

256-0896-14

**פיתוח שרשרת ייצור ומותג של מוצר חדש בישראל – שום חופשי מווירוסים בעל תנובה
ואיכות גבוהים**

Development of the production chain for the virus-free garlic in Israel

דו"ח מסכם

יולי 2015

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

רינה קמנצקי, תקן, המחלקה לפרחים, מינהל המחקר החקלאי vhrkamen@agri.gov.il
דני אשל, תקן; המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר קטיף, מינהל המחקר החקלאי – בית דגן; ניסויי
אחסון ואנליזה מולקולרית.
דרול גילט, מו"פ ערבה דרומית; ניסויי דישון והשקיה בשדה וגידול חומר ריבוי מאוחסן.
חיים רבינוביץ' – האוניברסיטה העברית; יעוץ.
חניטה צמח, מינהל המחקר החקלאי; אנליזה היסטולוגית של הרקמה הצמחית.
יצחק פורר, מינהל המחקר החקלאי; עזרה טכנית בניסויים בבתי רשת.
שרית רוחקין שלום, מינהל המחקר החקלאי; פוסט-דוקטורנטית שביצעה את מירב המחקר.

Rina Kamenetsky, Department of Ornamental Horticulture, The Volcani Center, ARO, Bet Dagan;

Email: vhrkamen@volcani.agri.gov.il

Dani Eshel, Department of Postharvest Science, ARO, P.O.B. 6 Bet Dagan 50250.

Email: dani@volcani.agri.gov.il

Daryl Gillett, ³Southern Arava Research and Development Center, Yotvata

Email: gadash@ardomnet.co.il

Hanita Zemach, Department of Fruit Tree Science, The Volcani Center, ARO, Bet Dagan

Email: hanita@volcani.agri.gov.il

Itzhak Forer, Department of Ornamental Horticulture, The Volcani Center, ARO, Bet Dagan

Email: forer@volcani.agri.gov.il

Sarit Rohkin Shalom, Department of Postharvest Science, The Volcani Center, ARO, Bet Dagan;

Email: saritr@volcani.agri.gov.il

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

**חתימת החוקר:
תקציר**

הצגת האתגר המחקרי: שום הגינה (*Allium sativum* L.) הינו גידול בעל חשיבות עולמית המשמש כתבלין פופולארי, כתוסף בריאותי וכצמח מרפא. בארץ גידלו בשנה האחרונה כ-9,000 טון שום על שטח של כ-11,500 דונם, ואלה נפגעים קשות על-ידי מחלות ווירליות, ופגעים בחומר הריבוי הגורמים לפחת במהלך הגידול והאחסון.

מטרות המחקר: פיתוח שיטה מבוקרת לאחסון חומר ריבוי של שום חופשי מוירוסים, בערבה דרומית, תוך ניצול טמפרטורת הסביבה, להגברת התנובה של שום ישראלי איכותי.

שיטות העבודה: במשך ארבע עונות שום מהזן "שני" נשתל וגודל בשטחי ניסוי במו"פ ערבה הדרומית לאחר אחסון מבוקר במכון וולקני. טמפי' האחסון היו: 2, 8, 14, 20, 33, 40 מ"צ. בתום 4.5 חודשי אחסון הבצלים פורקו ונשתלו בחלקות ניסוי במו"פ ערבה דרומית. בנוסף נערכו ניסויים בעציצים בבית רשת במכון וולקני. אופיינו אנטומית קצב ואופן הנצת השננות בתום האחסון והתפתחות הצמחים בשדה ובבית הרשת. כמו כן הרקמה הצמחית עברה קיבוע וצביעות ספציפיות לצורך הסתכלות מיקרוסקופית בהתפתחות המריסטמה של הניצן. בוצע מחקר טרנסקריפטומי והוא איפשר לנו להתרכז בגנים הומולוגים ל-FT כגורם מפתח בקביעת מועד ההתבצלות. אפיון ביטויים נעשה ב-PCR.

תוצאות עיקריות: הבדלים דרמטיים נרשמו בהתפתחות שננות שאוחסנו בטמפי': 2, 8, 14, 20, 33 מ"צ לשלושה חודשים. הטמפי' המיטבית להשראת בלבוב והתארכות הנצר במהלך האחסון הייתה 8-14 מ"צ, בעוד שטמפי' קיצוניות (2 או 33 מ"צ) עיכבו כמעט לחלוטין את התפתחות הניצן. אחסון ב-33 מ"צ גרם להתפתחות צמחים גדולים, משקל וקוטר הבצל ומספר השננות היו גדולים יותר הצמחים אוחסנו ב-2 מ"צ. אחסון בטמפי' נמוכה (2 מ"צ) גרם להתבצלות מוקדמת במהלך הגידול, המתרחשת במקביל להזדקנות העלים, דבר שיכול להעיד על מעבר מוגבר של מוטמעים לבצל המתפתח. בהשוואה, השננות שאוחסנו בחום פיתחו עלווה עשירה, שמאפשרת צימוח ומקור אנרגיה להתפתחות בצל גדול ורב שננות. נמצא שרמות אנדוגניות של חומצה אבסיסית (ABA) היו גבוהות יותר בניצן הפנימי של שננות שאוחסנו בחום. ביטוי של הגן *AsFT1* עלה בניצן הפנימי ובעלה התשמורת לאחר אחסון השננות בקור. ביטוי של *AsFT4*, המצופה לשמש כאנטגוניסט ל-*AsFT1* נמצא יורד לאחר אחסון בקור. ביטוי של *AsFT2* הקשור בפריחה מסיימת נמצא גם גבוה יותר אחרי אחסון בקור בהשוואה לחום בניצן הפנימי ובעלה התשמורת. יצירה מוקדמת של בצל המושרית על ידי אחסון בקור של חומר הריבוי, גורמת לעיכוב התפתחות העלווה והפיכת המריסטמה הקודקודית למריסטמה רפרודוקטיבית, נראה שהתהליך מווסת על ידי גנים ל-FT.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: תוכנית הביצוע תואמת לתיכנון. מטרות המחקר הושגו. כפועל יוצא ממחקר זה, הוקם מתקן פיילוט עם שני תאים מבוקרי אקלים בחוות הנסיונות של מו"פ ערבה דרומית במהלך מרץ-אפריל 2014. ב-11.5.14, החלה ההרצה של המתקן על מנת לוודא את תקינותו טרם הכנסת השום לריבוי לאחסון בתאים. במקביל גם הוכנסו מכלים לסככה לא מבוקרת בו אוחסן שום לריבוי מסחרי המיועד למכירה ללקוחות של התאגיד, חומר ריבוי ערדום אגשי"ח בע"מ. מתוצאות הפיילוט ניכר ייתרון ברור לאחסון בחום שפותח ונראה שיש מקום ליישמו בסקלה מסחרית.

שום הגינה (*Allium sativum* L) הינו גידול בעל חשיבות עולמית המשמש כתבלין פופולארי, צמח התורם לבריאות (functional food) וכצמח מרפא. בסקר שבוצע על ידי ה-FAO באשר לייצור שום בשנים 1999-2009 נמצאה עלייה של כ-170% בייצור העולמי וכ-200% בישראל (<http://faostat.fao.org> 2011) ומגמה זו נמשכת, בעיקר בשל השימוש הגובר במשקי בית ובתעשייה. בארץ גידלו בשנה האחרונה כ-9,000 טון שום על שטח של כ-11,500 דונם. אולם, כמות זאת אינה מספקת את הביקוש הישראלי, ורוב השום המשווק בארץ מקורו בסין. שום סיני מתאפיין בשננות קטנות בעלות טעם פגום, והצרכן הישראלי מעדיף שום מקומי, שמצטיין בטעמו ובתכולת חומרי הבריאות שבו. בנוסף, ייצור השום, על זניו השונים, מוגבל בעיקר על ידי נגיעות במחלות וירוסים במהלך הגידול. הזנים השונים נפגעים קשות על-ידי מחלות ווירליות, ופגעים בחומר הריבוי הגורמים לפחת במהלך הגידול והאחסון. בשנים האחרונות התקיים פרויקט לניקוי שום מהזן "שני" מוירוסים בשיטת הריבוי המריסטמטי על-ידי רפי סולומון (ז"ל), מרגורי קוך ויואל שיבולת. חומר הריבוי שנוצר במהלך זה, אפשר ייצור של חומר מוצא הנשמר בבתי רשת בתנאים מבוקרים המונעים את אילוחם מחדש. לאחר ריבוי ווגטטיבי של צמחי האם, השננות גודלו בשדות מסחריים הניבו בצלים גדולים ואיכותיים מאלה של השום הרגיל.

פיתוח מותג של שום חופשי מוירוסים דורש מחקר שיאמת את יתרונותיו בגידול, ביבול, בתנובה למ"ק מים ולק"ג דשן, בתכולת החומרים מכילי הגפרית התורמים לטעם ובריאות במוצר הנאכל ובאחסון. ראוי לציין שהטכנולוגיות שפותחו לאחסון שום נועדו לשימור של מראה, טעם, מרקם ואיכות למאכל של מוצר מוגמר, אך מעט ידוע על השפעת האחסון על כושר הגידול של השום לאחר השתילה. תצפית לבחינת ההשפעה של תנאי האחסון לא מבוקרים על חומר הריבוי והתפתחות הצמחים לאחר השתילה, שבוצעה ב-2010 בארץ, הצביעה על פגיעה קשה בכושר הגידול ותנובה של שננות הריבוי. לכן מצאנו לנכון לבחון מעבר לשיטת אחסון מבוקר טמפרטורה ולחות המתאימה ביותר לחומר הריבוי של שום, המיועד לשתילה וייצור מוצר סופי.

במהלך ההבשלה, הבצלים והשננות בתוכם נכנסים לשלב של תרדמה פיסילוגית שבמהלכה לא יבלבו גם בתנאים מיטביים. משך התרדמה מושפע מהזן, תנאי הגידול ותנאי האחסון (Niskanen and Dris, 2005). אחסון בטמפרטורות שבין 10-20 מ"צ מאיץ את הבלבוב וזה שבטמפרטורות נמוכות מ-10 מ"צ ובין 25-30 מ"צ מאט את חלוקת התאים, התארכותם ואת הבלבוב (Brewster, 1994). הבלבוב מלווה בהתרככות השננות, בפגיעה במרקמן, באיבוד משקלן והטעמן. לחות גבוהה מ-85% מעודדת יצירת שורשים שאינה רצויה באחסון (Brewster, 1994). ניתן למנוע או לעכב לבלוב של בצלים על ידי מעכב הבלבוב מלאיק הידרזיד (Brewster, 1987), הניתן בשדה לעלווה הירוקה לקראת התבצלות ונע באופן סיסטמי אל השננות. אולם, הטיפול בשום במלאיק הידרזיד אינו מאושר במרבית ממדינות המערב ובישראל. בארה"ב, בקנדה, בצרפת, באיטליה, ביפן ובארצות אחרות מקובל השימוש בקרינה גרעינית להריסת הניצן הקודקדי ומניעת לבלוב (Orioli et al., 2004; Kwon et al., 1985). וניתן לטפל למטרה זו גם באויר חם או טבילה במים חמים (Cantwell et al., 2003).

שאלת האחסון של שום היא קריטית לצורך פיתוח שרשרת ייצור מסחרי של שום החופשי ממחלות ומוירוסים, אך קיים ידע מועט מאד על אחסון שום למטרת ריבוי. האחסון של מרבית השום היבש נועד להארכת השיווק לצרכן ובדרך כלל בטמפ. של 27-32 מ"צ לשבועות בודדים או ב-0 מ"צ וב-60% לחות

לזמן ממושך של עד 7 חודשים (Niskanen and Dris, 2005). האחסון של בצל השום למאכל נועד למנוע או להאט את לבלוב והתארכות שורשים, את הצטמקות וחלילות השננות, ואת שינוי הצבע ופגעי מחלות. מעט ידוע על השפעתן טכנולוגיות האחסון על איכות חומר הריבוי של השום. בשנים 2010-2011 ניסו מגדלים בערבה הדרומית לאחסון חומר ריבוי של שום בשיטות אחסון מסורתיות (סככה) או שיטות הנהוגות אצל החקלאים בצפון הארץ (קרור ל-15 או ל-2 מ"צ), אך התוצאות היו הרות אסון. כמעט מחצית השננות היבול, אף שהיה מתאים למאכל, לא התאים לריבוי ושננות שנשתלו לאחר האחסון זה לא השתרו ולא נבטו באופן תקין. כשלון זה הביא להבנה שנדרש מחקר מקצועי לבחינת שיטת האחסון המתאימה לשום המיועד לריבוי בתנאי ישראל.

המטרה הכללית של המחקר: פיתוח שיטה מבוקרת לאחסון חומר ריבוי של שום חופשי מוירוסים, בערבה דרומית, תוך ניצול טמפרטורת הסביבה, להגברת התנובה של שום ישראלי איכותי.

המטרות הספציפיות:

1. אופטימיזציה של מאזן מים והחנקן בתהליך ייצור חומר הריבוי בתנאי ערבה דרומית
2. פיתוח פרוטוקול אסיף ואחסון לחומר הריבוי
3. בחינת השפעת תנאי אחסון של חומר הריבוי על ההשתרשות, אחידות ועצמת הבלבוב והייבול סופי של הצמחים הנוצרים לאחר שתילת חומר הריבוי המאוחסן
4. אפיון היבטים של פיזיולוגיה, אנטומיה וביוכימיה של יציאה מתרדמה ולבלוב שננות השום בתנאי אחסון שונים

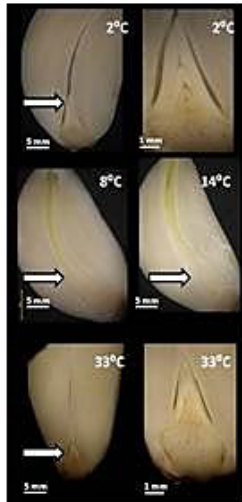
פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר

1. מורפולוגיה ואנטומיה של השננות בתנאי אחסון שונים

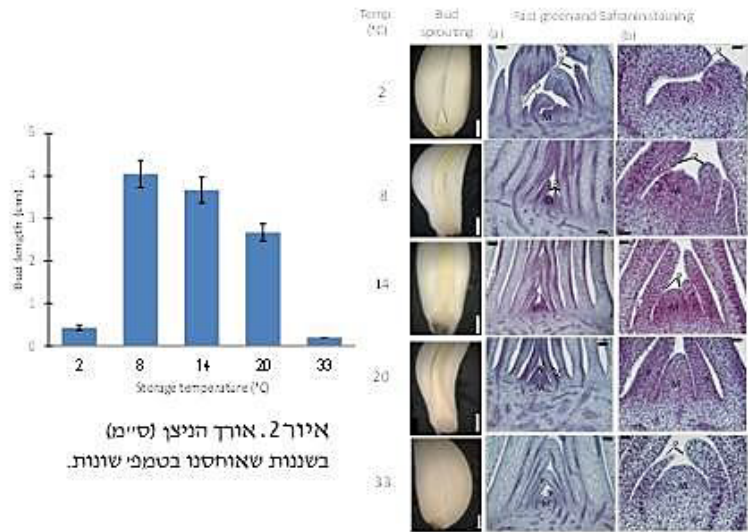
גידול ואחסון. שום מהזן "שני" נשתל וגודל בשטחי ניסוי במו"פ ערבה הדרומית, לפי פרוטוקול הגידול המסחרי של שום. לאחר האסיף במאי 2012, הבצלים יובשו ואוחסנו במחלקה לאחסון במכון וולקני. טמפ' האחסון היו: 2, 8, 14, 20, 33, 40 מ"צ. בתום 4.5 חודשי אחסון הבצלים פורקו ובאוקטובר 2012-2014 השננות נשתלו בחלקות ניסוי במו"פ ערבה דרומית, ב-3 חזרות מכל טיפול טמפ', במבנה של בלוקים באקראי. בנוסף נערכו ניסויים בעציצים בבית רשת במכון וולקני. בניסוי זה, לאחר האחסון ב-2 ו-33 מ"צ נשתלו 6 שננות בעציץ (8 עציצים לכל טיפול). כל עציץ שימש למועד דיגום אחר. מועדי הדיגום נערכו בשבועיים הראשונים, ולאחר כל שבוע ובהמשך נדגמו בהפרשים של שבועיים.

היסטולוגיה. הרקמה הצמחית עברה קיבוע במשך שלושה ימים לפחות ב- FAA (formaldehyde 10%, acetic acid 5%, ethanol 50%). הדוגמאות טופלו ע"פ השיטה המתוארת ב- Teper-Bamnlker 2010, עם שינויים קלים. לאחר קיבוע הרקמות, נעשתה דה-הידרציה בריכוזים עולים של אתנול (25, 50, 75, 100%, 95% ולבסוף 100% היסטוקליר וקיבוע בפרפין. צביעת הרקמות נעשתה על חתכים של הניצן הפנימי בשננות, בעובי של 12 מיקרומטר שנחתכו במיקרוטום. החתכים המוכנים הונחו על זכוכיות נושא, עברו רה-הידרציה ונצבעו ב- Safranin (w/v) 1% ולאחר מכן ב- Fast Green (w/v) 0.2%. החתכים עברו דה-הידרציה בריכוזים עולים של אתנול. זכוכית מכסה הוצמדה לחתכים ע"י דבק, Permount (Fisher scientific Leicestershire,UK). דוגמאות נבחנו וצולמו בהגדלה בין 16-409, בפילטר רגיל (BF-bright field) במיקרוסקופ אור Leica.

תוצאות. בעונה 2012-2013 שננות שאוחסנו בטמפי: 2, 8, 14, 20, 33 מ"צ לשלושה חודשים הראו הבדלים דרמטיים באורך ושלבים התפתחותיים הניצן המרכזי (איור 1).



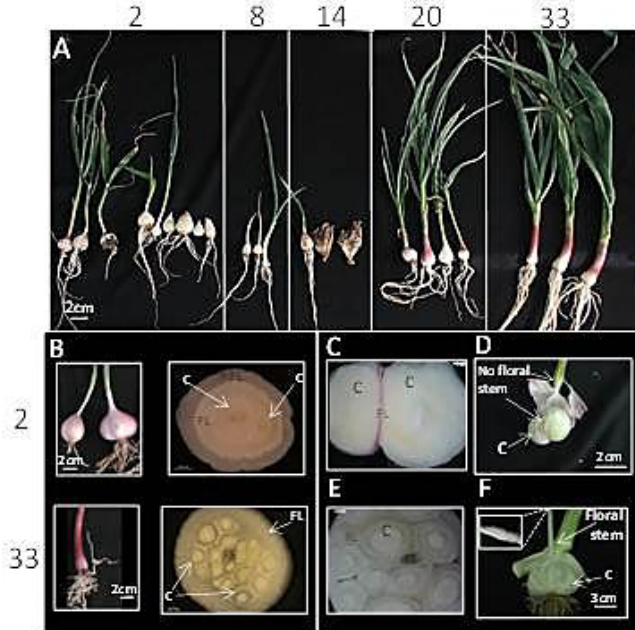
איור 1. מבנה מורפולוגי של שננות שום ישני לאחר 3 חדשי אחסון בתנאים שונים.



איור 2. אורך הניצן (ס"מ) בשננות שאוחסנו בטמפי שונות.

איור 3. מבנה אנטומי של שננות שום ישני לאחר 3 חדשי אחסון בטמפרטורות שונות. העמודה השמאלית מראה את ההבדלים בהתפתחות הניצן. סרגל המידה 0.5 ס"מ. העמודה המרכזית והימנית מציינות חתכים היסטולוגיים של השננות. סרגל המידה מייצג 200 ו-50 מיקרומטר, בהתאמה. M- מריסטמה, P- פרימורדיה של עלים

Storage temperatures, °C



איור 4. השפעת טמפרטורת האחסון על התפתחות צמחי שום לאחר השתילה. הצמחים אוחסנו במינהל המחקר החקלאי, בבית דגן, ל-4 חדשים ונשתלו באוקטובר 2012 בחלקת ניסוי מוי"פ ערבה דרומית. A. צמחי השום בינואר 2013, לאחר 3-חודשי גידול בשדה. B. מראה הבצל וחותך רוחבי בהתבצלות מוקדמת (ב-2 מ"צ) לעומת איחור בהתבצלות (ב-33 מ"צ). ניצנים צדדיים רבים מתפתחים כחיקי עלים בצמח שמקורו בשננה שאוחסנה ב-33 מ"צ. C-F. מורפולוגיה של בצלים לאחר כחמישה חודשי גידול, מרץ 2013. האחסון ב-2 מ"צ של חומר הריבוי גרם להתבצלות מהירה בשדה, ללא התמיינות של אברים רפרודוקטיביים במריסטמה הקודקודית. לעומת זאת, האחסון ב-33 מ"צ גרם להתמיינות של גבעול פריחה בשננות רבות.

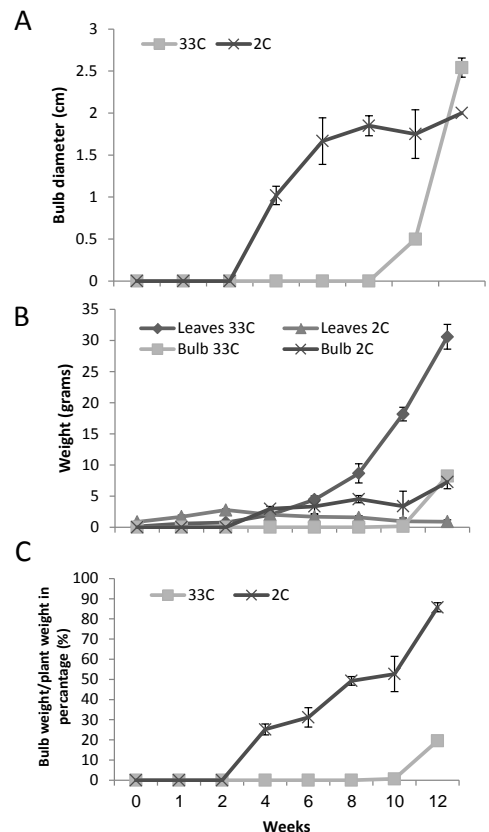
נמצא כי עיכוב צמיחת הניצן יעיל בטמפי' נמוכה (2 מ"צ) או גבוהה (33 מ"צ) ולא צמח לאורך של יותר מ 0.5 ס"מ בממוצע. אורך הניצן באותו פרק זמן בין 4-2.6 ס"מ בשאר הטמפרטורות, (איור 2, 3) כשהטמפי' שגרמה להתארכות מירבית היתה 8 מ"צ. כמו כן נראה כי העלים הפרימורדיאלים, בתוך הניצן, נראים מעובים ובשרניים יותר בטמפי' המעכבות את הצמיחה (2 מ"צ ו 33 מ"צ), לעומת העלים הצרים והמאורכים יחסית בטמפי' האחרות שנבדקו. גם מריסטמת הניצן בטמפי' 20, 14, 8 מ"צ נראתה מאורכת בעוד שבטמפי' 2 מ"צ ו 33 מ"צ, המריסטמה שטוחה או לכל היותר מעוגלת קלות (איור 3).

לאחר תקופת אחסון של כ- 4.5 חודשים בטמפי' השונות, נשתלו השננות בחלקת ניסוי בערבה הדרומית באוקטובר 2012. לאחר שלושה חודשי גידול נצפו הבדלים דרמטיים בהתפתחות הצמח (איור 4). ניתן לראות בבירור כי הצמחים אשר התפתחו משננות שאוחסנו בטמפי' נמוכה (2 מ"צ) התבצלו בשלב מוקדם, בעוד שצמחים שהתפתחו משננות שאוחסנו בטמפי' גבוהה (33 מ"צ) לא פיתחו בצל גם לאחר שלושה חודשי גידול. בנוסף, ניתן לראות כי העלווה שהתפתחה משננות שאוחסנו בטמפי' נמוכות, הייתה דלה או לא התפתחה כלל (איור A4)

האחסון בטמפי' של 2 מ"צ גרם גם למיעוט ניצנים, המתפתחים בהמשך לשננות, לעומת אחסון בטמפי' של 33 מ"צ שגרם לריבוי שננות. שום מהזן "שני", מוכר כזן אשר מפתח עמוד תפוח ללא פרחים, במקומו מתפתחים בין 3-1 בצלצולים בקצה עמוד התפוח. בעוד שכל הצמחים (100% מהנבדקים), שהתפתחו אחרי אחסון השננות ב- 33 מ"צ, צימחו עמוד תפוח משמעותי, באורך ממוצע של 16.5 ס"מ, צמחים שהתפתחו לאחר אחסון ב 2 מ"צ לא פיתחו עמוד תפוח ומיעוטם (כ-10% פיתחו עמוד תפוח דק וקצר (פחות מ- 5 ס"מ)).

טבלה 1. נתוני התפתחות צמחי שום "שני" לאחר אחסון ב-2 ו-33 מ"צ למשך 3 חודשים. הצמחים נשתלו באוקטובר 2012 בחלקת ניסוי מו"פ ערבה דרומית. מדידות באפריל 2013.

Parameter	Storage temperature	
	2°C	33°C
Leaf number	9±0,2	9±0,2
Plant height, cm	42±1,3	79±3,5
Bulb weight, gr	30±2,9	128±14,1
Clove number	10±1,2	20±2,0
Bulb diameter, cm	4±0,2	7±0,2

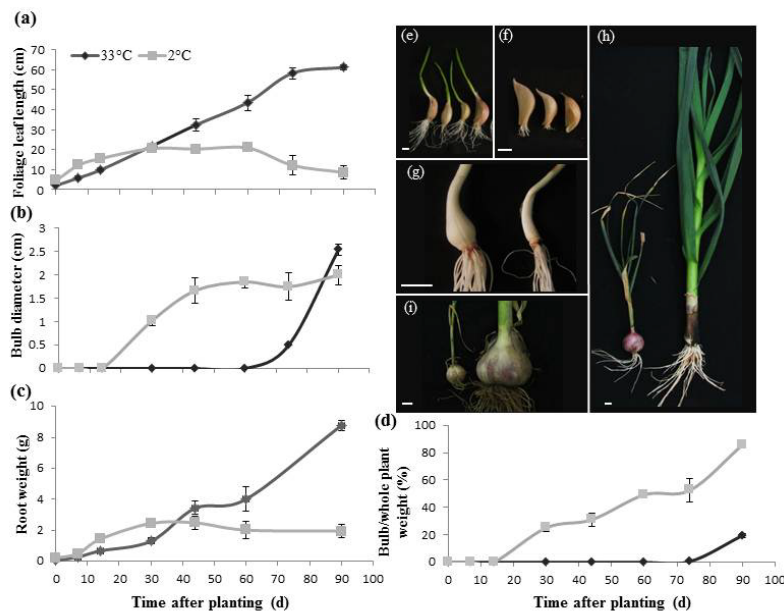


איור 5. השפעת טמפרטורה האחסון של חומר ריבוי על התפתחות צמחי שום "שני" לאחר השתילה.
A. קוטר הבצל;
B. משקל העלווה ומשקל הבצל;
C. היחס בין משקל הבצל למשקל הכללי של הצמח

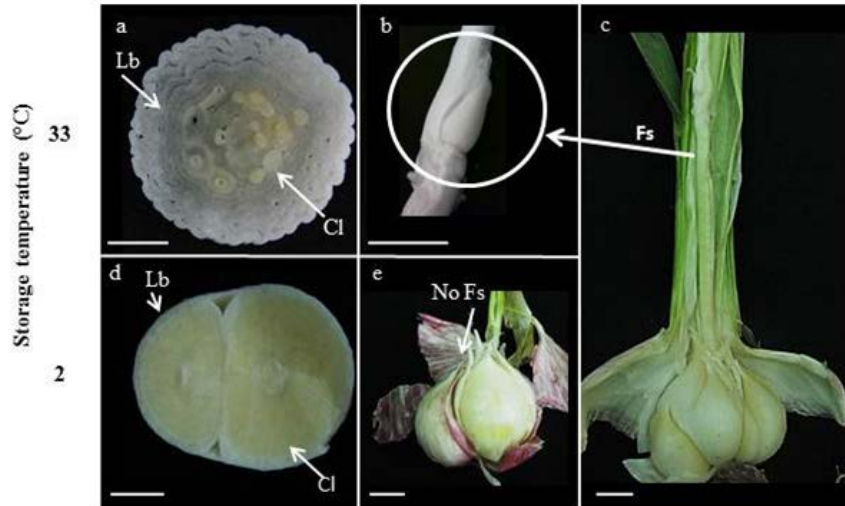
בשלושת עונות הגידול שנבחנו (2010/2011, 2013/2012, 2013/2014) משקל וגובה הצמח היו גדולים יותר באופן בולט בצמחים שאוחסנו ב- 33 מ"צ לעומת 2 מ"צ (טבלה 1). בנוסף משקל וקוטר הבצל ומספר השננות היו גדולים יותר בצמחים שמקורם באחסון ב- 33 מ"צ לעומת 2 מ"צ. לא נצפה הבדל במספר העלים שהתפתחו לאחר שני טיפולי האחסון.

גידול צמחים במיכלים בבית רשת במרכז וולקני, נמצא כי קוטר הבצל בצמחים שאוחסנו ב 2 מ"צ, מגיע להתיצבות כבר בשבוע השישי לגידול, קוטר הבצל מצמחים שאוחסנו ב 33 מ"צ המשיך לגדול במועד זה כפי שנמדד עד מעבר לשבוע ה- 12 (איור A5). זאת ועוד, משקל העלים שצמחו משננות שאוחסנו ב- 2 מ"צ הלך ופחת בערך מהשבוע ה- 4 לעומת עליה חדה, החל מאותו מועד, במשקל העלים שצמחו משננות שאוחסנו ב- 33 מ"צ (איור 3B). בנוסף, בעוד שמשקל הבצל מ- 2 מ"צ מתייצב בשבוע ה-4, במשקל נמוך יחסית (3-7 גר'), משקל הבצל מאחסון ב- 33 מ"צ החל לעלות רק לאחר השבוע ה- 10 (איור 3B). בהתייחסות ליחס המשקלי שנוצר בין הבצל לכלל הצמח, כבר בשבוע ה-12 הגיע הבצל לכ-90% ממשקל בצמח שמקורו באחסון ב- 2 מ"צ. לעומת זאת באותו השבוע, בצמחים שאוחסנו בטמפרטורה הגבוהה, הבצל הגיע לכ- 20% בלבד ממשקל הצמח הכולל (איור 3C).

בעונה 2013-2014 שננות שאוחסנו בטמפ' : 2 ו-33 מ"צ למשך 150 ימים, נשתלו בשדה בחלקות, במבנה של בלוקים באקראי. שלושים יום לאחר השתילה, אורך העלים של שננות שאוחסנו ב- 2 מ"צ הגיע ל- 20 ± 1.85 ס"מ ואז הלך והתקצר עקב כמישה. לעומתו שננות שאוחסנו ב- 33 מ"צ גידלו עלווה בקצב אחיד עד להתיצבות לאחר 90 יום באורך של 61 ± 1.46 ס"מ (איור 6). התפתחות בצל נצפתה, בצמחים שמקורם מאחסון ב- 2 מ"צ, כבר לאחר 30 יום והבצל הגיע לשיא גודלו לאחר 40 יום משתילה. בתקופה דומה לא נצפתה הווצרות בצל בצמחים שמקורם ב- 33 מ"צ. התבצלות נצפתה רק לאחר 60 יום משתילה ועלתה בהדרגה עד ליום ה- 90 (איור 6). במפתיע בנוסף להבדל בצימוח, לפחות 90% מהשננות שאוחסנו בקור, פיתחו בשדה או בבית הרשת עמוד פריחה, בעוד שלא ניתן היה לזהות עמוד פריחה בצמחים שמקורם באחסון בחום (איור 7).



איור 6. השפעת אחסון קר (2 מ"צ) לעומת חם (33 מ"צ) של שננות, במשך 180 ימים, על השלבים הראשונים בהתפתחות צמח שום. (e+f) לבלוב שננות 7 ימים לאחר השתילה; (g, h and i) 30, 120 ו-150 ימים אחרי שתילה; הצמח השמאלי מייצג אחסון קר והימני חם



איור 7. השפעת אחסון קר (2 מ"צ) לעומת חם (33 מ"צ) של שננות על מבנה הבצל ועמוד הפריחה של צמחי שום הגדלים בשדה. השננות נשתלו אחרי 150 ימי אחסון ב- 33 מ"צ (a-c) ו 2 מ"צ (d, e). (a) ו- (d) 120 ימי צמיחה בשדה; (b) (c) ו- (e) 150 ימי צימוח בשדה. סרגל המידה = 1 ס"מ. Lb = בסיס העלה; Cl = שגנה; Fs = עמוד פריחה.

2. השפעת הייבוש של הבצלים ופרוקם לשננות על כושר האחסון ואיכות חומר הריבוי בתום האחסון

שום מהזן "שני" נשתל וגודל בשטחי ניסוי במו"פ ערבה הדרומית, בהתאם לפרוטוקול הגידול המסחרי של שום. האסיף של הבצלים בוצע בשני שלבי התפתחות: (1) עלווה ירוקה, שנחתכה לאחר עקירת הצמח (2) וכמישה והתיבשות מלאה של העלווה בשדה, לאחר עקירה וייבוש בשדה. במאי 2013, הבצלים מהטיפולים השונים הועברו לאחסון מבוקר במחלקה לאחסון במכון וולקני. חלק מהבצלים פורקו לשננות בתחילת האחסון. טמפי' האחסון היו: 2 ו-33 מ"צ בלחות יחסית נמוכה שבין 45 ל-60%.

בתום 5.5 חודשי אחסון, באוקטובר 2013, הבצלים פורקו לשננות, ו נשתלו בחלקות ניסוי במו"פ ערבה דרומית, ב- 3 חזרות מכל טיפול המייצג שילוב של מצב עלווה באסיף/טמפי' אחסון ואיבר צמחי מאוחסן (בצלים/שננות), במבנה של בלוקים באקראי. במהלך הגידול ובמועד האסיף, ב-מאי 2014, נמדד היבול הכללי, מספר בצלים וגודלם (נקבעו שרירותית ארבע קטגוריות גודל: עד 50, 50-75, 75-95, ומעל 95 גרם). בנוסף נערך ניסוי גידול בעציצים, בתום 5.5 חודשי אחסון, בבית רשת במכון וולקני. בניסוי זה, לאחר האחסון ב-2 ו-33 מ"צ נשתלו 6 שננות בעציץ (8 עציצים לכל טיפול). כל עציץ שימש למועד דיגום אחר. מועדי הדיגום נערכו בהפרשים של כשבועיים במהלך הגידול כולו.

תוצאות. בדומה למתואר בדו"ח שנה א', לאחר כשלושה חודשי גידול נצפו הבדלים דרמטיים בהתפתחות הצמח. הצמחים אשר התפתחו משננות שאוחסנו בטמפי' נמוכה (2 מ"צ) התבצלו בשלב מוקדם, בעוד שצמחים שהתפתחו משננות שאוחסנו בטמפי' גבוהה (33 מ"צ) לא פיתחו בצל גם לאחר שלושה חודשי גידול (טבלה 2). בנוסף, העלווה שהתפתחה משננות שאוחסנו בטמפי' נמוכות, הייתה דלה או לא התפתחה כלל.

האחסון בטמפי' של 2 מ"צ גרם גם למיעוט ניצנים, המתפתחים בהמשך לשננות, לעומת אחסון בטמפי' של 33 מ"צ שגרם לריבוי שננות. בהיבט היבול שהתקבל נראה שרק לטמפרטורת האחסון היתה השפעה דרמטית, בעוד שלטיפולי הייבוש לפני אסיף, או פרוק הבצלים לפני אחסון לא היתה השפעה.

טבלה 2: השפעת תנאי האחסון על נתוני יבול של שום במו"פ ערבה דרומית ב- 2013-2014

טיפול אחסון	עומד צמחים מ"ר	יבול כללי ק"ג/מ"ר	בצלים עד 50 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 50-75 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 75-95 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים מעל 95 גרם ק"ג/מ"ר
Green Bulb 2°C	13.097 ב	0.233 ב	0.231 א	0.000 ב	0.002 ג	0.000 ב
Green Bulb 33°C	24.701 א	2.126 א	0.121 אב	0.396 א	0.530 ב	1.079 א
Dry Bulb 2°C	4.204 ג	0.054 ב	0.054 ב	0.000 ב	0.000 ג	0.000 ב
Dry Bulb 33°C	24.240 א	2.123 א	0.081 ב	0.455 א	0.670 א	0.917 א
Dry Cloves 2°C	4.210 ג	0.054 ב	0.050 ב	0.000 ב	0.000 ג	0.004 ב
Dry Cloves 33°C	24.821 א	2.056 א	0.120 אב	0.428 א	0.617 אב	0.891 א

* מספרים המלווים באותיות זהות אינם נבדלים סטטיסטית במובהקות של 0.05.

** עומד צמחים חושב לפי ספירה של בצלי שום בהיקף השטח שנבדק. עומד מתוכנן: 27 צמחים למ"ר.

3. ההשפעת טמפרטורת האחסון על רמתם של הורמונים מעכבי\מעודדי צימוח

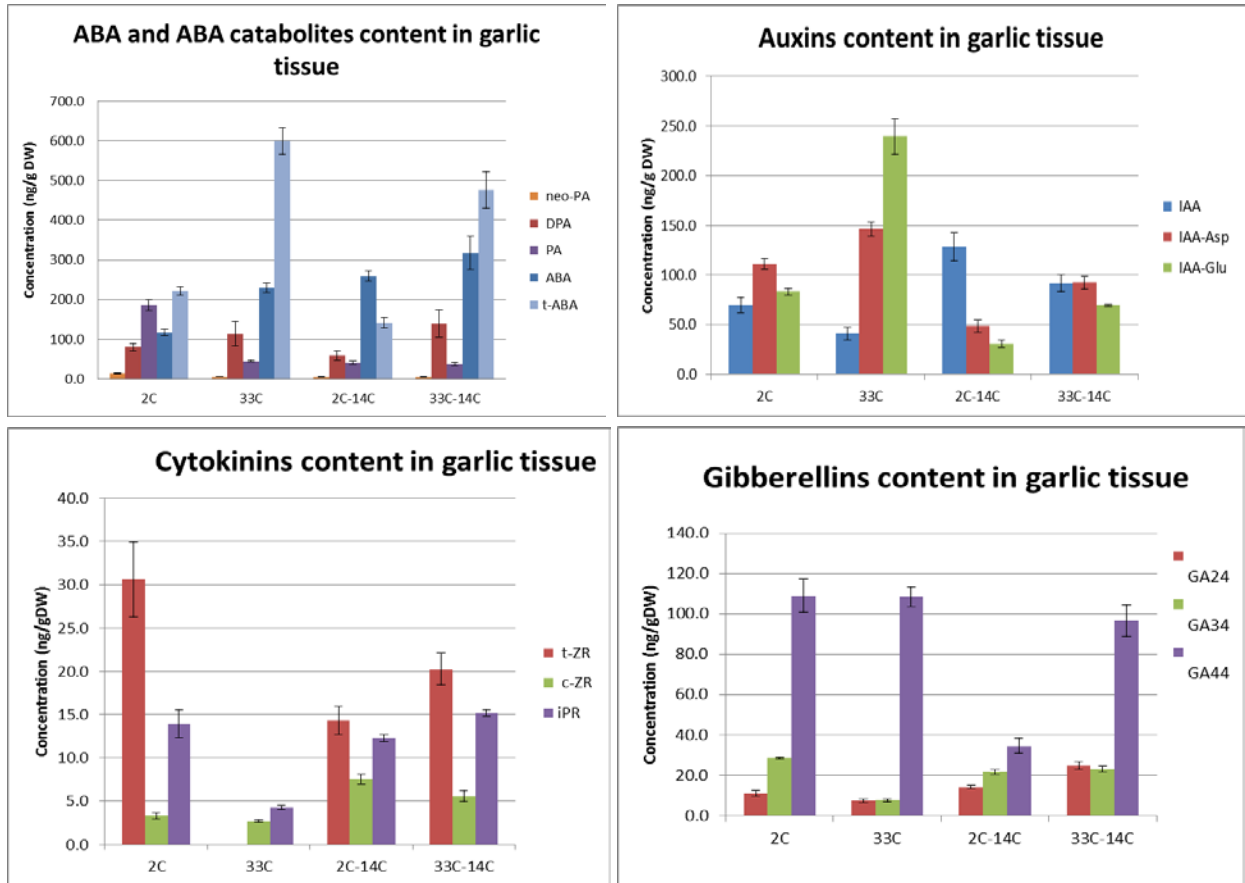
לאחר 120 ימי אחסון ב- 2 ו- 33 מ"צ, הבצלים פורקו לשננות מקולפות. בתוך כל שנה הופרדו עלי התשמורת מבסיס הנבט והוקפאו בחנקן נוזלי. לאחר ליאופיליזציה וטחינה נשמרו בהקפאה. הורמונים אנדוגניים והמטבוליטים שלהם זוהו וכומתו ב- National Research Council of Canada Plant

(Saskatoon, SK, Canada) Biotechnology Institute תוך שימוש ב- UPLC-ESI-MS/MS.

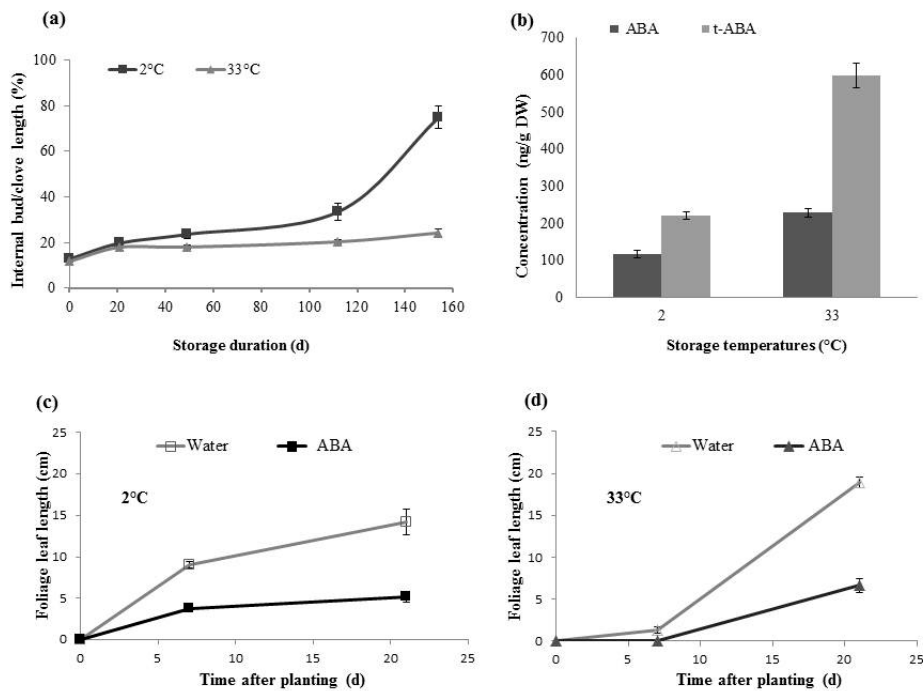
טיפול אקסוגני בחומצה אבסיסית (ABA): לאחר 150 ימי אחסון ב- 2 ו- 33 מ"צ, הבצלים פורקו לשננות מקולפות. השננות נטבלו למשך 24 שעות במיים או ABA בריכוזים שונים. לאחר הטיפול נשתלו השננות בעציצים בבית רשת, במכון וולקני. כל טיפול הכיל 10 שננות בשלוש חזרות (סה"כ 30 שננות).

תוצאות. כדי לנסות ולאתר את הגורם המשותף המביא לעיכוב מוגבר בצימוח הניצן בעת חשיפת השננה להדגרה ב- 33 מ"צ לעומת 2 מ"צ, ביצענו אנליזה של רמות ההורמונים: גייברלין, אוקסין, ציטוקינין וחומצה אבסיסית (ABA) (איור 8). ההבדל המובהק היחיד נמצא ברמת ה- ABA בניצן הפנימי אחרי 120 יום של אחסון בשתי הטמפרטורות. רמת ה- ABA והאיזומר הלא פעיל שלו טרנס- ABA (t-ABA) היו גבוהים במובהק בניצן הפנימי של שננות שאוחסנו ב- 33 מ"צ בהשוואה לשננות, מאותה אצווה, שאוחסנו לפרק זמן דומה ב- 2 מ"צ. תוצאה זאת מצביעה על מעורבות אפשרית של ABA בעיכוב המוגבר המושרה ע"י הדגרה ב- 33 מ"צ והדבר הוביל אותנו בהמשך לבחינה של השפעתה של תוספת חיצונית של ABA לשננה.

לאחר אחסון במשך 150 ימים, השננות נטבלו במיים, 5, 50, או 500 מיקרומולאר של ABA, 24 שעות לפני שתילה. הריכוז הגבוה ביותר שיושם עיכב במובהק את ההצצה וצימוח העלווה בצמחים שמקורם בהדגרה ב- 2 או 33 מ"צ (איור 9). לריכוזים הנמוכים של ABA (5 ו- 50 מיקרומולאר) לא נמצאה השפעה מעכבת מובהקת.



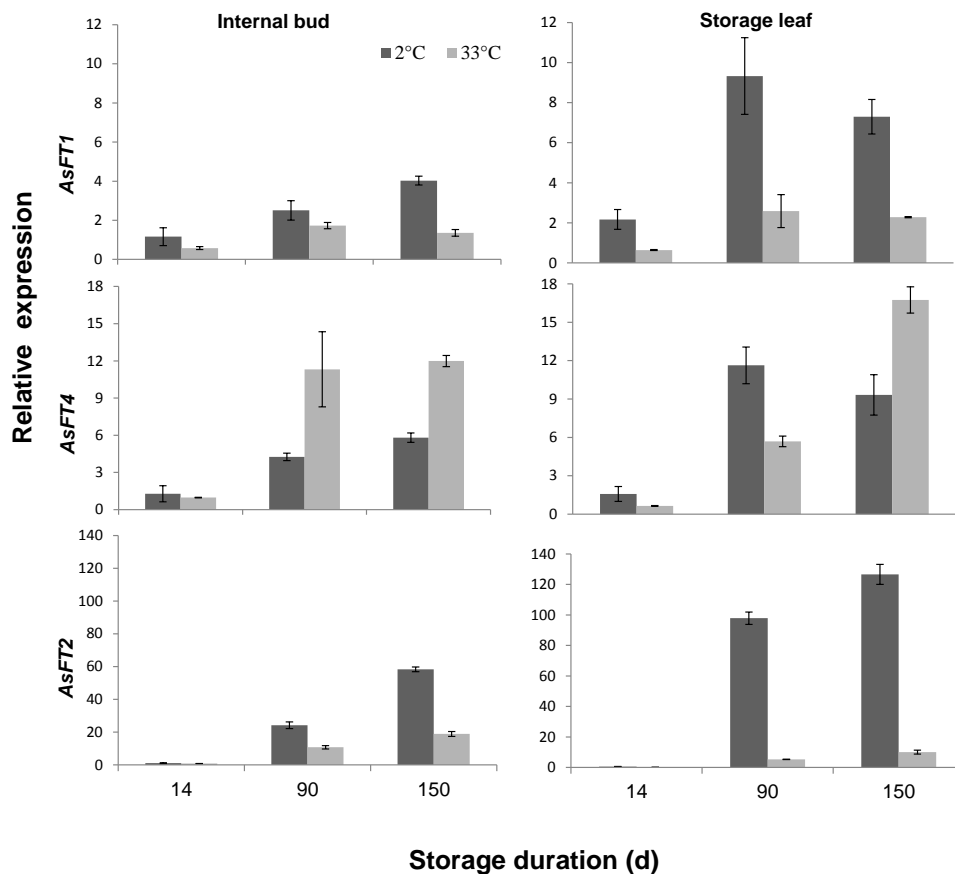
איור 8. כלל מדידות ההורמונים שבוצעו לשננות השום לאחר 120 ימי אחסון בטמפרטורות 2 ו 33 מ"צ (2°C, 33°C) וכך השפעת העברה, בתום האחסון, ל- 8 ימים ב- 14 מ"צ (2°C-14°C, 33°C-14°C)



איור 9. השפעת אחסון קר (2 מ"צ) לעומת חם (33 מ"צ) על קצב הצימוח של הניצן הפנימי בשנה, רמת ABA אנדוגנית והשפעת הוספה חיצונית של ABA. (a) היחס בין אורך הניצן לאורך השנה במשך האחסון; (b) רמות אנדוגניות של ABA ו-t-ABA בניצן הפנימי; (c+d) השפעת הוספה חיצונית של 500 מיקרומואלר ABA.

4. השפעת טמפרטורת האחסון על ביטוי הגנים (FT) FLOWERING LOCUS T

ביטוי הגנים ל-FT נבחן במהלך אחסון בטמפרטורות שונות באנליזת qRT-PCR. ביטוי גבוה יותר של FT1 של שום (AsFT1), אחרי 90 ו-150 ימי אחסון בקור, עד רמה של בין פי 2.5 ופי-4.5 בניצן הפנימי ובעלה התשמורת העוטף אותו בהתאמה, זאת בהשוואה לאחסון בחום (איור 10). באופן כללי ניתן לומר שההבדל בביטוי הגן AsFT1 בין האחסון בחום לקור היה בולט יותר בעלה התשמורת לעומת רקמת הניצן. ביטוי הגן AsFT4 המצופה לפעול כאנטגוניסט ל-AsFT1 (Lee et al., 2013), היה פי 3-2 נמוך יותר בניצן באחסון בקור (איור 10). עלי התשמורת הראו תגובה מורכבת יותר: אחסון בקור השרה ביטוי גבוה יותר של הגן ב-90 ימי האחסון הראשונים, אך אחסון ממושך בחום העלה דרמטית את ביטוי של הגן AsFT4. הגנים AcFT1 ו-AcFT4 ידועים בבצל כמוסתי התבצלות, לעומת FT2 נמצא מווסת פריחה בקנה סוכר ובצל (Lee et al., 2013; Pin et al., 2010). במחקרנו נמצא שההומולוג בשום, הגן AsFT2, מתבטא פי 2-3 ו-פי 10-12 באחסון בקור, בהשוואה לחום, בניצן הפנימי ובעלה התשמורת בהתאמה (איור 10).

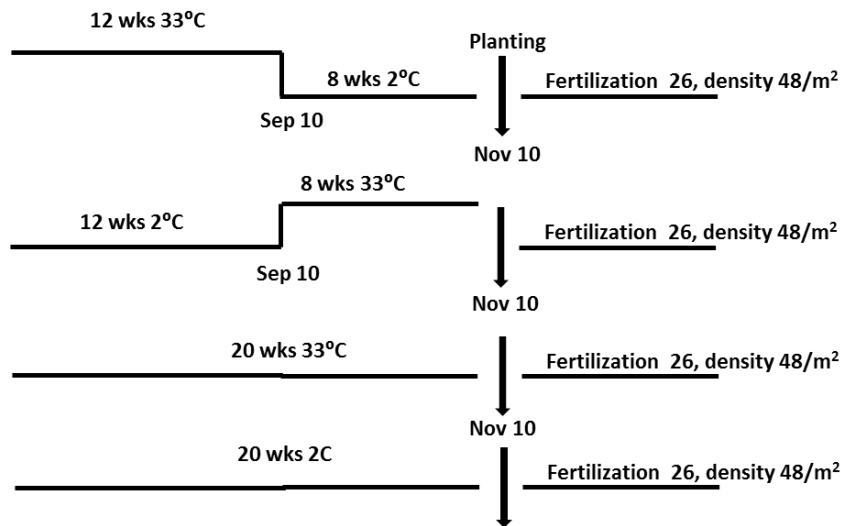


איור 10: ביטוי הגנים (AsFT) FLOWERING LOCUS T בבצלי שום (*Allium sativum*) באחסון בקירור לעומת חימום. ניצנים פנימיים ועלי תשמורת נדגמו בנפרד מבצלי שום שאוחסנו ב-2 מ"צ לעומת 33 מ"צ בחושך, במשך 14, 90 ו-150 ימים ועברו אנליזה ב-qRT-PCR. הנתונים מייצגים ממוצע של 3 חזרות עם שגיעת תקן. רמות הביטוי נורמלו בהשוואה לגן לאקטיין בשום.

5. השפעת תנאי אחסון בצלים על איכות היבול לאחר גידול בשדה

בשל ההבדל הדרמטי בין אחסון בקרור לאחסון בחימום בתהליך הגידול בשדה, במבנה האנטומי של הצמח וביבול הסופי הוחלט לבחון שילוב בין שיטות האחסון. המטרה בניסוי זה לכוון באמצעות השילוב בין הטמפרטורות את מספר השננות לבצל ואת גודלן. בגישה זו ניתן לגדל חומר ריבוי (שננות קטנות ומרובות) או מוצר לשיווק קמעונאי (שננות גדולות).

בניסוי זה בוצעו ארבעה טיפולים עיקריים שכללו החלפה של טמפרטורת האחסון לאחר 12 שבועות למשך עוד 8 שבועות בשניים מהטיפולים, בהשוואה לחימום רציף או קרור רציף במשך 20 שבועות (איור 11). תוצאות הייבול הצביעו על ייבול גבוה עם בצלים גדולים בכל הטיפולים שהסתיימו בלפחות 8 שבועות ב- 33 מ"צ לעומת טיפולים שהסתיימו בקרור בהם התקבלו בצלים קטנים יחסית (טבלאות 3, 4 ואיור 12). סיום הטיפול בקרור הקטין לעומת זאת את מספר השננות עד לקבלת בצלים כדוריים עם שנה אחת בלבד, זאת לעומת ריבוי שננות בטיפולים שהסתיימו בלפחות 8 שבועות ב- 33 מ"צ (טבלאות 3, 4 ואיור 12).



איור 11: תכנית ניסוי לאופטימיזציה של טמפרטורת אחסון בצלי שום. הניסוי נעשה בארבע חזרות

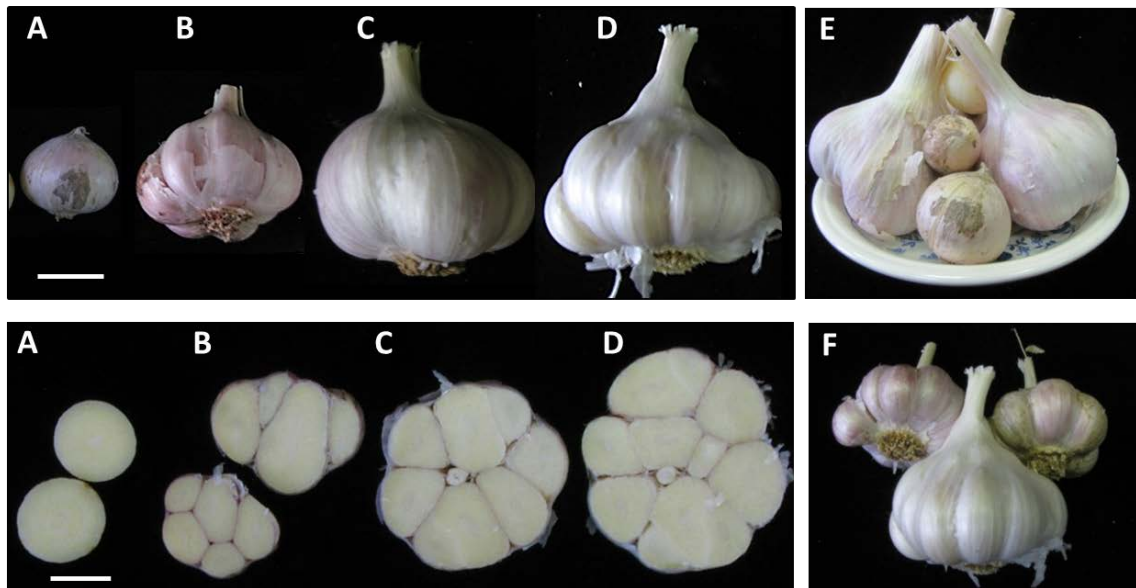
טבלה 3: השפעת תנאי האחסון על נתוני יבול

טיפול אחסון	עומד צמחים מ"ר	יבול כללי ק"ג/מ"ר	בצלים 0-10 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 10-20 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 20-50 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 50-75 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 75-95 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים מעל 95 גרם ק"ג/מ"ר
33 מ"צ- 12 שבועות, 2 מ"צ - 8 שבועות	23.279	0.751	0.002	0.046	0.614	0.086	0.001	0.002
2 מ"צ - 12 שבועות, 33 מ"צ - 8 שבועות	21.458	1.178	0.000	0.000	0.203	0.680	0.235	0.060
33 מ"צ 20 שבועות	23.009	1.599	0.000	0.000	0.092	0.851	0.444	0.212
2 מ"צ 20 שבועות	19.243	0.115	0.086	0.018	0.001	0.002	0.000	0.008

מספרים המלווים באותיות זהות אינם נבדלים סטטיסטית במובהקות של 0.05.

טבלה 4: השפעת תנאי האחסון על מדדי צימוח

ממוצע שנות לבצל מספר	קוטר בצל ממוצע מ"מ	משקל בצל ממוצע גרם	טיפול אחסון
5	47.52	32.1	33 מ"צ-12 שבועות, 2 מ"צ - 8 שבועות
12	62.87	80.2	2 מ"צ - 12 שבועות, 33 מ"צ - 8 שבועות
18	63.62	87.6	33 מ"צ 20 שבועות
1	23.19	7.4	2 מ"צ 20 שבועות



איור 12: השפעת טמפרטורת האחסון, טרום שתילה על הגודל והמבנה האנטומי של הבצל הנוצר בשום מהזן "שני". A, 2 מ"צ במשך 20 שבועות; B, 33 מ"צ 12 שבועות ומעבר ל- 2 מ"צ למשך 8 שבועות; C, אחסון ב- 2 מ"צ במשך 12 שבועות ומעבר ל- 33 מ"צ למשך 8 שבועות; D, אחסון ב- 33 מ"צ במשך 20 שבועות

6. אופטימיזציה של מאזן מים וחנקן בתהליך ייצור חומר הריבוי בתנאי ערבה דרומית

בעונה 2012-2013 אופיינו מאזני מים וחנקן בניסוי ליזימטרים במו"פ ערבה דרומית. שום נזרע ב-22.10.12 בעומד חקלאי מקובל של 48 שנות למטר ערוגה במתקן קיים הכולל מערך אוטומטי וממוחשב של 14 ליזימטרים בתעלה, ובשדה מסביב הכולל 16 ערוגות באורך של כ-19 מטר. שילובים של שתי רמות השקיה (70 ו-100%, מרמת ההשקיה המשקית המקובלת) ו-3 רמות חנקן (17, 24 ו-30 ק"ג צרוף), נבחנו בחלקת ניסוי במו"פ. במהלך הגידול בוצעו מדידות עיתיות של התאדות (אופו-טרנספירציה), מאזני מים, ריכוזי חנקן בעלים ובקרקע, קצב גידול הצמחים ומידת ההתפצלות הבצלים והגבעול בכל ליזימטר ובשדה ליד. השום בליזימטרים בתעלה נאסף ב-20.5.13, ובשדה ליד ב-26.5.13.

בחינה של רמות היבול, המבוטאות במשקל הבצלים, הראתה כי לא הייתה השפעה משולבת של שני גורמי הניסוי על היבול והתפלות גודל הבצל. כמו-כן, לא נמצאו הבדלים משמעותיים ביבול בין שתי רמות ההשקיה. רמת היבול בצמחים שהושקו ברמת השקיה 100% הייתה 1.53 ו-1.64 ק"ג/מ"ר ברמות דיסון 24 ו-17 ק"ג חנקן צרוף, בהתאמה. היבול בצמחים שדושנו ב-30 יח' חנקן צרוף בשתי רמות ההשקיה היה נמוך באופן מובהק משתי רמות החנקן הנמוכות. תכולת החנקן בעלים נמדדה שבוע לאחר הפסקת הדיסון (תחילת מרץ). רמת ההשקיה לא השפיעה על תכולת החנקן בעלים. אולם הבדלים מובהקים נמצאו לגבי

רמות החנקן במי ההשקיה (חצי אחוז) יותר של חנקן בעלים בטיפול 30 יח' חנקן צרוף, בהשוואה לטיפול 17 יח' חנקן צרוף).

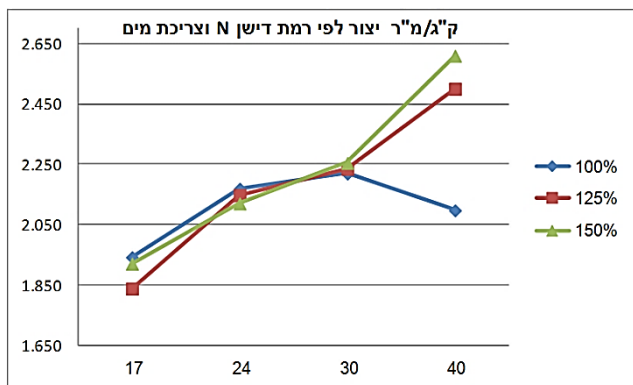
במאזני מים שבוצעו בליזימטרים הטמועים התגלו יחסים לינאריים בין יכול לבין האופוטורנספירציה המצטברת. באופן כמותי, פונקציית היצור הביומאסה היתה 50 סמ"ק של שימוש במים לכל גר' של בצל. מאזן חנקן מלא המחשב את כמות החנקן שנקלטה על ידי הצמחים הראה על יעילות קליטה של 2 מ"ג יכול על כל גר' חנקן שנקלט. בעקום התגובה של משקל צמח בודד לרמות חנקן צרוף נראה שהרמה האופטימאלית של החנקן הצרוף מצויה סביב 30 יחידות חנקן לעומת זו של השדה הסמוך בסך 17-24 יחידות N.

לאור הסתירה שנמצאה בין ניסוי השדה לבין ניסוי הליזימטרים, הוחלט לבצע ניסוי שדה נוסף שבו יבחן תחום רחב יותר של חנקן צרוף בשלוש רמות השקיה, וזאת על מנת לבסס את ממצאי שנת המחקר הנוכחית.

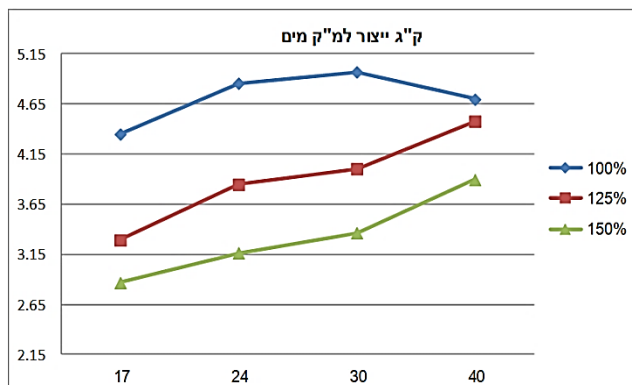
בעונה 2013-2014 נבחן תחום רחב יותר של חנקן צרוף בשלוש רמות השקיה. שילובים של שלוש רמות השקיה (100, 125, ו-150%, מרמת הצריכה ע"פי תוצאות ניסוי הליזימטרים משנה א' וארבע רמות חנקן (17, 24, 30, ו-40 ק"ג צרוף), נבחנו בחלקת ניסוי במו"פ. בחינה של רמות היבול, המבוטאות במשקל הבצלים, הראתה כי לא הייתה השפעה משולבת של שני גורמי הניסוי על היבול והתפלגות גודל בבצלי השום (טבלה 5). בדיגום עלים שבו נמדדה תכולת החנקן ונוטרינטים חיוניים שבוע לאחר הפסקת הדישון (תחילת מרץ), לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים באחוז חומר יבש, זרחן, אשלגן, סידן, מגניון נתרן, וכלור. כמו כן נמצאה מובהקות לינארית באחוז החנקן הכללי בעלים; דהיינו, דישון לפי 40 יח' N/דונם גרם לתכולה חנקן הגבוהה ביותר, ודישון לפי 17 יח' N/דונם לתכולה הנמוכה ביותר מבין הטיפולים. במאזן מים שבוצע נמצא שפונקציית יצור הביומאסה המירבית הממוצעת היתה גבוהה יותר בכל הטיפולים המשולבים ברמת השקיה של 100% (כ-4.7 ק"ג למ"ק) לעומת יצור של 3.9 ק"ג/מ"ק בטיפולים של 125% ו-3.3 ק"ג/מ"ק באלו שלרמת מים של 150%. בחינה של יכול הכללי כתלות בטיפולים המשולבים (רמת מים, רמת חנקן) הראתה ייצור אופטימלי בצריכה של 24-30 יח' N בכל רמות ההשקיה אירורים 13-14.

טבלה 5. השפעה משולבת רמת השקיה ודישון N על נתוני יבול

טיפול רמת מים / דישון N יח'/'ד'	יבול כללי ק"ג/מ"ר	בצלים עד 50 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 50-75 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 75-95 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים מעל 95 גרם ק"ג/מ"ר
100/17	1.943 אב*	0.146	0.489 אב	0.678	0.630 אב
100/24	2.169 אב	0.152	0.453 אב	0.696	0.868 אב
100/30	2.220 אב	0.122	0.411 אב	0.597	1.090 אב
100/40	2.098 אב	0.086	0.346 ב	0.506	1.160 אב
125/17	1.839 ב	0.175	0.509 אב	0.606	0.549 אב
125/24	2.148 אב	0.105	0.397 ב	0.641	1.005 אב
125/30	2.236 אב	0.153	0.508 אב	0.677	0.898 אב
125/40	2.501 אב	0.150	0.489 אב	0.708	1.154 אב
150/17	1.921 ב	0.212	0.658 א	0.655	0.396 ב
150/24	2.121 אב	0.192	0.550 אב	0.725	0.654 אב
150/30	2.255 אב	0.117	0.503 אב	0.658	0.977 אב
150/40	2.610 א	0.151	0.472 אב	0.688	1.299 א



איור 14 השפעת רמת דישון חנקני על יבול שום בעונה 2013-2014



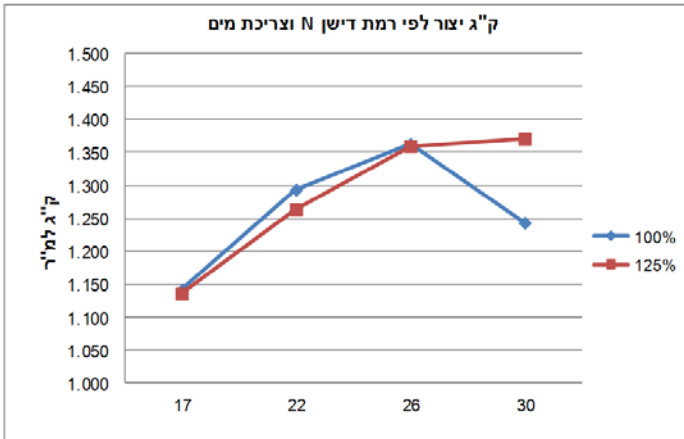
איור 13 השפעת רמת צריכת מים על יבול שום בעונה 2013-2014

בעונה 2014-2015 נבחן תחום צר יותר של חנקן צרוף בשתי רמות השקיה על מנת לאמת את התוצאות מאתקד וליצור הנחיות ממשק לגידול של חומר ריבוי של שום מהזן 'שני' חופשי וירוסים בערבה הדרומית. שילובים של רמות השקיה (100 ו- 125%, מרמת הצריכה ע"פי תוצאות ניסוי הליזימטרים משנה א' וארבע רמות חנקן (17, 22, 26, ו- 30 ק"ג צרוף), נבחנו בחלקת ניסוי במו"פ. בדומה לתוצאות משנה א' וב', בחינה של רמות היבול, המבוטאות במשקל הבצלים, הראתה שוב כי לרוב לא הייתה השפעה משולבת של שני גורמי הניסוי על היבול והתפלגות גודל הבצל (טבלה 6). כמו כן, מאזן המים שבוצע אימת שוב שפונקציית יצור הביומאסה המירבית הממוצעת היתה גבוהה יותר בכל הטיפולים המשולבים ברמת השקיה של 100% (כ- 2.34 ק"ג למ"ק) לעומת יצור של 1.9 ק"ג/מ"ק) בטיפולים של 125% (איור 15). בחינה של יבול הכללי כתלות בטיפולים המשולבים (רמת מים, רמת חנקן) הראתה יצור אופטימלי בצריכה של 26 יח' N בשתי רמות ההשקיה (איור 16).

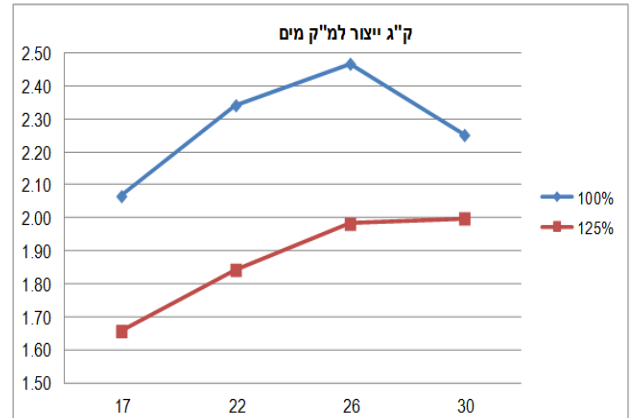
טבלה 6: השפעה משולבת רמת השקיה ודישון N על נתוני יבול

טיפול השקיה/דישון N יח'ד'	עומד צמחים מ"ר	יבול כללי ק"ג/מ"ר	בצלים עד גרם 50 ק"ג/מ"ר	בצלים 50-75 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים 75-95 גרם ק"ג/מ"ר	בצלים מעל 95 גרם ק"ג/מ"ר
100/17	23.750	1.141	0.501 א	0.597	0.043 ב	0.000
100/22	24.549	1.294	0.330 אבג	0.820	0.137 אב	0.007
100/26	23.681	1.363	0.320 אבג	0.879	0.164 אב	0.000
100/30	23.160	1.247	0.322 אבג	0.787	0.138 אב	0.000
125/17	23.229	1.137	0.399 אב	0.637	0.094 ב	0.007
125/22	22.986	1.264	0.183 ג	0.853	0.207 אב	0.021
125/26	23.417	1.351	0.176 ג	0.845	0.299 א	0.031
125/30	23.565	1.390	0.203 בג	0.842	0.316 א	0.029

מספרים המלווים באותיות זהות אינם נבדלים סטטיסטית במובהקות של 0.05. עומד מתוכנן: 26.667 צמחים למ"ר



איור 16 השפעת רמת דישון חנקני על יכול שום בעונה 2014-2015



איור 15 השפעת רמת צריכת מים על יכול שום בעונה 2014-2015

דיון

שאלת האחסון של חומר ריבוי של שום היא קריטית לצורך פיתוח של שרשרת ייצור מסחרי של שום החופשי ממחלות ומוירוסים ושל מותג למוצר חדש ואיכותי בישראל. האחסון של מרבית השום היבש נועד להארכת השיווק לצרכן ובדרך כלל מתבצע בתנאי הסביבה (סככה) לשבועות בודדים או ב-0 מ"צ וב-60% לחות לזמן ממושך של עד 7 חודשים (Niskanen and Dris, 2005). האחסון של השום למאכל נועד להאט את הבלבול והשרשה, את איבוד המשקל המלווה בהתרככות הרקמה, שינוי הצבע של תוך השננה ומחלות אחסון. לעומתו האחסון של חומר ריבוי מכוון לשמירה על חיוניות, און צימוח לאחר השתילה וכמובן ייבול משופר של מוצר סופי.

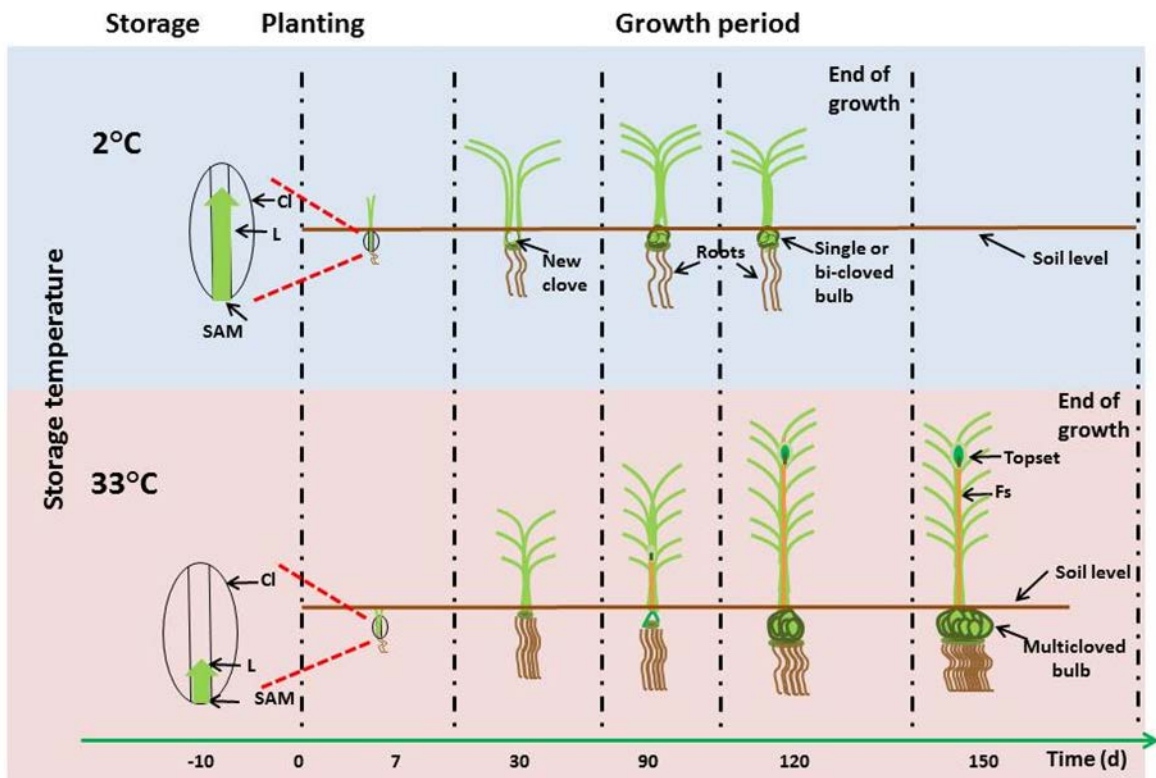
במחקר זה התמקדנו בהשפעת טמפי' האחסון של חומר הריבוי של שום ישני על ביצועיו בשדה. לאחר האיסוף בחודש מאי, הבצלים עוברים שלב של תרדמה, בו הם אינם מבלבלים גם בתנאים מיטביים, ולאחריה מתחילה התפתחות של הניצן המרכזי בכל שנה המרכיבה את הבצל.

נראה שלאחסון בחום יש השפעה מעכבת לבלוב במהלך האחסון, ייתכן בשל השפעתו על רמת ה-ABA בשננות. אלא שבשונה מהאחסון בקור, שגם הוא מעכב, נשמר בחום און הצימות, דבר המתבטא בצמחים מפותחים, התבצלות מאוחרת ומכאן גם יבול גבוה. להפתעתנו, מדידות ההורמונים האנדוגניות, לא הצביעו על כיוון ברור באשר לגייברלינים, ציטוקינינים ואוקסינים, אך נראה כצפוי שרמת ה-ABA בעלת משמעות בשלבי הצימוח הראשוניים בעיקר.

המעבר המאוחר של העלווה ממבלע למקור מהווה ככל הנראה את אחד הייתרונות של השום החופשי מוירוסים, והוא מוגבר לאחר אחסון בחום. ואכן נראה שבתנאי הדישון וההשקיה שפותחו בשנה שעברה יש ניצול מקסימאלי של המיים והדשן לצימוח עלווה מפותחת המשפיעה ישירות על יבול הבצלים הסופי.

באופן מפתיע, התפתחות הצמח בשדה הושפעה באופן מובהק על ידי טמפרטורת האחסון של חומר הריבוי. למרות ששננות שאוחסנו ב-33 מ"צ הראו לבלוב מאוחר, הם התפתחו לצמחים גדולים יותר עם בצל גדול יותר. לעומתם שננות שאוחסנו בקור, נבטו מוקדם ויצרו בצל קטן יחסית עם מיעוט שננות, עד שנה אחת בלבד (איור 12). תוצאות אלו מצביעות על כך שטמפרטורת האחסון של חומר הריבוי משפיע על מבנה וגודל הייבול המתקבל אחרי כ-120 ימי גידול. תופעה זו ניתנת להסבר במועד המוקדם של

ההיתבצלות המושרה ע"י האחסון בקור, המוביל לשינוי יחס מיבלע-מקור, כלומר מוטמעים הנעים באופן מוגבר לבצל המתהווה וגורמים להזדקנות מוקדמת של העלווה המתפתחת ולהפסקת צימוחה. לעומת זאת שנתות שאוחסנו בחום יצרו צמח שהתבצל מאוחר יחסית דבר שהוביל ליצירת עלוה מפותחת ביותר שסיפקה מוטמעים ליצירת בצל גדול ומפותח בהמשך הגידול (איור 17).



איור 17: הצגה סכמתית של ההשפעה הדיפרנציאלית של טמפרטורת האחסון של חומר הריבוי (2 מ"צ בהשוואה ל 33 מ"צ) על טרמינציה של המריסטמה האפיקלית, יצירת שורשים עלים, בצל ועמוד פריחה בשום מהזן שני. מוצג מהלך גידול לאחר אחסון ממושך (כ- 170 יום), 10 ימים לפני שתילה (-10) ו- 7, 30, 90, 120 ו- 150 ימים לאחר שתילה.

Cl= clove, L= leaf primordia, SAM= shoot apical meristem, Fs= floral stem.

רשימת ספרות מצוטטת

- Brewster, J. (1987). The effect of temperature on the rate of sprout growth and development within stored onion bulbs. *Annals of Applied Biology* 111, 463-467.
- Brewster, J. (1994). Onions and other vegetable Alliums. CAB International. Crop Prod. Sci. Hort. Series, 15.
- Cantwell, M.I., Kang, J., and Hong, G. (2003). Heat treatments control sprouting and rooting of garlic cloves. *Postharvest biology and technology* 30, 57-65.
- Kwon, J., Byun, M. and Cho, H. (1985). Effects of gamma irradiation dose and timing of treatment after harvest on the storeability of garlic bulbs. *Journal of Food Science* 50, 379-381.
- Niskanen, R. and Dris, R. (2005). Garlic (*Allium sativum* L.). *Vegetables: growing environment and mineral nutrition*, 297-306.
- Orioli, G., Croci, C. and Pellegrini, C. (2004). Sprouting Radioinhibition: A Method to Extend the Storage of Edible Garlic Bulbs. *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*, 229-259.

סיכום עם שאלות מנחות

<p>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה. פיתוח שיטה מבוקרת לאחסון חומר ריבוי של שום חופשי מוירוסים, בערבה דרומית, תוך ניצול טמפרטורת הסביבה, להגברת התנובה של שום ישראלי איכותי.</p>
<p>אלו מטרות המחקר הושגו בעבודת המחקר בנוכחית. עיקרי התוצאות. במשך ארבע עונות שום מהזן "שני" נשתל וגודל בשטחי ניסוי במו"פ ערבה הדרומית לאחר אחסון מבוקר במכון וולקני. טמפי' האחסון היו: 2, 8, 14, 20, 33, 40 מ"צ. בתום 4.5 חודשי אחסון הבצלים פורקו ונשתלו בחלקות ניסוי במו"פ ערבה דרומית. בנוסף נערכו ניסויים בעציצים בבית רשת במכון וולקני. אופיינו אנטומית קצב ואופן הנצת השננות בתום האחסון והתפתחות הצמחים בשדה ובבית הרשת. כמו כן הרקמה הצמחית עברה קיבוע וצביעות ספציפיות לצורך הסתכלות מיקרוסקופית בהתפתחות המריסטמה של הניצן. בוצע מחקר טרנסקריפטומי (שתוצאותיו עדיין מעובדות) והוא איפשר לנו להתרכז בגנים ל- FT כגורם מפתח בקביעת מועד ההתבצלות. אפיון ביטויים נעשה ב- qPCR.</p>
<p>מסקנות מדעיות והשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח? תוכנית הביצוע תואמת לתיכנון. הבדלים דרמטיים נרשמו בהתפתחות שננות שאוחסנו בטמפי': 2, 8, 14, 20, 33 מ"צ לשלושה חודשים. הטמפי' המיטבית להשראת לבלוב והתארכות הנצר במהלך האחסון הייתה 8-14 מ"צ, בעוד שטמפי' קיצוניות (2 או 33 מ"צ) עיכבו כמעט לחלוטין את התפתחות הניצן. אחסון ב- 33 מ"צ גרם להתפתחות צמחים גדולים, משקל וקוטר הבצל ומספר השננות היו גדולים יותר הצמחים אוחסנו ב-2 מ"צ. אחסון בטמפי' נמוכה (2 מ"צ) גרם להתבצלות מוקדמת במהלך הגידול, המתרחשת במקביל להזדקנות העלים, דבר שיכול להעיד על מעבר מוגבר של מוטמעים לבצל המתפתח. בהשוואה, השננות שאוחסנו בחום פיתחו עלווה עשירה, שמאפשרת צימוח ומקור אנרגיה להתפתחות בצל גדול ורב שננות. נמצא שרמות אנדוגניות של חומצה אבסיסית (ABA) היו גבוהות יותר בניצן הפנימי של שננות שאוחסנו בחום. ביטוי של הגן AsFT1 עלה בניצן הפנימי ובעלה התשמורת לאחר אחסון השננות בקור. ביטוי של AsFT4, המצופה לשמש כאנטגוניסט ל- AsFT1 נמצא יורד לאחר אחסון בקור. ביטוי של AsFT2 הקשור בפריחה מסיימת נמצא גם גבוה יותר אחרי אחסון בקור בהשוואה לחום בניצן הפנימי ובעלה התשמורת. יצירה מוקדמת של בצל המושרית על ידי אחסון בקור של חומר הריבוי, גורמת לעיכוב התפתחות העלווה והפיכת המריסטמה הקודקודית למריסטמה רפרודוקטיבית, נראה שהתהליך מווסת על ידי גנים ל- FT.</p>
<p>בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך תוכנית הביצוע תואמת לתיכנון. מטרות המחקר הושגו. כפועל יוצא ממחקר זה, הוקם מתקן פיילוט עם שני תאים מבוקרי אקלים בחוות הנסיונות של מו"פ ערבה דרומית במהלך מרץ –אפריל 2014. ב- 11.5.14, החלה ההרצה של המתקן על מנת לוודא את תקינותו טרם הכנסת השום לריבוי לאחסון בתאים. במקביל גם הוכנסו מכלים לסככה לא מבוקרת בו אוחסן שום לריבוי מסחרי המיועד למכירה ללקוחות של התאגיד, חומר ריבוי ערדום אגש"ח בע"מ. מתוצאות הפיילוט ניכר ייתרון ברור לאחסון בחום שפותח ונראה שיש מקום ליישמו בסקלה מסחרית.</p>
<p>הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: רוחקין שלום ש., גילט ד., צמח ח., פורר י., קמינצקי ר. ואשל ד. (2013) אחסון של חומר ריבוי של שום בטמפרטורה גבוהה דוחה התבצלות לאחר השתילה ובכך משפר יכול. מבזק ירקות - שדה וירק 261 : 29-33. Rohkin Shalom S., Gillett D., Zemach H., Kimhi S., Forer I., Zutahy Y., Tam Y., Teper-Bamnolker P., Kamenetsky R. and Eshel D. (2015) Storage temperature controls the timing of garlic bulb formation via shoot apical meristem termination. Planta, DOI 10.1007/s00425-015-2334-0.</p>
<p>פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות) ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)</p>