריבוי נאסף בדרך כלל ביום ראשון או שני בשבוע, הובא למרכז וולקני בראשון לציון. למחרת החומר הוכן לנעיצה וננעץ בחדר הגידול, כמתואר בסעיף 2.3.1 א לעיל. מכל מועד איסוף, מכל מקור של חומר ריבוי (יזרעם או רמת הגולן) ומכל כנה (פולסן, ריכטר או רוג'רי) הוכנו 45 ייחורים. הייחורים חולקו לחמש קבוצות שבכל אחת מהן היו 8 ייחורים (חזרות) שנעצו במגשי חישתיל שונים במתכונת ניסוי של בלוקים באקראי. הייחורים הוחזקו כמתואר למעלה ולאחר חמישה שבועות הם הוצאו, כל אחד מהם נבחן בנפרד ונרשם מה הייתה מידת ההשתרשות והבלבול שלו על פי הסולמות שתוארו באיור מספר 4. הנתונים שימשו לתיאור הדינמיקה של ההשתרשות ושל הבלבול כתלות במועד איסוף חומר הריבוי, מיקום החווה והכנה. השתמשנו בנתוני ההשתרשות של כנת רוג'רי שנאספה מיזרעם לאפיון הדינמיקה של השינויים בהשתרשות הכנות כתלות במועד איסוף חומר הריבוי מגפני האם.

במהלך סתיו-חורף 2016-17 ו- 2017-18 הצבנו בחוות גפני האם ביזרעם וביקבי רמת הגולן אוגרי נתונים אלקטרוניים מדגם Hobbo שמדדו את הטמפרטורה ואת הלחות היחסית מידי שעה. האוגרים הונחו באזור הגידול של גפני האם מהם נלקח חומר הריבוי בו השתמשנו בניסויים. השתמשנו בממוצע הטמפרטורות של שני המכשירים לפיתוח המודל האמפירי ולאחר מכן, לאימות המודל. הדרך בה פותח המודל האמפירי והמדדים בהם השתמשנו מפורטים בסעיף 3.3.2 להלן.

2.3.3 אימות מודל החיזוי לקביעת מועד האיסוף המיטבי של חומר ריבוי

כפי שצוין המודל האמפירי לחיזוי ההשתרשות פותח בהתבסס על נתוני דינמיקת ההשתרשות של הכנה רוג'רי שנאספה בעונת 2016-17 מיזרעם. השתמשנו בנתוני ההשתרשות של הכנות פולסן וריכטר שנאספו בעונת 2016/17 מיזרעם ומחוות ייקבי רמת הגולן, ובנתוני ההשתרשות של כנות אלה שנאספו מיזרעם ומחוות ייקבי רמת הגולן, כמו גם בנתוני כנת רוג'רי שנאספה מיזרעם בעונת 2017-18 לאימות המודל. נתונים אלה הם נתונים בלתי תלויים מפני שלא נעשה בהם שימוש לפיתוח המודל. הדרך בה אימתנו את המודל עם סט הנתונים הבלתי תלוי מפורטת בסעיף 3.3.3 להלן.

2.3.4. ההשפעה של משך זמן ההשהיה של הכנות בקירור על פוטנציאל ההשתרשות

בניסויים שתוארו בסעיף 2.3 לעיל הכנות שנאספו מחוות גפני האם ננעצו בסמוך למועד איסופן. כדי לבדוק באם השהייה של הכנות במקרר משפיעה, לחיוב או לשלילה, על פוטנציאל ההשתרשות של חומר הריבוי הכנסנו כנות שנאספו בתאריכים 15 בינואר, 12 בפברואר ו- 13 במרץ, 2017 ו- 31 בדצמבר 2017, 28 בינואר, 25 בפברואר ו- 26 במרץ, 2018 לקירור לתקופה של חודש, חודשיים או שלושה חודשים (דגימה אחת שהתה במקרר גם ארבעה חודשים). חומר הריבוי שהוכנס למקרר היה ייחורים חתוכים שהכילו פקע חיוני בצד העליון ופקע מעוור בצד התחתון. הייחורים הוחזקו בשקיות נייר (למניעת התפתחות רטיבות וריקבון) בטמפרטורה של 4 מעלות צלזיוס. לאחר שעבר משך הזמן הדרוש, הייחורים הוצאו, החתך שלהם חודש, הם נטבלו בהורמון וננעצו במצע פרלייט בתבניות חישתיל כמתואר בסעיף 2.3.1 א לעיל. מכל טיפול (חוות צמחי אם x כנה x מועד) היו 5 חזרות שבכל אחת מהן היו 8 ייחורים. המעקב אחר התפתחות הייחורים והמדדים בהם השתמשנו לבחינת הבלבוב וההשתרשות תואר באותו הסעיף למעלה.

2.4 קליטה של שתילים בכרם

כדי לבחון באם שתילים שהתפתחו באופן תקין במשתלה נקלטים וגדלים בצורה טובה בכרם העתקנו במהלך חודש אוגוסט 2016 את כל השתילים שהתפתחו באופן תקין במשתלה שהייתה במרכז וולקני מהעציצים בהם הם גדלו לעציצים בקוטר של 17 סמ' (נפח העציצים - 2 ליטר). השתילים נשתלו בתערובת המכילה 30% טוף 0.8, 35% כבול ו- 35% קוקוס; הם הושקו ודושנו על ידי מערכת טפטוף מבוקרת מחשב, על פי הצורך. בסך הכל הועתקו מעציצונים לעציצים 196 שתילים. השתילים גודלו בעציצים במשך שלושה חודשים ונערך אחריהם מעקב רציף עד בוא החורף (תחילת נובמבר, 2016).

3. תוצאות

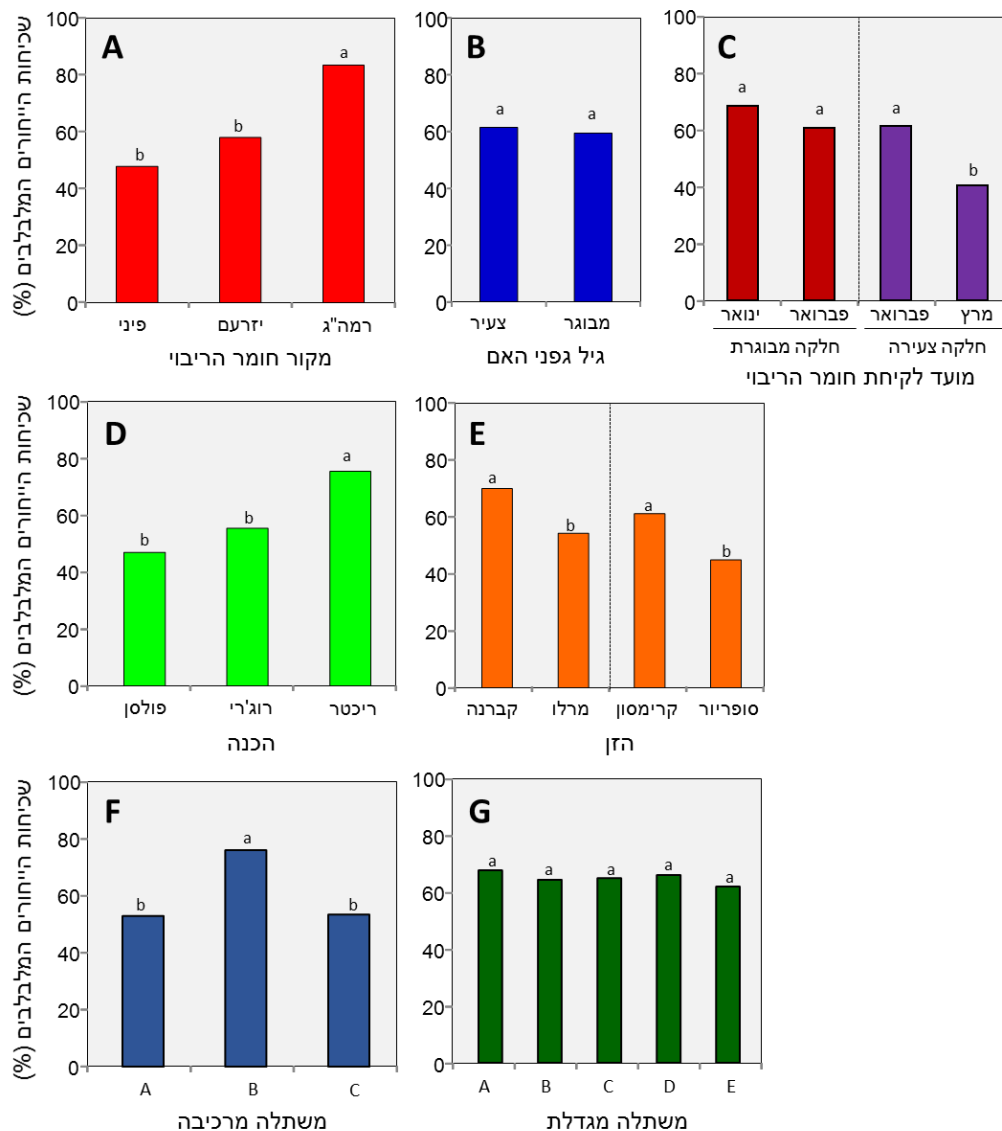
3.1 זיהוי הגורמים הבעייתיים במהלך ייצור השתילים

כפי שצוין, מידת הבלבוב של הייחורים במשתלות המגדלות הוערכה שלוש פעמים. הממצאים נותחו בשיטות הניתוח שתוארו בסעיף 2.1.4. במהלך הניתוחים התברר שהיו מעט מאוד שתילים (אם בכלל) שבמועד הערכה אחד היו בדרגת בלבוב נמוכה – למשל דרגה א' או ג' – ובמועד הערכה הבא דרגת הבלבוב שלהם הייתה גבוהה יותר, למשל ג' או ד', בהתאמה (איור מספר 4A). באותו האופן, היו מעט מאוד שתילים (אם בכלל) שבמועד הערכה אחד בלבד – למשל דרגת בלבוב ג' או ד' ובמועד הערכה הבא הם התייבשו – דרגת בלבוב ב'. מסיבה זו השתמשנו בניתוח הנתונים, בסופו של דבר, בשני המדדים הבאים: שכחות הייחורים שלבלבו, באחוזים (מדד שכלל את דרגות ג' + ד') ושכחות הייחורים שלא-לבלבו, באחוזים (מדד שכלל את דרגות א' + ב'). בגלל שבמהלך הזמן ייחורים חדשים לא התחילו לבלבב ומפני ששתילים שלבלבו לא מתו, הנתונים שנאספו במועד הערכה הראשון (שבוצע בתאריך 28 ביוני 2016) היו זהים בקירוב לאלה שהתקבלו במועדי הערכה השני והשלישי (שבוצעו בתאריכים 17 ביולי ו- 16 באוגוסט 2016, בהתאמה). מסיבה זו יוצגו בדו"ח זה רק תוצאות שנאספו במועד הערכה השני. כפי שצוין, ממצאים אלה מתאימים לממצאי הערכות הראשונה והשלישית.

3.1.1 מיון הנתונים בחתכים שונים

כשהנתונים נותחו בשיטה שהתבססה על מיון כלל הנתונים בחיתוכים שונים נמצאו הבדלים במידת ההשפעה של משתנים מסבירים שונים על הבלבוב. בחלק מהמשתנים המסבירים היו הבדלים מובהקים בלבוב בין הרמות השונות שנבחנו אך במקרים אחרים ההבדלים בין הרמות השונות שנבחנו לא היו מובהקים. הבדלים מובהקים משמעותיים בשכחות הייחורים המבלבלים התקבלו בעת שהנתונים מוינו על פי מקור חומר הריבוי (רמת הגולן << יזרעם = ~פיני; איור 5A); על פי מועד לקיחת חומר הריבוי (ינואר = ~פברואר << מרץ; איור 5C); על פי הכנה (ריכטר << רוג'רי = ~פולסן; איור 5D); ועל פי המשתלה המרכיבה (C=A << B; איור 5F). היו הבדלים מובהקים, אך פחות משמעותיים כשהנתונים מוינו על פי הזן (קברנה << מרלו; קרימסון << סופריוור; איור 5E). לא היו הבדלים מובהקים משמעותיים בשכחות הייחורים המבלבלים כשהנתונים מוינו על פי גיל גפני

האם ביזרעם (חלקה מבוגרת=חלקה צעירה; איור 5B) או כשהנתונים מוינו על פי המשתלה המגדלת (איור 5G; E=D=C=B=A).

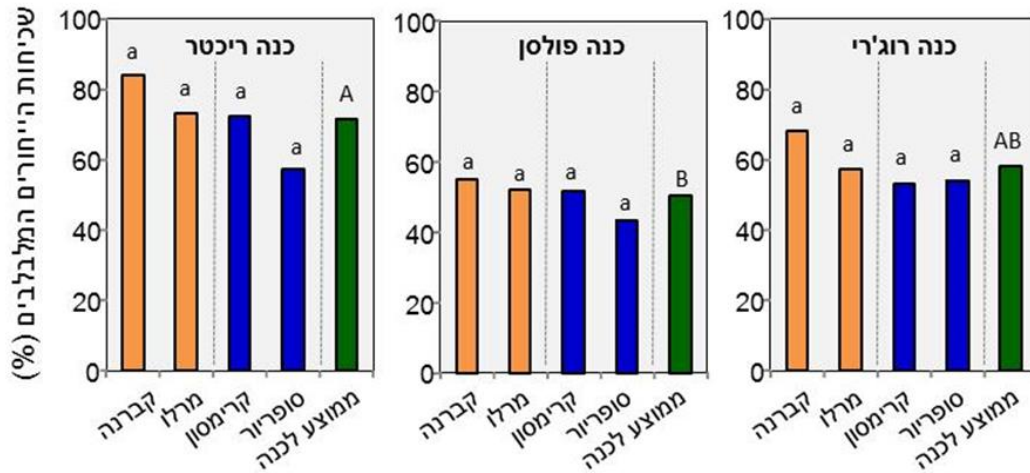


איור מספר 5. השפעת הגורמים המסבירים על שכיחות הייחורים המבלבים כפי שנקבע בשיטת ניתוח שהתבססה על מיון כלל הנתונים בחיתוכים שונים. **A.** השפעת מקור חומר הריבוי; **B.** השפעת גיל גפני האם בחוות יזרעם; **C.** השפעת מועד לקיחת חומר הריבוי מהחווה ביזרעם (הניתוח בוצע לחומר שנלקח מהחלקה המבוגרת ומהחלקה הצעירה בנפרד); **D.** השפעת חומר הריבוי מהחווה ביזרעם (הניתוח בוצע לחומר שנלקח מהחלקה המבוגרת ומהחלקה הצעירה בנפרד); **E.** השפעת הזן (הניתוח בוצע לזני היין וזני המאכל בנפרד); **F.** השפעת המשתלה המרכיבה; **G.** השפעת המשתלה המגדלת. בניתוח הנתונים המוצגים באיורים A, F - G נכללו ייחורים שנוצרו מחומר ריבוי שנלקח משלוש חוות שתילי האם; בניתוח הנתונים המוצגים באיורים B-E נכללו ייחורים שנוצרו מחומר ריבוי שנלקח מחוות יזרעם בלבד. בכל איור, ערכי עמודות שלידן אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק נקבע על ידי מבחן χ^2 ברמת מובהקות של $P < 0.05$.

חשוב להדגיש שממצאי ניתוח זה מבטאים את ערכי הבלבול הממוצעים של כל אחד מהמשתנים המסבירים בנפרד ללא התייחסות להשפעות הגומלין הקיימות בין משתנים מסבירים שונים. כך למשל, שכיחות הבלבול

הממוצעת של חומר הריבוי שנלקח מחוות יזרעם המוצג באיור 5A הוא 58%. ערך זה הוא ממוצע הבלבוב של חומר הריבוי הכולל את שלושת הכנות ואת ארבעת הזנים. כששכיחות הבלבוב עבור כל כנה בנפרד התברר שהיו הבדלים בין הכנות. בעוד ששכיחות הבלבוב של שתילי הכנה ריכטר הייתה 76%, שכיחות הבלבוב של שתילי הכנה פולסן הייתה 47% בלבד (איור 5D).

כדי לבחון באם הצירוף כנה-רוכב משפיע על שכיחות הבלבוב נותחו הנתונים של חומר הריבוי שנלקח מיזרעם. התברר שלצירוף כנה-זן לא הייתה השפעה מובהקת על שכיחות הבלבוב (הניתוחים בוצעו בנפרד לזני היין ולזני המאכל). אבל היו הבדלים מובהקים בשכיחות הבלבוב בין הכנות (ריכטר <= רוג'רי = פולסן; איור מספר 6).



איור מספר 6. השפעת השילוב כנה - רוכב על שכיחות הייחורים המלבלבים כפי שנקבע בשיטת ניתוח שהתבססה על מיון כלל הנתונים בחיטוכים שונים. בניתוח הנתונים נכללו ייחורים שנוצרו מחומר ריבוי שנלקח בחודש פברואר מהחלקה המבוגרת ביזרעם. בכל איור, ערכי עמודות של זני יין או זני מאכל שלידן אותיות לטיניות קטנות שונות, שונים זה מזה במובהק כנקבע על ידי מבחן χ^2 ברמת מובהקות של $P < 0.05$. ערכי העמודות הירוקות, המתארות את ממוצע הבלבוב לכל כנה, שלידן אותיות לטיניות גדולות שונות, שונים זה מזה במובהק כנקבע על ידי מבחן χ^2 ברמת מובהקות של $P < 0.05$.

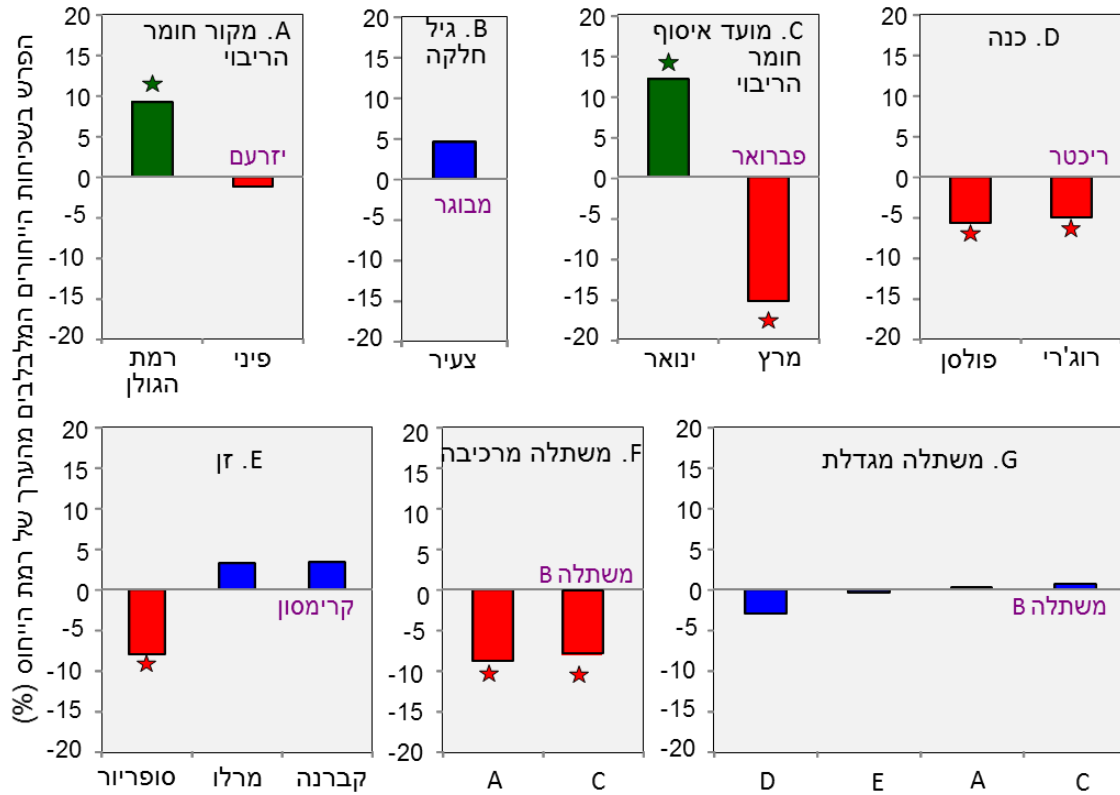
3.1.2 ניתוח כל הנתונים באמצעות מודל לינארי כללי (GLM)

כשהנתונים נותחו בשיטה שהתבססה על מודל לינארי כללי (GLM) נמצאו הבדלים במידת ההשפעה של משתנים מסבירים שונים על הבלבוב. בחלק מהמקרים היו הבדלים מובהקים בבלבוב בין הרמות השונות שנבחנו ובמקרים אחרים ההבדלים בין הרמות השונות לא היו מובהקים. המבחן מאפשר גם לקבוע את מידת ההשפעה היחסית של כל משתנה מסביר. מידת ההשפעה היחסית של המשתנים המסבירים על הבלבוב הייתה על פי הסדר הבא: המשתנה המשפיע ביותר היה 'מועד איסוף חומר הריבוי' (ינואר < פברואר < מרץ); אחריו - 'מקור חומר הריבוי' (רמת הגולן < יזרעם < פניני); אחריו - 'המשתלה המרכיבה' ($C=A << B$); אחריו - 'הכנה' (ריכטר < רוג'רי = פולסן); המשתנה שלו הייתה עדיין השפעה מובהקת, אך היא הייתה הקטנה ביותר היה 'הזן' (קרימסון = קברנה = מרלו < סופריור). למשתנים 'משתלה מגדלתי' ו'גיל חלקת האם ביזרעם' לא הייתה השפעה מובהקת על שכיחות השתילים המלבלבים (איור מספר 7).

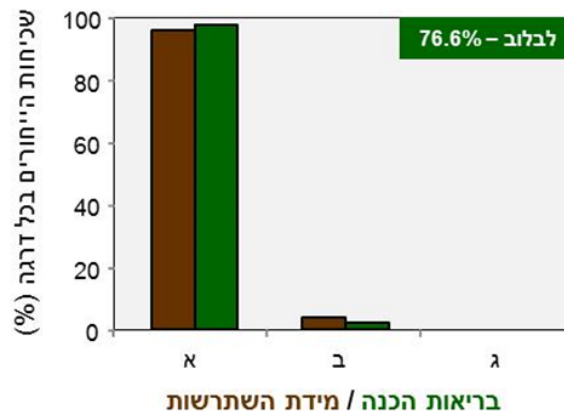
3.2 איפיון הסיבות לכשל בייצור השתילים

מערכת השורשים של רוב הייחורים שלבלבו הייתה מפותחת והכנה שלהם הייתה בריאה. כדוגמא, מוצגים באיור מספר 8 נתונים שנאספו במשתלה C. שכיחות הייחורים המלבלבים הייתה 76.6%. הכנה של יותר מ - 97% משתילים האלה הייתה בריאה (דרגה א' של בריאות הכנה) ומערכת השורשים של יותר מ - 95%

מהשתילים הללו הייתה מפותחת (דרגה א' של עוצמת השתרשות). בריאות הכנה ועוצמת ההשתרשות של השתילים הנותרים היו בדרגות ב' של הסולמות הרלוונטיים (איור מספר 8).

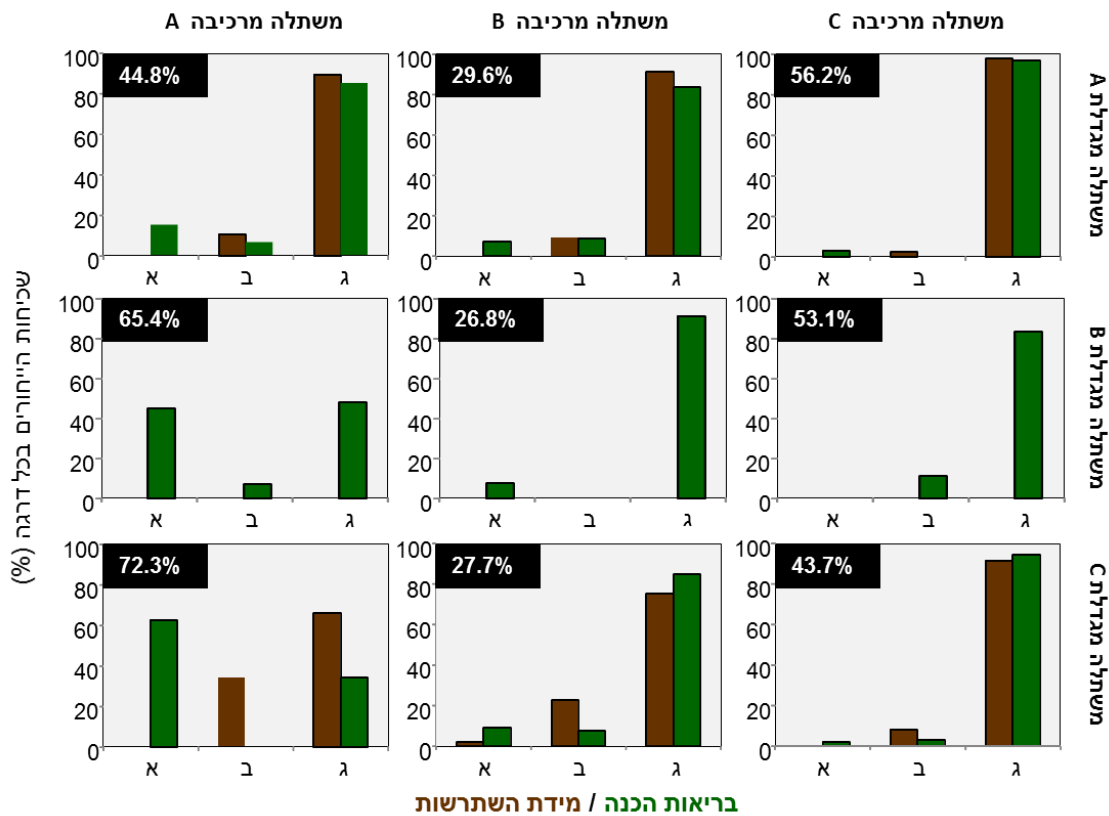


איור מספר 7. השפעת הגורמים המסבירים על שכיחות השתילים המבלבים כפי שנקבע בשיטת ניתוח שהתבססה על מודל לינארי כללי (GLM). **A.** השפעת מקור חומר הריבוי; **B.** השפעת גיל גפני האם בחוות יזרעם; **C.** השפעת מועד לקיחת חומר הריבוי מהחווה ביזרעם; **D.** השפעת הכנה; **E.** השפעת הזן; **F.** השפעת המשתלה המרכיבה; **G.** השפעת המשתלה המגדלת. בכל איור רשומה רמת הייחוס בסמוך לקו ה-0. בכל איור, ערכי עמודות שלידן כוכבית, שונים מהערך של רמת הייחוס במובהק נקבע על ידי מבחן ה-GLM ברמת מובהקות של $P < 0.05$.



איור מספר 8. בריאות הכנות ומידת ההשתרשות של ייחורים שהורכבו במשתלה C וננעצו באותה המשתלה. חומר הריבוי נאסף באמצע חודש פברואר מהחלקה המבוגרת ביזרעם. הערכים הם ממוצעי כל הכנות והזנים. העמודות הירוקות מייצגות את בריאות הכנות והעמודות החומות את מידת ההשתרשות של הכנות. המספר הרשום בריבוע ירוק בחלק העליון של האיור מציין את שכיחות השתילים שלבלבו.

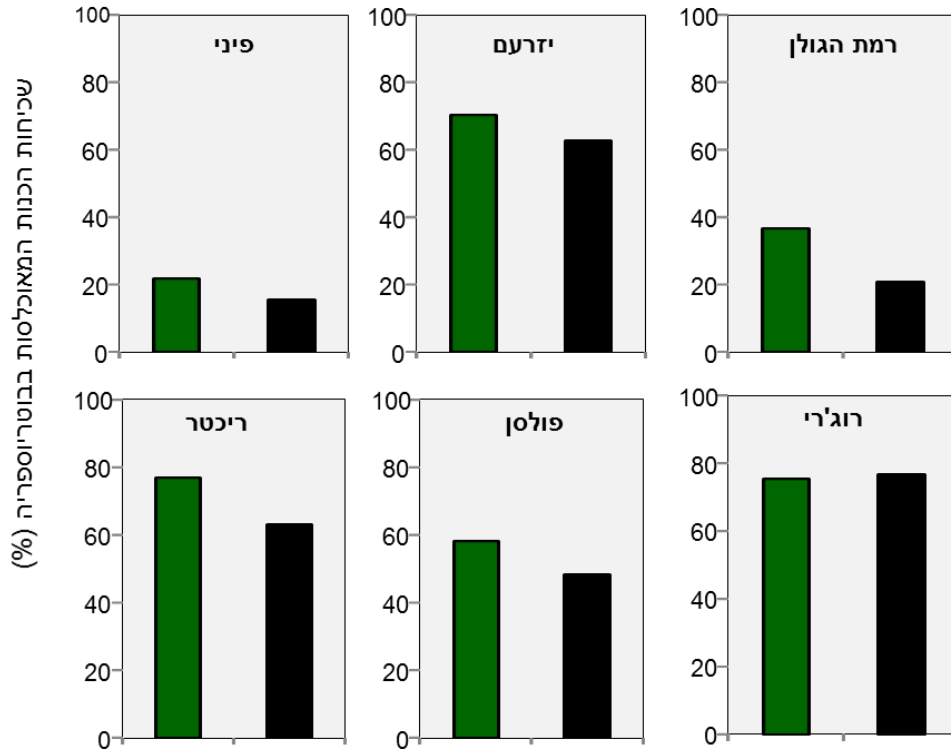
מערכת השורשים של רוב הייחורים שלא-לבלבו הייתה מעוכבת או שלא הייתה קיימת כלל והכנה שלהם הייתה פגועה. מידת ההשתרשות ובריאות הכנות של ייחורים שלא-לבלבו בכל הצירופים של 'משתלה מרכיבה' × 'משתלה מגדלת' מוצגים באיור מספר 9. לדוגמא, האיור הנמצא בצד שמאל למעלה מתייחס לייחורים שהורכבו במשתלה A וננעצו בעציצים באותה המשתלה. מבין הייחורים שהורכבו במשתלה זו וגם ננעצו בה, שכיחות הייחורים שלא-לבלבו הייתה 44.8%; במרבית ייחורים אלה (יותר מ- 82%) הכנה הייתה פגועה ולא התפתחה בהם מערכת שורשים כלל (דרגה ג' בשני סולמות המדידה). ב- 7 מתוך 9 הצירופים הנכללים באיור מספר 9 ההשפעות היו דומות. אבל, היו שני צירופים בהם המצב היה אחר: בשני הצירופים בהם הייחורים הורכבו במשתלה A והועברו לגידול במשתלות B או C מרבית הייחורים לא לבלבו (65.4% ו- 72.3% בהתאמה); ברוב הייחורים שלא לבלבו לא התפתחה מערכת שורשים תקינה אבל למרות זאת, הכנה שלהם הייתה בריאה. מכאן עולה שחוסר הבלבוב לא נבע מריקבון הכנה אלא מאי התפתחות מערכת השורשים.



איור מספר 9. בריאות הכנות ומידת ההשתרשות של ייחורים שהורכבו בשלושת המשתלות (A-C כרשום מעל לאיורים) וננעצו בעציצים באותן המשתלות (כרשום בצד ימין של האיורים). חומר הריבוי נאסף באמצע חודש פברואר מהחלקה המבוגרת ב'זרעם'. הערכים הם ממוצעי כל הכנות והזנים. העמודות הירוקות מייצגות את בריאות הכנות והעמודות החומות את מידת ההשתרשות של הכנות. המספרים הרשומים בריבוע שחור בחלק העליון של כל איור מציינים את שכיחות השתילים שלא-לבלבו בכל צירוף של משתלה מרכיבה – משתלה מגדלת.

כדי לבחון באם פטריות מקבוצת הבוטריוספריה מעורבות בחוסר הבלבוב של הייחורים ניסינו לבודד את הפטריות מכנות של ייחורים שלבלבו (שהיו בריאות) ומכנות של ייחורים שלא לבלבו (שהיו פגועות). באף לא אחת מההשוואות שבצענו לא נמצאו הבדלים בשכיחות איכלוס הכנות בפטריות בין ייחורים שלבלבו לבין ייחורים שלא לבלבו. מספר השוואות מייצגות מופיעות באיור מספר 10. למרות ששכיחות הבלבוב של הייחורים שנוצרו מחומר הריבוי שנלקח מרמת הגולן הייתה גבוהה מזו של ייחורים שנוצרו מחומר ריבוי שנלקח מהחוזה

של פיני (איור מספר 5A), שכיחות הכנות המאוכלסות בבוטריוספריה הייתה דומה בייחורים שלבלבו, ובייחורים שלא לבלבו, ללא תלות מהיכן נלקח חומר הריבוי (איור מספר 10). באותו האופן, למרות ששכיחות הבלבוב של ייחורים של הכנה ריכטר היו גבוהים מאילו של הכנות רוג'רי או ריכטר (איור מספר 5D), לא היו הבדלים משמעותיים בשכיחות האכלוס בבוטריוספריה של כנות אלה (איור מספר 10).



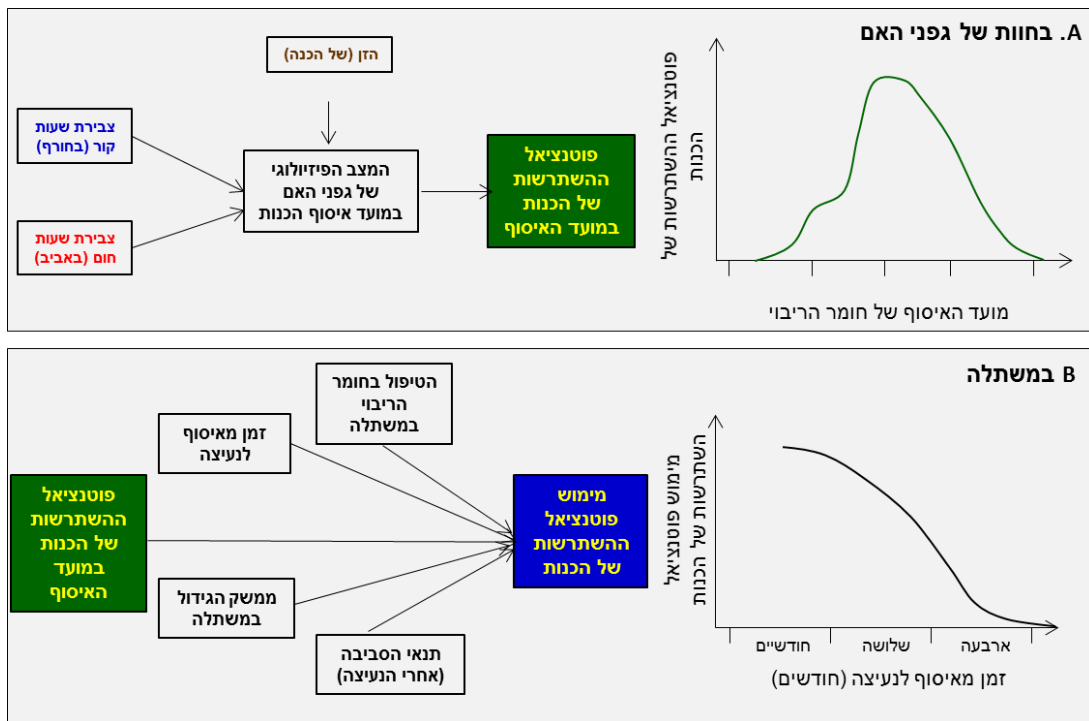
איור מספר 10. שכיחות הכנות מהן בודדו פטריות מקבוצת הבוטריוספריה. עמודות ירוקות = בידודים שבוצעו מכנות של ייחורים שלבלבו בצורה תקינה שהכנות שלהם היו בריאות; עמודות שחורות = בידודים שבוצעו מייחורים שלא לבלבו כלל שהכנות שלהם היו פגועות. בשלושת האיורים העליונים מוצגים תוצאות הבידודים מכל הייחורים שיוצרו מחומר הריבוי שנלקח מחוות האם הרשומות. בשלושת האיורים התחתונים העליונים מוצגים תוצאות הבידודים מכל הייחורים שיוצרו מחומר הריבוי שנלקח מחוות יזרעם. בכל האיורים, ערכי העמודות לא היו שונים זה מזה במובהק נקבע על ידי מבחן χ^2 ברמת מובהקות של $P < 0.05$.

3.3 מודל קונספטואלי להסבר הגורמים לכשל בייצור השתילים

בהסתמך על ממצאי הניסויים שבצענו אנו מציעים בזאת הסבר אפשרי לגורמים שהביאו, בסופו של דבר לכך שבחלק מהמקרים לא התפתחה מערכת שורשים בכנות. בשורות הבאות נתאר מודל קונספטואלי של המערכת הביולוגית הנבחנת. מודלים קונספטואליים הם כלים המאפשרים להסביר בצורה פשוטה תהליכים מורכבים. מודלים קונספטואליים מבוססים על ממצאי ניסויים אבל לא ניתן להשתמש בהם לחיזוי או לקבלת החלטות. המודלים מתארים היפותזות עבודה והם משמשים ככלי להכוונת המחקר בעתיד. יש אם-כן להתייחס לכתוב בהמשך בזיהרות המתבקשת.

המודל הקונספטואלי אותו אנו מציינים מחולק לשני חלקים. החלק הראשון מתייחס לתהליכים המתרחשים בחוות שתילי האם והחלק השני למתרחש במשתלות המייצרות את השתילים. המצב הפיזיולוגי של גפני האם במועד איסוף חומר הריבוי משפיע על פוטנציאל ההשתרשות של הכנות שיוצרו מחומר ריבוי זה. הגורמים המשפיעים על המצב הפיזיולוגי של גפני האם (בהקשר זה) הוא הכמות המצטברת של שעות הקור אליהן הן נחשפו במהלך החורף; ככל שנצברו יותר שעות קור כך גדל פוטנציאל ההשתרשות של כנות שיוכנו משריגים

שילקחו מגפני אם אלה. עם בוא האביב הטמפרטורות עולות. עליית הטמפרטורה מעודדת תהליכי התעוררות של פקעי גפני האם וככל שיצברו יותר שעות חום (באביב) כך יקטן פוטנציאל ההשתרשות של כנות שיוכנו משריגים שנלקחו מגפני אם אלה. ממועד מסוים ישנם, אם-כן, שני ווקטורים דינמיים המשתנים במקביל: מצד אחד – ממשיכים להצטבר שעות קור המשפרות את פוטנציאל ההשתרשות ומהצד השני מתחילים להצטבר שעות חום הפוגעות בפוטנציאל ההשתרשות. תיאור גראפי של השתנות פוטנציאל ההשתרשות של הכנות לאורך זמן מתואר באיור מספר 11A: במהלך החורף יש עליה הדרגתית בפוטנציאל ההשתרשות ובהמשך, עם ההתחלה בעליית הטמפרטורות והצבירה של שעות חום, המגמה מתהפכת ויש ירידה בפוטנציאל ההשתרשות. מכאן עולה שקיים מועד מסוים בו פוטנציאל ההשתרשות של כנות שיוכנו משריגים שילקחו משתילי האם הוא המיטבי. מאחר וקיימים הבדלים בטמפרטורות החורף והאביב בין אתרים שונים בארץ ובין שנים שונות, לא ניתן לקבוע מראש את המועד הכרונולוגי המיטבי לאיסוף חומר ריבוי לייצור כנות. יותר מכך, מאחר וקיימת שונות בתגובה לטמפרטורה של זני גפן שונים שמהם מייצרים כנות (והראיה - יש זנים בכירים יותר וזנים אפילים יותר) המועד המיטבי לאיסוף חומר ריבוי לייצור כנות משתנה לא רק בין אזורים ושנים אלא גם בין זני הגפן המשמשים לייצור כנות.



איור מספר 11. מודל קונספטואלי המתאר את הגורמים המשפיעים על השרשות כנות גפן. **A.** הגורמים המשפיעים על פוטנציאל ההשתרשות של הכנות בחוות גפני האם וגרף המבטא את השתנות הפוטנציאל לאורך זמן כתלות במועד האיסוף של הכנות. **B.** הגורמים המשפיעים על מימוש פוטנציאל ההשתרשות במשתלות וגרף המבטא את השתנות ההשתרשות לאורך זמן כתלות בפרק הזמן שעבר ממועד איסוף הכנות למועד נעיצת הייחורים.

החלק השני של המודל הקונספטואלי מתייחס לתהליכים המתרחשים במשתלות בהם מייצרים את השתילים. המשתלות מקבלות את חומר הריבוי מחוות שתילי האם. כפי שהוסבר למעלה פוטנציאל ההשתרשות של הכנות נקבע על פי המצב הפיזיולוגי של גפני האם בזמן איסוף הכנות. באם הטיפול בחומר הריבוי במשתלה יהיה מיטבי, פוטנציאל ההשתרשות של הכנות ימומש במלואו. אבל, אם מסיבה זו-או-אחרת הטיפול בחומר הריבוי לא יהיה מיטבי, פוטנציאל ההשתרשות לא יהיה מיטבי ושכיחות הכנות שישתרכו בפועל תהיה נמוכה מהפוטנציאל. באופן תיאורטי, עשויים להיות מצבים בהם פוטנציאל ההשתרשות של הכנות במועד האיסוף הוא מיטבי אבל בגלל טיפול לא מתאים במשתלה שכיחות הייחורים המלבלבים תהיה נמוכה מאד. הגורמים

המשפיעים על מימוש פוטנציאל ההשתרשות הם הזמן שעובר ממועד איסוף הכנות בחוות שתילי האם ועד למועד הנעיצה של השתילים במשתלה והטמפרטורה אליה נחשפים הייחורים אחרי הנעיצה. ככל שמשך הזמן שעובר מאיסוף חומר הריבוי ועד לנעיצה ארוך יותר, כך נפגע פוטנציאל ההשתרשות של הכנות. ככל שהטמפרטורה אחרי הנעיצה גבוהה יותר, כך עולה פוטנציאל ההשתרשות של הכנות (איור מספר 11B). גורמים משפיעים אחרים הם דרך הטיפול בחומר הריבוי במשתלה, ממשק הגידול במשתלה ותנאי מזג האוויר השוררים אחרי הנעיצה.

3.3. פיתוח ממשק שיאפשר לייצר שתילים חיוניים באחוזי קליטה נורמטיביים

3.3.1. בחינת המערכת הניסויית

א. ההשפעה של הימצאות, או אי-הימצאות, פקעים אמיריים ופקעים מעוורים בייחורים על ההשתרשות והבלבול ההשפעה של הימצאות, או אי הימצאות, פקעים אמיריים חיוניים ופקעים מעוורים בייחורים על ההשתרשות של זני גפן אמריקאית (המשמשים ככנות) ועל זני גפן אירופאית (המשמשים כרוכבים) נבחנה בסדרה של ניסויים שבצענו בתנאים מבוקרים. שכיחות ההשתרשות של ייחורים שהוכנו ממיני הגפן האמריקאית (*V. berlandieri* x *V. rupestris*) שלא היו בהם פקעים כלל, הייתה נמוכה מאד (16.6%). הימצאות של פקע מעוור למטה או של פקע חיוני למעלה ומעוור למטה שיפרה במידה ניכרת את ההשתרשות של ייחורים. בייחורים בהם היו שני הפקעים גם יחד (חיוני למעלה ומעוור למטה) שכיחות ההשתרשות הייתה הגבוהה ביותר (67.5%). ניתוח שונות דו-כיווני העלה שההשפעות העיקריות של שני הגורמים שנבחנו היו מובהקות (טבלה מספר 4). בסדרת ניסויים דומה שבוצעה עם ייחורים שהוכנו מזני גפן אירופאית (*Vitis vinifera*) נמצא ששכיחות ההשתרשות של ייחורים שלא היו בהם פקעים כלל הייתה בינונית (47.5%) והתרומה של נוכחות פקעים חיוניים למעלה או מעוורים למטה לא הייתה משמעותית (52.5-57.5% השתרשות). ניתוח שונות דו-כיווני העלה שההשפעות העיקריות של שני הגורמים שנבחנו לא היו מובהקות (טבלה מספר 4).

טבלה מספר 4. ההשפעה של הימצאות, או אי הימצאות, של פקעים אמיריים ושל פקעים מעוורים בייחורים על ההשתרשות של ייחורי גפן ממינים שונים

<i>Vitis vinifera</i> פקע אמירי פעיל			<i>V. berlandieri</i> x <i>V. rupestris</i> פקע אמירי פעיל				
ממוצע	כץ	לא	ממוצע	כץ	לא		
50.0 א	52.5	47.5	16.6 ב*	24.3	9.0	לא	הימצאות פקע
56.8 א	53.2	57.5	56.0 א	67.5	44.5	כץ	מעוור למטה
	54.5 א	52.5 א		45.9 א	26.7 ב	ממוצע	

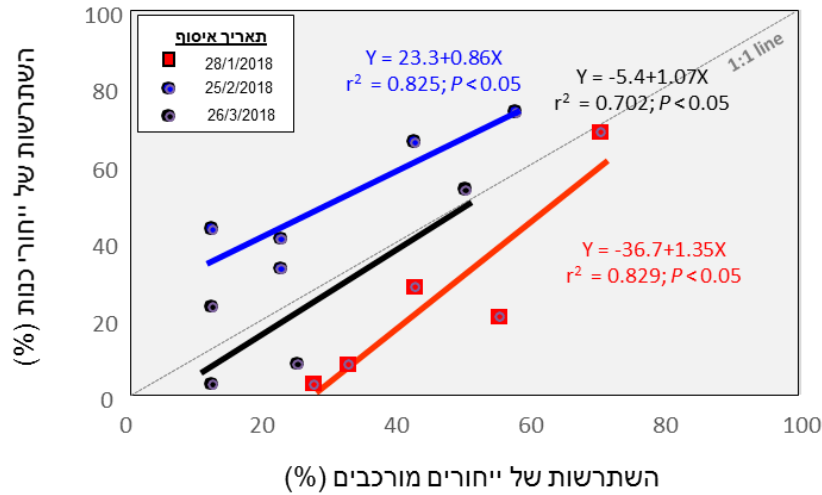
*ההשפעות העיקריות של ערכים הרשומים בשורות או טורים שלידם אותיות שונות, שונים זה מזה במובהק כנקבע על פי ניתוח שונות דו-כיווני ($P < 0.05$)

באותם הניסויים גם נבחן באם הימצאות, או היעדרות, פקעים מעוורים בייחורים משפיעה על הבלבול של הפקעים האמיריים. (כמובן שלא ניתן לבחון את הבלבול בייחורים שאין להם פקעים אמיריים). התברר שלהימצאות של פקעים מעוורים למטה אין השפעה מובהקת על הבלבול בשני מיני הגפן שנבחנו; בכל המקרים שכיחות הפקעים המבלבלים הייתה גבוהה (בין 56.5 ל – 77.0%).

ב. השוואת ההשתרשות של ייחורים מורכבים ושל ייחורי כנות

שכיחות ההשתרשות של ייחורים מורכבים ושל ייחורי כנות היתה שונה במועדי הדגימה השונים. ההשתרשות של חומר ריבוי שנאסף בחודש פברואר הייתה טובה יותר מזו של חומר ריבוי שנאסף בחודש מרץ וההשתרשות של חומר ריבוי שנאסף בחודש ינואר הייתה הנמוכה ביותר. בכל מועד, היה מתאם מובהק בהשתרשות בין הייחורים המורכבים לייחורי הכנות. אבל, היו הבדלים בהצלחת ההרכבה. בעוד שבדגימת חודש ינואר ייחורים מורכבים השתרשו טוב יותר מייחורי כנות לא מורכבים: קו הרגרסיה נמצא מתחת לקו 1:1 (איור מספר 12), בדגימת חודש פברואר המצב היה הפוך: ייחורי כנות השתרשו טוב יותר מייחורים מורכבים. בדגימת חודש מרץ

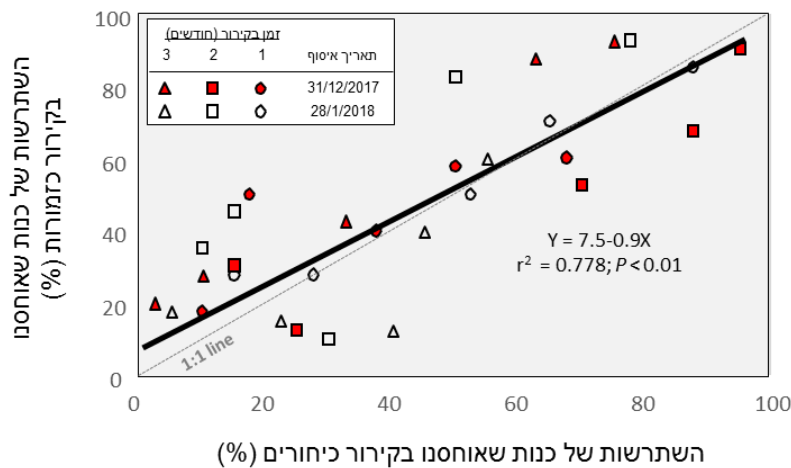
לא היה הבדל בהשתרשות בין שני הטיפולים (קו הרגרסיה היה בדיוק על קו 1:1. המסקנה היא שלא קיים יתרון ברור בהשתרשות של ייחורים מורכבים על ייחורי כנות.



איור מספר 12. השוואת כושר ההשתרשות של ייחורים מורכבים וייחורי כנות לא מורכבים. חומר הריבוי (הכנות רוג'רי, פולסן וריכטר והרכב - קברנה) נאסף מחוות יזרעם ומחוות ייקבי רמת הגולן בתאריכים הרשומים באיור. הקו האלכסוני המקווקו הוא קו תיאורטי המבטא התאמה מושלמת בהשתרשות בין שני הטיפולים והקווים העבים הם קווי רגרסיה שחושבו עבור הנקודות של כל מועד דגימה בנפרד.

ג. השוואת כושר ההשתרשות של כנות שאוחסנו בקירור כייחורים או כזמורות

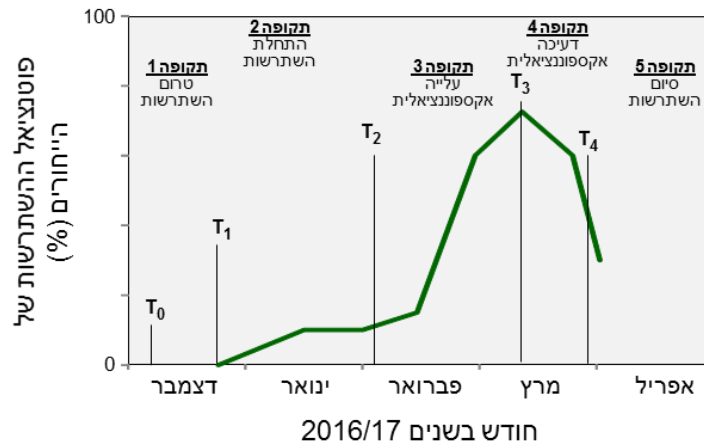
שכיחות ההשתרשות של חומר ריבוי שנשמר במקרר כייחורים הייתה דומה לשכיחות ההשתרשות של חומר ריבוי שנשמר במקרר כזמורות. לא היה הבדל במשך השהות של חומר הריבוי במקרר - מחודש אחד ועד שלושה חודשים: החותך של קו הרגרסיה המתאר את הקשר בין שני המשתנים לא היה שונה במובהק מ-0, והשיפוע של קו הרגרסיה (0.9) לא היה שונה במובהק מ-1 (איור מספר 13). מכאן עולה שהסברה שיש הבדלים בדרך בה נשמר חומר הריבוי במקרר לא הייתה נכונה.



איור מספר 13. השוואת כושר ההשתרשות של חומר ריבוי שנשמר במקרר כייחורים או כזמורות. חומר הריבוי (הכנות רוג'רי פולסן וריכטר) נאסף מחוות יזרעם ומחוות ייקבי רמת הגולן בתאריכים 31 בדצמבר, 2017 ו-28 בינואר, 2018 ונשמר במקרר למשך חודש, חודשיים או שלושה חודשים. הקו האלכסוני המקווקו הוא קו תיאורטי המבטא התאמה מושלמת בהשתרשות בין שני הטיפולים והקו השחור העבה הוא קו הרגרסיה שחושבו עבור הנקודות.

3.3.2 השפעת מועד האיסוף של חומר ריבוי על ההשתרשות ופיתוח מודל לחיזוי מועד האיסוף המיטבי

הדינמיקה של השתרשות כנות רוג'רי שנאספו מחוות יזרעם בעונת 2016/17 מתוארת באיור מספר 14. כשחומר הריבוי נאסף מוקדם (בחודשים דצמבר, ינואר) פוטנציאל ההשתרשות היה נמוך; פוטנציאל ההשתרשות עלה בהדרגה במהלך איסוף פברואר והגיע לשיא באיסוף שבוע צע באמצע חודש מרץ. לאחר מכן פוטנציאל ההשתרשות ירד בחדות. עקומה זו שימשה כבסיס לפיתוח המודל האמפירי. בהקשר זה הוגדרו חמש תקופות (איור מספר 14; טבלה מספר 4). התקופה הראשונה מכונה **"תקופת טרום ההשתרשות"** ובמהלכה הייחורים לא משתרשים. תקופת טרום ההשתרשות מתחילה במועד מסוים ממנו מתחילים החישובים הנקרא T_0 (זהה ל-biofix –) ונמשכת עד למועד בו הייחורים מתחילים להשתרש. מועד זה כונה T_1 . התקופה השנייה המכונה **"התחלת ההשתרשות"** מתחילה ב- T_1 ובמהלכה חלק קטן מהייחורים משתרשים. היא מסתיימת ב- T_2 , המועד בו מתחילה התקופה השלישית הנקראת תקופת ה"עליה האקספוננציאלית" בה מתרחשת עליה מהירה בשכיחות הייחורים המשתרשים. תקופה זו מסתיימת ב- T_3 , המועד בו שכיחות ההשתרשות היא המרבית. בתקופה שלאחר מכן שכיחות ההשתרשות פוחתת בקצב מהיר **"דעיכה אקספוננציאלית"** עד ל- T_4 , בו שכיחות הייחורים המשתרשים היא 50% מהערך המרבי, בקירוב. התקופה החמישית והאחרונה נקראת תקופת **"סיום ההשתרשות"** שמתחילה במועד של T_4 ונמשכת לאחר מכן.



איור מספר 14. דינמיקת ההשתרשות של ייחורי הכנה רוג'רי שנאספה במועדים שונים מחוות יזרעם בעונת 2016-17. העקום המתאר את ההשתרשות שימש לפיתוח מודל החיזוי האמפירי שפותח לשם קביעת המועד המיטבי לאיסוף כנות. הסבר של התקופות הרשומות ושל המועדים של T_0 עד T_4 מופיעים בטקסט ובטבלה מספר 4.

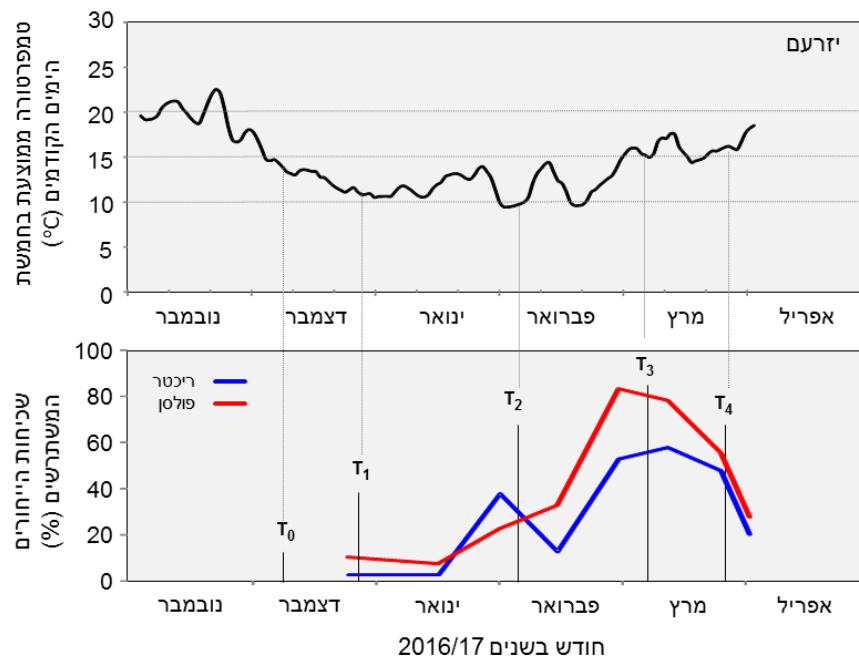
טבלה מספר 4. עיקרי מודל החיזוי האמפירי שפותח לשם קביעת המועד המיטבי לאיסוף כנות מחוות גפני האם

שם התקופה ומועד התחלה	הגדרה של דרך חישוב מועדי ההתחלה של התקופות השונות של המודל האמפירי	הערות
T_0 – ביופיקס	היום החמישי ברצף של 5 ימים עוקבים בהם הטמפרטורה היומית הממוצעת בחמשת הימים הקודמים הייתה נמוכה מ- $15\text{ }^{\circ}\text{C}$	מועד תחילת החישובים
T_1 – התחלת השתרשות	צבירה של 1500 שעות מעלה ($\text{DHR} \leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) מ- T_0	צבירה של שעות קור
T_2 – תחילת השלב האקספוננציאלי	היום החמישי ברצף של 5 ימים עוקבים בהם הטמפרטורה היומית הממוצעת בחמשת הימים הקודמים הייתה נמוכה מ- $10\text{ }^{\circ}\text{C}$	
T_3 – שיא פוטנציאל ההשתרשות	היום החמישי ברצף של 5 ימים עוקבים בהם הטמפרטורה היומית הממוצעת בחמשת הימים הקודמים הייתה גבוהה מ- $15\text{ }^{\circ}\text{C}$	
T_4 – ירידה ל- 50% מפוטנציאל ההשתרשות	צבירה של 1500 שעות מעלה ($\text{DHR} \geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) מ- T_3	צבירה של שעות חום

3.3.3 אימות מודל החיזוי לקביעת מועד האיסוף המיטבי של חומר ריבוי

המודל האמפירי שפותח על פי נתוני הכנה רוג'רי שנאספה מיזרעם אומת עם סט נתונים בלתי תלוי שכלל 9 השוואות שונות, במשך שנתיים. לצורך האימות, הצבנו במערכת צירים משותפת את הנתונים של השתרשות הכנות הנבחנות שנאספו מחוות יזרעם או מחוות ייקבי רמת הגולן ואת המועדים של T_0 עד T_4 שחושבו על פי נתוני הטמפרטורה שנמדדו באותם האתרים (איורים מספר 15-18). זוהי בחינה בלתי תלויה של המודל כי נתונים אלה לא שימשו להגדרה של התקופות והמועדים הכלולים בו.

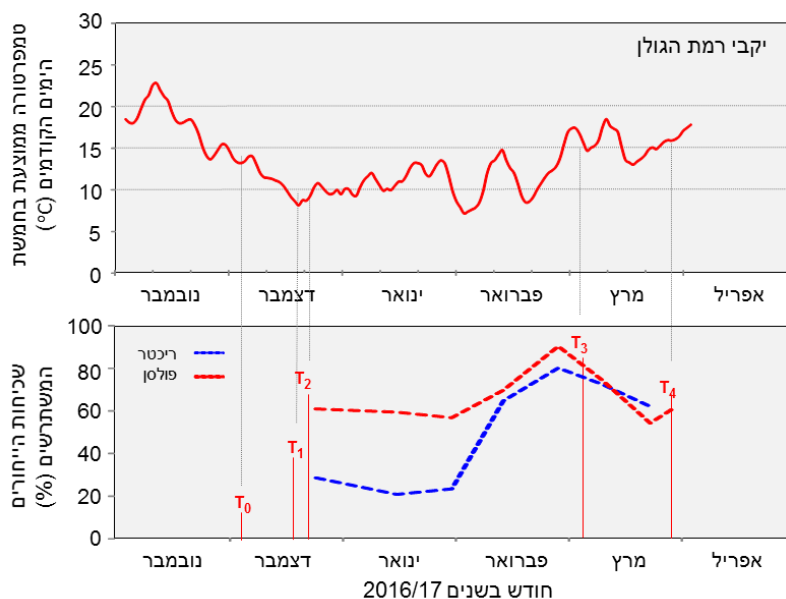
בעיקרון, צורת עקומי ההשתרשות של תשע העקומים השונים הייתה דומה לצורת עקומת ההשתרשות של כנת רוג'רי מיזרעם עונת 2016-17. כשחומר הריבוי נאסף מוקדם פוטנציאל ההשתרשות היה נמוך, הוא עלה עד לשיא וירד בחדות לאחר מכן. היו הבדלים בין הכנות, בין השנים ובין חוות גפני האם, לדוגמא: במרבית המקרים פוטנציאל ההשתרשות של כנת פולסן היה גבוה יותר מזה של הכנות האחרות; שיא ההשתרשות של חומר ריבוי שנאסף מייקבי רמת הגולן היה גבוה יותר מזה של חומר ריבוי שנאסף ביזרעם, בייחוד בעונת 2017-18. היו הבדלים בין שתי העונות במועד בו פוטנציאל ההשתרשות היה בשיאו: סוף מרץ-תחילת אפריל בעונת 2017-18 ואמצע פברואר בעונת 2018-19. הירידה החדה בפוטנציאל ההשתרשות (אחרי השיא) הייתה דומה בכל הכנות ב-8 מתוך 9 ההשוואות). נקודות בולטות נוספות: שתי הכנות שנאספו מחוות ייקבי רמת הגולן בעונת 2017-18 לא היו בתרדמה כבר בדגימה הראשונה שבצענו. פוטנציאל ההשתרשות המירבי בשנים 2017-18 (בשלוש הכנות היה נמוך מאד ולא עלה על 50% (איורים מספר 15-18).



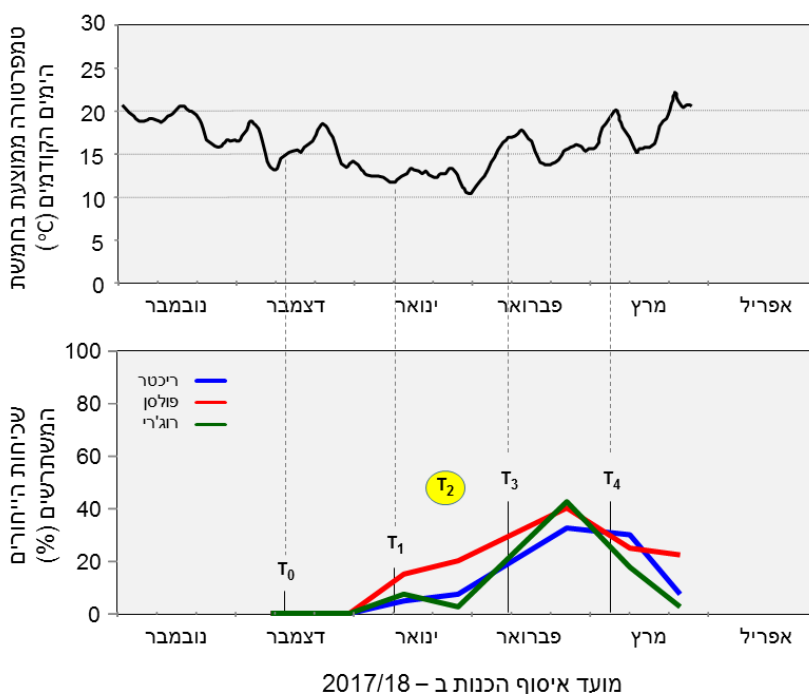
איור מספר 15. אימות של מודל החיזוי האמפירי שפותח לשם קביעת המועד המיטבי לאיסוף כנות. בגרף העליון מוצגים נתוני הטמפרטורה שנמדדו ביזרעם בעונת 2016-17. בגרף התחתון מוצגת הדינמיקה של השתרשות הייחורים של הכנות ריכטר ופולסן שנאספו מחוות יזרעם. המועדים של T_0 עד T_4 שחושבו על פי המודל מסומנים באיור בקווים אנכיים.

מבחינה ויזואלית של הנתונים ושל החיזוי על פי המודל ניתן לראות שההגדרה של T_1 הייתה סבירה (אך לא מדויקת לגמרי) ב-7 מתוך 9 ההשוואות. ההגדרה של T_1 הייתה שגויה ברמת הגולן בעונת 2017-18 (איור מספר 16). ההגדרה של T_2 הייתה סבירה באימותים של נתוני 2016-17. מניתוח נתוני הטמפרטורה של חורף 2017-18 עלה שבשתי החוות הטמפרטורות לא ירדו מתחת ל-10 מעלות צלסיוס, ולכן המדד של T_2 לא התקיים. יתכן שהסיבה שפוטנציאל ההשתרשות המירבי של חומר הריבוי מיזרעם היה נמוך (איור מספר 17) נובע מכך שגפני האם לא נחשפו לתנאי קור מספקים. אבל, טיעון זה לא מסביר מדוע שכיחות ההשתרשות המירבי של חומר ריבוי שנאסף מייקבי רמת הגולן (גם שם גפני האם לא נחשפו לטמפרטורות נמוכות) הייתה גבוהה (איור מספר 18). במרבית המקרים המועדים של T_3 ו- T_4 היו בסמיכות סבירה למועדים של שיא פוטנציאל ההשתרשות

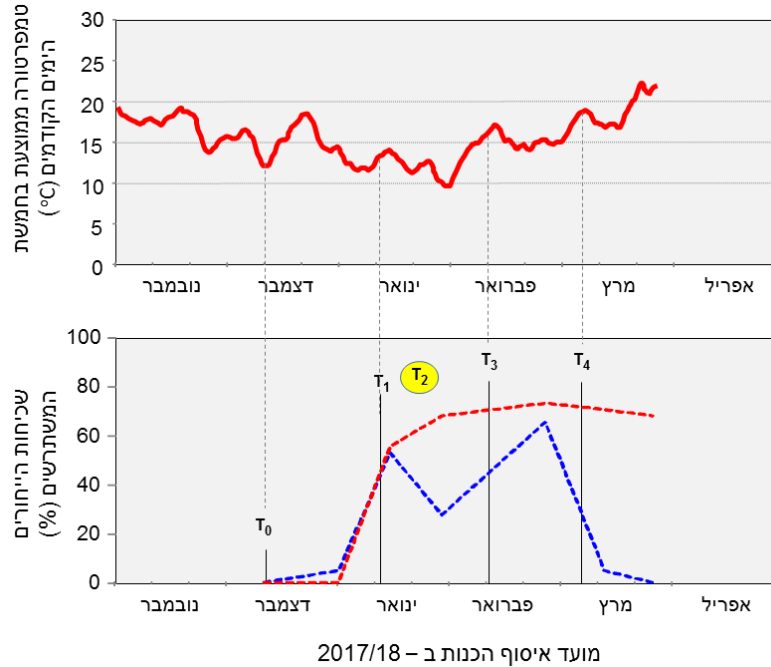
ושל ירידה משמעותית ממנו, בהתאמה. יוצא הדופן הבולט היא הכנה פולסן שנאספה מחוות ייקבי רמת הגולן בעונת 2017-18 (איור מספר 18).



איור מספר 16. אימות של מודל החיזוי האמפירי שפותח לשם קביעת המועד המיטבי לאיסוף כנות. בגרף העליון מוצגים נתוני הטמפרטורה שנמדדו בחוות יקבי רמה"ג בעונת 2016-17. בגרף התחתון מוצגת הדינמיקה של השתרשות הייחורים של הכנות ריכטר ופולסן שנאספו מחווה זו. המועדים של T₀ עד T₄ שחושבו על פי המודל מסומנים באיור בקווים אנכיים.



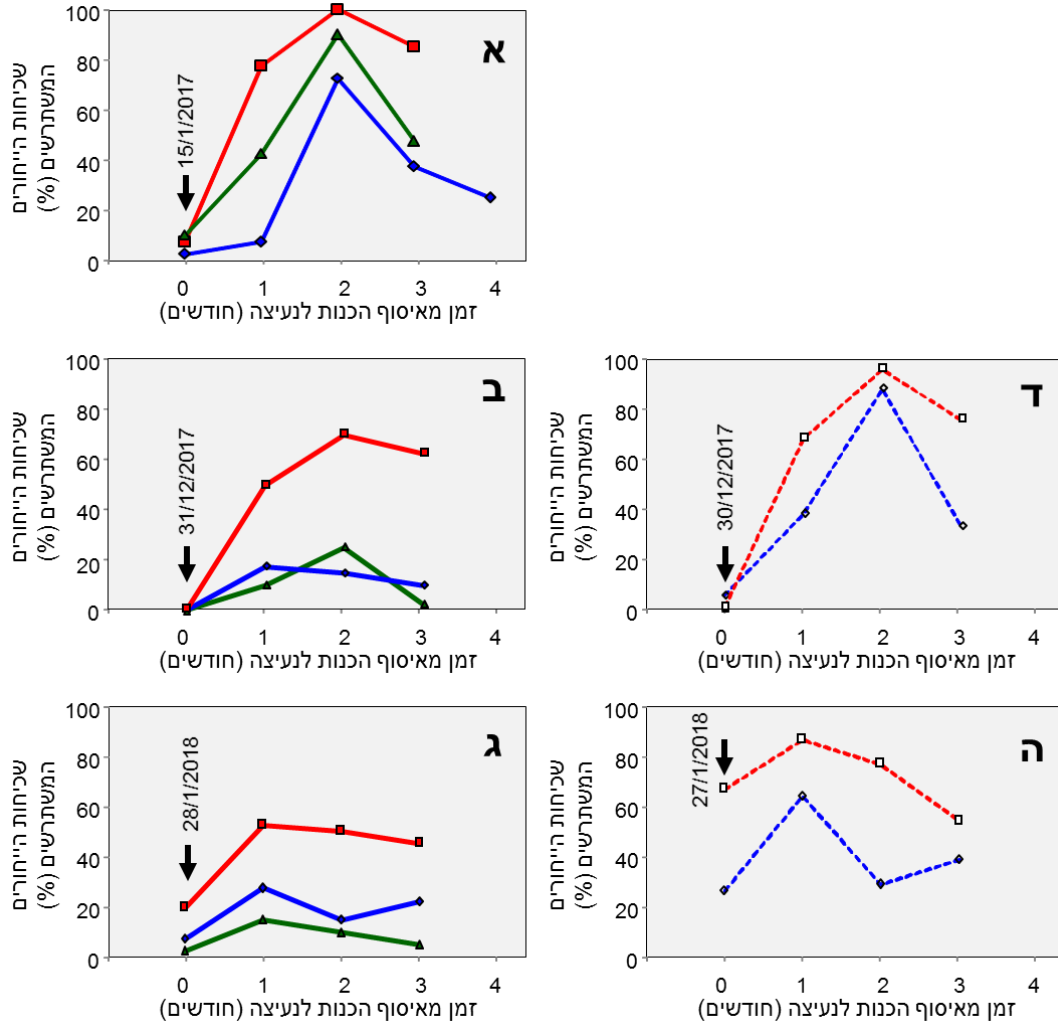
איור מספר 17. אימות של מודל החיזוי האמפירי שפותח לשם קביעת המועד המיטבי לאיסוף כנות. בגרף העליון מוצגים נתוני הטמפרטורה שנמדדו ביזרעם בעונת 2017-18. בגרף התחתון מוצגת הדינמיקה של השתרשות הייחורים של הכנות רוג'רי, ריכטר ופולסן שנאספו מחוות זו. המועדים של T₀ עד T₄ שחושבו על פי המודל מסומנים באיור בקווים אנכיים.



איור מספר 18. אימות של מודל החיזוי האמפירי שפותח לשם קביעת המועד המיטבי לאיסוף כנות. בגרף העליון מוצגים נתוני הטמפרטורה שנמדדו בחוות יקבי רמה"ג בעונת 2017-18. בגרף התחתון מוצגת הדינמיקה של השתרשות הייחורים של הכנות ריכטר ופולסן שנאספו מחווה זו. המועדים של T₀ עד T₄ שחושבו על פי המודל מסומנים באיור בקווים אנכיים.

2.3.4. ההשפעה של משך זמן ההשהיה של הכנות בקירור על פוטנציאל ההשתרשות

לשם בחינת ההשפעה של משך ההשהייה של חומר הריבוי במקרר על פוטנציאל ההשתרשות, חילקנו את הניסויים לשלוש קבוצות. **בקבוצה הראשונה** נכללו הניסויים בהם חומר הריבוי נאסף מוקדם, לפני שגפני האם נחשפו לטמפרטורות נמוכות (איור מספר 19). בתשע מתוך 13 המקרים השהייה של חומר הריבוי במקרר למשך חודש או חודשיים שיפרה משמעותית את פוטנציאל ההשתרשות של הכנות. במרביתם, פוטנציאל ההשתרשות היה אף גבוה מזה שהושג בעת איסוף חומר הריבוי מגפני האם במועד המיטבי (איורים מספר 14-18). השהייה של חומר הריבוי במקרר לתקופות ארוכות יותר פגעה בכושר ההשתרשות יחסית לנקודת השיא. **בקבוצה השנייה** נכללו הניסויים בהם חומר הריבוי נאסף בתחילת העונה, אחרי שגפני האם נחשפו לטמפרטורות נמוכות לתקופה קצרה – לפני T₂ (איור מספר 20). בעיקרון, השפעת ההשהייה במקרר במקרים אלו הייתה דומה להשפעות שתוארו בקבוצה הראשונה: השהייה של חומר הריבוי במקרר למשך חודש או חודשיים שיפרה משמעותית את פוטנציאל ההשתרשות של הכנות. אבל השהייה במקרר לתקופות ארוכות יותר פגעה בכושר ההשתרשות. בקבוצה השלישית נכללו הניסויים בהם חומר הריבוי נאסף מאוחר, אחרי שגפני האם נחשפו לטמפרטורות גבוהות – אחרי T₃ (איור מספר 21). בכל 12 הניסויים השהייה של חומר הריבוי במקרר פגעה בפוטנציאל ההשתרשות. מידת הפגיעה הייתה תלויה בוטנציאל ההשתרשות בעת איסוף החומר, אבל בכל המקרים השהייה של 3 חודשים במקרר פגעה משמעותית בפוטנציאל ההשתרשות. במקום איסוף חומר הריבוי (חוות יזרעם או חוות ייקבי רמת הגולן) לא הייתה השפעה במקרה זה.



איור מספר 19. ההשפעה של משך זמן ההשהיה של הכנות במקרר לפני הנעיצה על פוטנציאל ההשתרשות של הייחורים. הכנות פולסן, ריכטר ורוג'רי נאספו מחוות יזרעם או מחוות ייקבי רמת הגולן במועדים המסומנים, לפני שגפני האם נחשפו לטמפרטורות נמוכות. הייחורים ננעצו מידית (זמן 0) או שהם הושהו במקרר למשך חודש עד ארבעה חודשים, לפני הנעיצה.

3.4 קליטה של שתילים בכרם

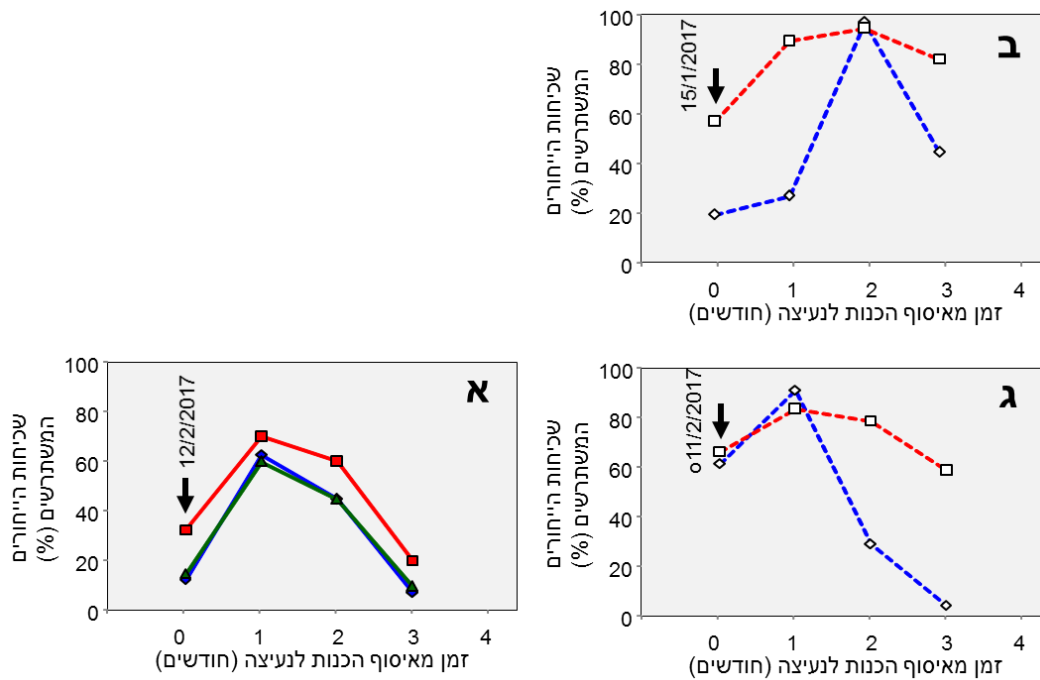
עקבנו אחרי התפתחות השתילים שהועתקו לעציצים במשך שלושה חודשים. התפתחות כולם הייתה תקינה: כולם נקלטו, ייצרו עלים וגבעולים חדשים ואף אחד מהם לא מת. המעקב הסתיים בתחילת חודש נובמבר, עם הכניסה לחורף. תמונות מייצגות מופיעות באיור מספר 22.

4. דיון ומסקנות

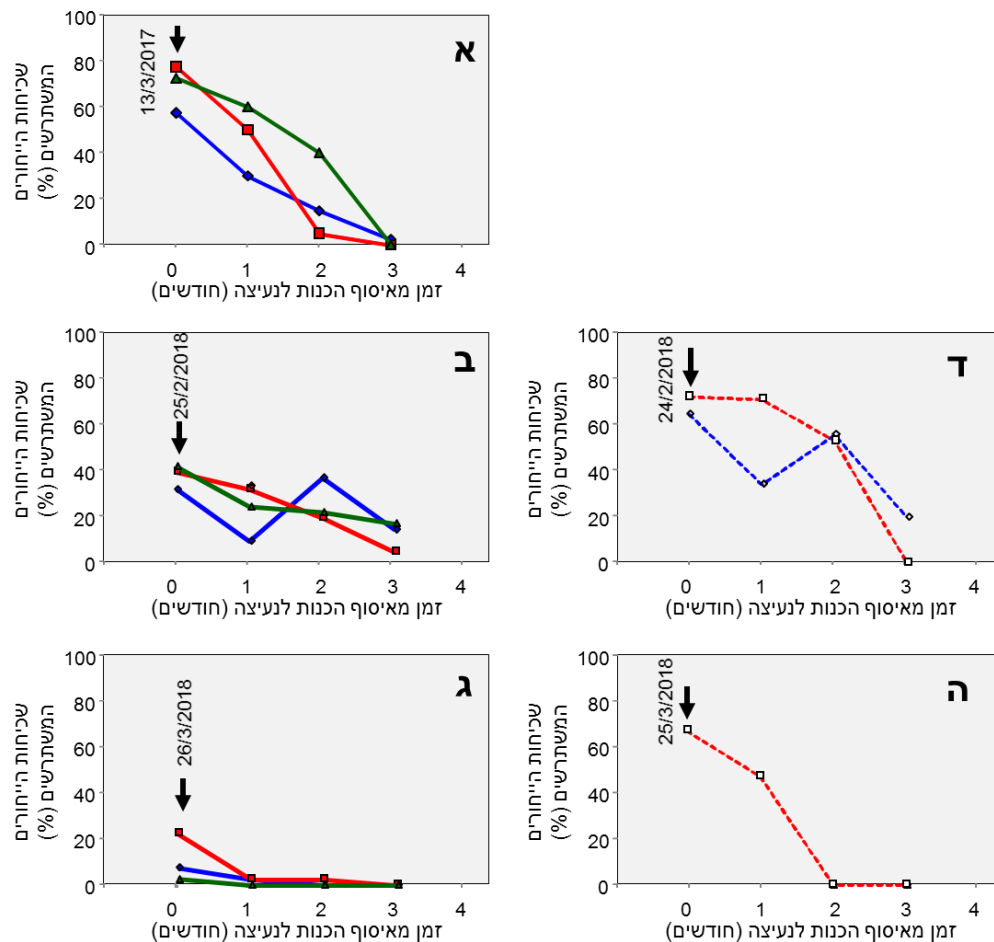
המטרה הראשונה של המחקר שבצענו בשנת המיזם הראשונה הייתה לאתר את הגורם/הגורמים הבעייתיים בהליך ייצור השתילים. מערך הניסויים שבצענו בשנת המיזם הראשונה היה גדול, מקיף, ואפשר לבחון בו-זמנית את ההשפעה של שבעה משתנים מסבירים שונים. כפי שהוסבר בהרחבה בסעיף 2.1 למעלה, המערך הניסויי הרחב בו השתמשנו הצריך שימוש בשיטות "לא-שגרתיות" לניתוח הממצאים. כדי לבחון מי מבין המשתנים המסבירים חשוב ומי לא, ניתחנו את הממצאים בשיטות ניתוח שונות. לכל שיטה יש נקודות חוזק ונקודות

חולשה, וכולם פורטו לעיל. כפי שצוין הכוונה הייתה לבחון באם השיטות יגדירו, באופן בלתי תלוי, את אותם הגורמים כמשפיעים העיקריים על שכיחות הבלבוב של הייחורים. ואכן, כך היה: המסקנות שעלו מניתוח הממצאים היו זהות. המשתנה המשפיע ביותר הינו – 'מועד לקיחת חומר הריבוי'; ולאחריו בסדר השפעה יורד: 'מקור חומר הריבוי'; 'המשתלה המרכיבה'; 'היכנה' וה'זין'. למשתנים 'משתלה מגדלת' ו'גיל חלקת האם ביזרעם' לא הייתה השפעה על שכיחות הייחורים המבלבלים (איורים מספר 5-8). חשוב לציין שהשפעות הגורמים השונים משולבות זו בזו ולא ניתן להתייחס לגורם בודד זה-או-אחר, כאחראי לכשל בייצור השתילים. יותר מכך, זיהוי הגורמים כשלעצמם לא מאפשר להסביר מה הסיבה הביולוגית לכשל בייצור השתילים. אם רוצים להתגבר על הבעיה, יש להבין את המערכת הביולוגית ואת הסיבות לכך שהייחורים לא לבלבו ומתו.

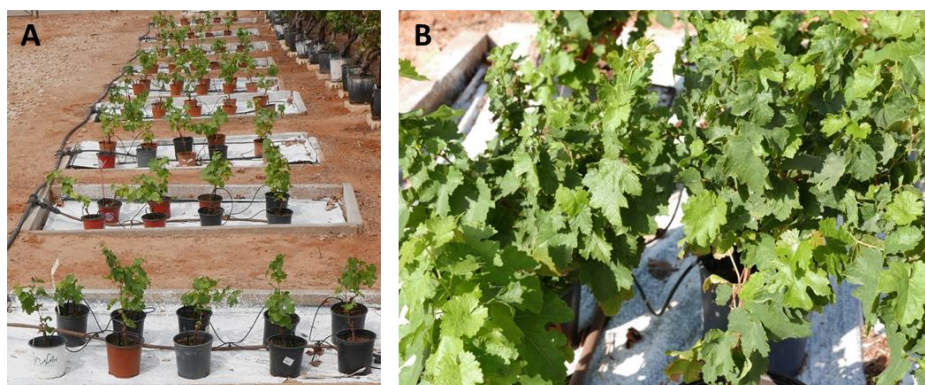
המטרה השנייה של המחקר שבצענו בשנת המיזם הראשונה הייתה לאפיין את הסיבות לכשל בהליך ייצור השתילים. בבדיקות שבצענו עלה שחלק מהכנות של ייחורים שלבלבו, כמו גם חלק מהכנות של ייחורים שלא-בלבו, היו מאוכלסים בפטריות מקבוצת הבוטריוספריה (איור מספר 10). אבל, לא היו הבדלים בשכיחות האיכלוס ועל סמך הממצאים ניתן לקבוע בוודאות שפטריות מקבוצת הבוטריוספריה אינן מעורבות בכשל של ייצור השתילים. יותר מכך, מניתוח הנתונים שנאספו אנו מסיקים שהכשל בייצור השתילים גם אינו נובע מהשפעות של גורמים פתוגנים אחרים. אנו מסיקים זאת בגלל שהיו הבדלים משמעותיים בשכיחות הבלבוב של חומר ריבוי שנאסף ממקור אחד, אבל נשלח למשתלות מרכיבות שונות ומשתלות מגדלות שונות. אם היה גורם פתוגני בחוות גפני אם זו-או-אחרת, כל המשתלות המרכיבות היו מקבלות חומר ריבוי מאולח מאותה חווה, כולן היו מייצרות ייחורים נגועים וכל המשתלות המגדלות היו נועצות את הייחורים הנגועים בעציצים. מכאן עולה שהיה צריך להיות כשל בבלבוב של חומר הריבוי מהמקור הנגוע בכל המקומות. העובדה שזה לא קרה מוכיחה שהסיבה לכשל בבלבוב לא קשורה להימצאותו של פתוגן זה –או-אחר בחומר הריבוי.



איור מספר 20. ההשפעה של משך זמן ההשהיה של הכנות במקור לפני הנעיצה על פוטנציאל ההשתרשות של הייחורים. הכנות פולסן, ריכטר ורוג'רי נאספו מחוות 'זרעם' או מחוות 'ייקבי רמת הגולן' במועדים המסומנים, אחרי שגפני האם נחשפו לטמפרטורות נמוכות לתקופה קצרה. הייחורים ננעצו מיידית (זמן 0) או שהם הושהו במקור למשך חודש עד שלושה חודשים לפני הנעיצה.



איור מספר 21. ההשפעה של משך זמן ההשהיה של הכנות במקרר לפני הנעיצה על פוטנציאל ההשתרשות של הייחורים. הכנות פולסן, ריכטר ורוג'רי נאספו מחוות יזרעם או מחוות ייקבי רמת הגולן במועדים המסומנים, אחרי שגפני האם נחשפו לטמפרטורות גבוהות. הייחורים ננעצו מידית (זמן 0) או שהם הושהו במקרר למשך חודש עד שלושה חודשים, לפני הנעיצה.



איור מספר 22. תמונות של שתילי גפן של צירופי כנה-רוכב שונים שנשתלו בעציצים וגודלו במינהל המחקר החקלאי. **A.** צילום כללי של אזור הגידול מהתאריך 1 בספטמבר, 2016. **B.** צילום תקריב של מספר שתילים ב- 27 באוקטובר, 2016.

מניתוח נתוני בריאות הכנות והרוכבים עולה שהגורם לאי-הבלבול של הייחורים קשור בבעיה הנמצאת בכנות ולא ברוכבים. מהממצאים המוצגים באיור מספר 9 אנו מסיקים שחוסר הבלבול נבע מהעובדה שלא התפתחה בכנות מערכת שורשים ולא בגלל שהכנות נרקבו. מכאן עולה שריקבון הכנות היה תוצאה של אי התפתחות מערכת השורשים, ולא ההפך. ממצאים אלה מצביעים על האפשרות שהסיבה לכשל בייצור השתילים נובע מסיבות פיזיולוגיות שמנעו את ההשתרשות של הכנות. ממצא זה חשוב מפני שהוא מצביע על הגורם לכשל בייצור השתילים, ולא מתאר את התוצאה.

ממצאי השנה הראשונה הובילו אותנו להגדיר את היפותזת העבודה הבאה: המצב הפיזיולוגי של גפני האם, המושפע בעיקר (אך לא באופן בלעדי) מטמפרטורת הסביבה, משפיע על פוטנציאל ההשתרשות של הכנות. בחנו את ההיפותזה הזו בניסויים שבצענו בשנת המיזם השנייה. בעיקרון, ממצאי הניסויים שבצענו אוששו את ההיפותזה. ההשתרשות של כנות שנאספו מוקדם או מאוחר בעונה הייתה נמוכה מההשתרשות של כנות שנאספו במועד המיטבי. מאחר והמועד המיטבי לאיסוף הכנות מושפע מהטמפרטורות אליהן נחשפו גפני האם בסתיו, בחורף ובאביב, ומפני שהטמפרטורות משתנות משנה לשנה ומאזור לאזור, לא ניתן להגדיר באופן גורף וקבוע את התאריך, או את טווח התאריכים, המיטביים לאיסוף הכנות. המועד וטווח התאריכים המיטביים לאיסוף כנות משתנים משנה לשנה ומאזור לאזור. בהקשר זה סביר להניח שהכשל שהיה בייצור השתילים בשנים 2014, 2015 ו- 2016 נבע מאיסוף מאוחר מידי של חומר ריבוי (בחודש מרץ) והכשל בייצור השתילים אותו חוו כמה משתלות בשנת 2017 נבע מאיסוף מוקדם מידי (בחודש ינואר) של חומר ריבוי.

במסגרת המחקר פיתחנו מודל חיזוי אמפירי, מבוסס טמפרטורה לקביעת המועד המיטבי לאיסוף הכנות מחוות גפני האם. עקרונות המודל מפורטים בסעיף 3.3.2 לעיל (איור מספר 14; טבלה מספר 4). התקפות של המודל נבחנה עם סט נתונים בלתי תלוי (איורים מספר 15-18) והתוצאות היו סבירות. כך למשל, ניתן להסביר את הכשל בייצור שתילים בו נתקלו משתלות מסחריות בשנת 2017-2018 בעובדה שבחורף 2017-18 לא שררו טמפרטורות נמוכות ולכן תקופה 3 (השלב האקספוננציאלי; איור מספר 14) התקיימה רק בחלקה, אם בכלל. בכל מקרה, חשוב להדגיש שהמודל פותח ונבחן עבור ייחורים לא מורכבים שגדלו במערכת ניסויית מבוקרת ויש לאמתו עם סט נתונים בלתי תלוי הכולל שתילים מורכבים המגודלים במשתלה מסחרית. רק לאחר שהמודל יאומת, וימצא תקין, ניתן יהיה להשתמש בו בצורה מסחרית.

מרבית חומר הריבוי נאסף מחוות גפני האם במהלך חודשי החורף (ינואר – מרץ). במשתלות בהן חלל האוויר או משטחי הגידול של השתילים מחומם מקובל להרכיב את הייחורים, להכניסם להכמנה ולנעוץ אותם בסמוך למועד הקבלה של חומר הריבוי מחוות גפני האם. במשתלות בהן חלל האוויר או משטחי הגידול של השתילים אינם מחוממים מקובל להשהות את חומר הריבוי בקירור לפני ההרכבה וההכמנה. פרקטיקה זו נעשית מפני שטמפרטורת האוויר בחודשים מרץ-אפריל נמוכה מידי והייחורים, אם ינעצו, לא ילבלבו. בניסויים שבצענו במחקר זה מצאנו שהשהיה של כנות שנאספו בתקופת תחילת ההשתרשות או בתקופת השלב האקספוננציאלי במקרה לפרק זמן מסוים משפרת את פוטנציאל ההשתרשות. נראה לכאורה שהייחורים משלימים את צבירת שעות הקור במקרה (איורים מספר 19-20). אבל, השהיה במקרה לפרקי זמן ארוכים מידי עלולה לגרום. יותר מכך, השהיה של ייחורים שנאספו מגפני האם אחרי שגפני האם נחשפו לטמפרטורות גבוהות (איור מספר 21) עלולה לפגוע בהשתרשות. ממצאים אלה מדגישים ומחזקים את החשיבות של השימוש במודל החיזוי שפותח: בנוסף לקביעת מועד האיסוף המיטבי של חומר הריבוי מחוות גפני האם המודל יכול גם לשמש את המשתלות בקביעת מועד ההוצאה של חומר הריבוי מהקירור.

המטרה האחרונה של המיזם הייתה לבחון באם שתילים שהתפתחו באופן תקין במשתלות נקלטים וגדלים באופן תקין בכרם לאחר נטיעתם. כדי לבחון זאת "נטענו" את השתילים שהתפתחותם במשתלה שהקמנו במרכז וולקני בעציצים גדולים וגדלנו אותם בתנאים המדמים גידול בכרם מסחרי במשך 3 חודשים. ההתפתחות של כל השתילים הייתה תקינה ואף לא אחד מהם מת. מכאן עולה שבאם מיוצרים במשתלות שתילים תקינים, חיוניים, לא אמורה להיות בעיה לגדלם כיאיות בהמשך, בכרם.

ממצאי המיזם מצביעים על חמש גישות אפשריות בהן ניתן להשתמש כדי להתגבר על הכשל בייצור שתילי גפן בישראל. היישום של שתי הגישות הראשונות מחייב ביצוע של מחקרים בסיסיים ויישומיים ופיתוח של ידע. באם המחקרים יצליחו, ניתן יהיה ליישם את הממצאים בקלות יחסית ללא צורך בהשקעות כספיות משמעותיות. רכיב פיתוח הידע בשתי הגישות הנוספות שולי אבל היישום שלהן מחייב השקעה כספית ניכרת. הגישה החמישית תלויה אישור של גורמים מקצועיים רלוונטיים – השירותים להגנת הצומח. בשורות הבאות נסביר את הרציונל העומד בבסיס חמש הגישות. מאחר ותחום ההתמחות של מחברי דו"ח זה הוא ביולוגי ולא פיננסי, אנחנו יכולים לנסות ולקדם את שתי הגישות הראשונות ומשאירים את ההחלטה באם לקדם וליישם את הגישות האחרות לגורמים הרלוונטיים בענף.

הגישה הראשונה מתמקדת באופטימיזציה של מועד האיסוף של חומר הריבוי (הכנות) מחוות גפני האם. מאחר ואנחנו מניחים שפוטנציאל ההשתרשות של הכנות נקבע על פי המצב הפיזיולוגי של גפני האם, ניתן להשתמש במודל האמפירי שפותח כדי לחזות את פוטנציאל ההשתרשות של הכנות בכל שנה בנפרד, עבור כל חוות גפני אם בנפרד ועבור כל זן של כנה בנפרד.

את הגישה השנייה ניתן ליישם במשתלות והיא מבוססת על ההנחה שניתן לשפר את פוטנציאל ההשתרשות של חומר הריבוי אחרי שנאסף מחוות גפני האם. ניתן יהיה לעשות זאת על ידי שימוש בהורמונים צמחיים חדשים, או בתערובת של הורמונים צמחיים, שישפרו את פוטנציאל ההשתרשות של הכנות, מעבר למה שהיה במועד לקיחתו מגפני האם. ממצאים בנושא תוארו בסיכום של שנת המיזם השנייה.

הגישה השלישית מתמקדת בצמצום פרק הזמן העובר ממועד איסוף חומר הריבוי בחוות גפני האם ועד למועד נעיצתו בעציצונים במשתלות. הגורם העיקרי המשפיע על פרק זמן זה הוא הטמפרטורה. בעיקרון יש לאסוף את חומר הריבוי במהלך חודשי החורף המוקדמים (בסביבות ינואר-פברואר) כי איסוף מאוחר יותר יפגע בפוטנציאל ההשתרשות של הכנות. לאחר ייצור הייחורים יש לנעוץ אותם מוקדם ככל האפשר. מאחר שמועד הנעיצה מותנה בקימון של טמפרטורות גבוהות (החיוניות להתפתחות השתילים) ובגלל שבמרבית המשתלות אין אמצעי חימום, נהוג להשהות את הנעיצה ככל האפשר - עד לאמצע חודש מאי ומאוחר מכך. ההשהיה פוגעת בפוטנציאל ההשתרשות. הכנסת אמצעי חימום למשתלות תאפשר לצמצם את פרק הזמן העובר ממועד איסוף חומר הריבוי בחוות גפני האם ועד למועד נעיצת הייחורים ובכך לשפר את שכיחות ההצלחה בייצור שתילים חיוניים.

הגישה הרביעית מתמקדת במקום גידול גפני האם. באם חוות גפני האם ימוקמו באזורי הארץ בהם הטמפרטורות בחורף נמוכות והטמפרטורות באביב מתונות (כמו למשל, צפון רמת הגולן) פוטנציאל ההשתרשות של חומר הריבוי ישתפר. ניתן לאתר את המקומות המועדפים בקלות. אבל המשמעות היא שיש להעתיק את המיקום של החוות הנוכחיות ממקומן. כמובן שההשקעה הכספית הכרוכה בכך גדולה והכדאיות הפיננסית אינה ברורה וצריכה להיבדק לעומק.

הגישה החמישית היא לאפשר לשתלנים לייבא חומר ריבוי ממדינות אחרות במקום להשתמש בחומר המקומי. ניתן לייבא חומר ריבוי ממקומות בהם הטמפרטורות בחורף נמוכות ופוטנציאל ההשרשה של הייחורים גבוה. כידוע לעוסקים בענף - זה כבר נעשה בעבר. אין זה בסמכותנו להמליץ על גישה זו אבל כמומחים בתחום של מחלות צמחים אנחנו מודעים לסכנות הכרוכות בכך ולאיומים האפשריים על ענף גפן היין וגפן המאכל. בשל כך חשוב שכל הגורמים המעורבים ישקלו את הנושא בזהירות הראויה תוך התייחסות לכל ההיבטים (החיוניים והשלייליים) האפשריים.

היעד של מיזם חוס"ן משתלות גפן הוגדר על ידי וועדת ההיגוי כלהלן: "לפתח ממשק שיאפשר לייצר במשתלות שתילי גפן חיוניים באחוזי הצלחה נורמטיביים". למיטב הבנתנו, ממצאי הניסויים שבצענו איפשרו להשיג את היעד. פיתחנו מודל חיזוי לקביעת המועד המיטבי לאיסוף כנות מחוות גפני האם. על פי המודל, המועד המיטבי לאיסוף חומר הריבוי הוא בין $T_2 - 1$ ו- T_3 . ניתן לאסוף את חומר הריבוי מחוות גפני האם מוקדם יותר, בין T_1 ו- T_2 אבל במקרה זה במשתלות יש להשהות את חומר הריבוי במקרה לתקופה שמשכה יקבע על פי המודל. ניתן לאסוף את חומר הריבוי מחוות גפני האם גם בין $T_3 - 1$ ו- T_4 אבל במקרה זה סביר שפוטנציאל ההשתרשות יפגע ולכן יש לייצר שתילים עודפים כדי שאפשר יהיה לעמוד ביעד הייצור. יישום של ממצאי הניסויים של החוקרים האחרים השותפים במיזם (פרקים 4-6 של בדו"ח שהוגש בשנה השנייה של המיזם) ישפרו עוד יותר את ההצלחה.

5. הבעת תודה

אנו מודים לכל המעורבים במחקר: מנחם בורנשטיין ורון שולחני ממינהל המחקר החקלאי; ראומה למבו, אייל רבן, תרצה זהבי וערן הרכבי משירות ההדרכה והמקצוע; אבי ואמיר דור-און ממשלת דור-און, זיכרון יעקב; שלומיק זימנבודה ודני גרף ממשלת זימנבודה-גרף, זיכרון יעקב; אופיר סולומון ועודד אליהו ממשלת סולומון-שחר, מושב שחר; מחמד רטיב ממשלת מחמיד, אום אל פחם; אסף לזרוביץ מחוות יזרעם; פיני סריג ממרחביה ואייל חן מיקבי רמת הגולן. אנו מודים לכל חברי וועדת ההיגוי ובמיוחד למשה ברוקנטל וצחי דותן. המחקר מומן על ידי קרן המדען הראשי של משרד החקלאות ופיתוח הכפר, מועצת גפן יין ומועצת הצמחים.

6. נספחים

6.1 מפגשים של וועדות המיזם והרצאות בהם דווח על ממצאי המיזם

תאריך	מקום	משתתפים
25/10/2016	זיכרון יעקוב – משתלת דור-און	שתלנים
25/10/2016	זיכרון יעקוב – משתלת זימנבודה-גרף	שתלנים
25/10/2016	אום אל פחם – משתלת מחמיד	שתלנים
27/10/2016	מרכז וולקני – ראשון לציון	מדריכי שה"מ
30/10/2016	מושב שחר – משתלת סולומון-שחר	שתלנים
31/10/2016	מרכז וולקני – ראשון לציון	מפגש של וועדת ההיגוי והועדה המקצועית; קהל רחב
22/11/2016	חולדה – יקב ברקן	הנהלת מועצת גפן י"ן
4/12/2016	מרכז וולקני – ראשון לציון	מפגש של וועדת ההיגוי של המיזם
15/1/2017	מרכז וולקני – ראשון לציון	מפגש של וועדת ההיגוי של המיזם
26/1/2017	מרכז וולקני – ראשון לציון	יום עיון ארצי בנושא גפן י"ן
1/2/2017	הגושרים	מגדלים, מדריכים ואנשי תעשייה
25/10/2017	מרכז וולקני – ראשון לציון	מפגש של וועדת ההיגוי והועדה המקצועית
5/11/2017	מרכז וולקני – ראשון לציון	מפגש של וועדת ההיגוי
7/11/2017	מרכז וולקני – ראשון לציון	הנהלת מועצת גפן י"ן
8/2/2018	מרכז וולקני – ראשון לציון	יום עיון ארצי בנושא גפן י"ן
3/10/2018	מרכז וולקני – ראשון לציון	מדריכי שה"מ
17/10/2018	מרכז וולקני – ראשון לציון	מפגש של וועדת ההיגוי והועדה המקצועית
4/3/2019	מרכז וולקני – ראשון לציון	יום עיון ארצי בנושא גפן י"ן