

מו"פ ערבה דרומית: דו"ח התקדמות מדעי מסכם 2014

שם התכנית: פיתוח שרשרת ייצור ומותג של מוצר חדש בישראל – שום חופשי מוירוסים בעל תנובה ואיכות גבוהים

מוקד פנימי: 82344

חוקר ראשי: פרופ' רינה קמינצקי

חוקרים שותפים: ד"ר דני אשל, שרית רוחקין שלום - המחלקה לחקר תוצרת חקלאית לאחר קטיף,

מינהל המחקר החקלאי

דרול גילט – מו"פ ערבה דרומית

סטטוס התוכנית: נמשכת

מועד התחלה וסיום המחקר: 2013-2015

רקע, תאור הבעיה, ומטרות המחקר

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 זני השונים, מוגבל בעיקר על ידי נגיעות 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), מרגזירי קוך ויואל שיבולת. חומר הריבוי שנוצר במהלך זה, אפשר ייצור של חומר מוצא הנשמר בבתי רשת בתנאים מבוקרים המונעים את אילוחם מחדש. לאחר ריבוי ווגטיבי 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 והתאמתו לחומר הריבוי של שום, לצורך מיקסום ייבול ואיכות המוצר סופי.

בניסויים שבוצעו בשנה ראשונה של המחקר (2012-2013) נמצא כי אחסון ב-33 מ"צ גרם להתפתחות צמחים גדולים, לאחר השתילה, עם משקל, קוטר בצל ומספר השננות גדולים יותר. מרכיב חשוב שנראה

שהושפע על ידי האחסון בטמפי' שונות, הייתה האינדוקציה להתבצלות בשדה. בטמפי' הנמוכה (2 מ"צ) ניתן להבחין בהתבצלות מוקדמת המתרחשת במקביל להזדקנות העלים וירידה ניכרת במשקלם, דבר שיכול להעיד על מעבר מוקדם של מוטמעים לבצל המתפתח. לעומתם, השננות שאוחסנו בחום הצמיחו עליים מאוחר יותר, הצמחים שהתפתחו מהן היו בעלי עלווה עשירה, שאיפשרה צימוח ומקור אנרגיה להתפתחות בצל גדול ורב שננות.

המטרה הכללית של המחקר היא פיתוח שיטה מבוקרת לאחסון חומר ריבוי של שום חופשי מוירוסים, בערבה דרומית, תוך ניצול טמפרטורת הסביבה, להגברת התנובה של שום ישראלי איכותי. בשנה השנייה המטרות הספציפיות כללו: (1) בחינת השפעת הייבוש של הבצלים ופרוקם לשננות על כושר האחסון ואיכות חומר הריבוי בתום האחסון; (2) אפיון ההשפעת טמפרטורת האחסון על רמתם של הורמונים מעכבימועדדי צימוח; (3) בחינת השפעת תנאי האחסון של חומר הריבוי על התפתחות הצמחים לאחר השתילה; (4) אופטימיזציה של מאזן מים וחנקן בתהליך ייצור חומר הריבוי בתנאי ערבה דרומית.

מועד התחלה וסיום המחקר: 2013-2015

מהלך המחקר ושיטת העבודה

גידול ואחסון: 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 חמש וחצי חודשי אחסון, באוקטובר 2013, הבצלים פורקו לשננות, ונשתלו 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 חמש וחצי 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.

אנליזה של ריכוזי הורמונים אנדוגנים

לאחר 120 ימי אחסון ב-2 ו-33 מ"צ, הבצלים פורקו לשננות מקולפות. בתוך כל שננה הופרדו עלי התשמורת מבסיס הנבט והוקפאו בחנקן נוזלי. לאחר ליאופיליזציה וטחינה נשמרו בהקפאה. הורמונים אנדוגנים והמטבוליטים שלהם זוהו וכומתו ב-National Research Council of Canada Plant Biotechnology Institute (Saskatoon, SK, Canada) 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 במים 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 ביניים

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

לאחר תקופת אחסון של כ-5.5 חודשים בטמפ' השונות, נשתלו השננות בחלקת ניסוי בערבה הדרומית באוקטובר 2013. בדומה למתואר בדו"ח שנה א', לאחר כשלושה חודשי גידול נצפו הבדלים דרמטיים בהתפתחות הצמח. הצמחים אשר התפתחו משננות שאוחסנו בטמפ' נמוכה (2 מ"צ) התבצלו בשלב מוקדם, בעוד שצמחים שהתפתחו משננות שאוחסנו בטמפ' גבוהה (33 מ"צ) לא פיתחו בצל גם לאחר שלושה חודשי גידול. בנוסף, העלווה שהתפתחה משננות שאוחסנו בטמפ' נמוכות, הייתה דלה או לא התפתחה כלל. האחסון בטמפ' של 2 מ"צ גרם גם למיעוט ניצנים, המתפתחים בהמשך לשננות, לעומת אחסון בטמפ' של 33 מ"צ שגרם לריבוי שננות. בהיבט הייבול שהתקבל נראה שרק לטמפרטורת האחסון היתה השפעה דרמטית, בעוד שלטיפולי הייבוש לפני אסיף, או פרוק הבצלים לפני אחסון לא היתה השפעה.

אפיון ההשפעת טמפרטורת האחסון על רמתם של הורמונים מעכבימיעודדי צימוח

כדי לנסות ולאתר את הגורם המשותף המביא לעיכוב מוגבר בצימוח הניצן בעת חשיפת השננה להדרגה ב-33 מ"צ לעומת 2 מ"צ, ביצענו אנליזה של רמות ההורמונים: גיברלין, אוקסין, ציטוקינין וחומצה אבסיסית (ABA). 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 הדרגה ב-33 מ"צ והדבר הוביל אותנו בהמשך לבחינה של השפעתה של תוספת חיצונית של ABA לשננה.

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

בחינת השפעת תנאי אחסון של חומר הריבוי על התפתחות הצמחים לאחר השתילה

שננות שאוחסנו בטמפ': 2 ו-33 מ"צ למשך 150 ימים, נשתלו בשדה בחלקות, במבנה של בלוקים באקראי. לאחר שלושה חודשי גידול, שננות שאוחסנו ב-8-14 מ"צ, נרקבו או פיתחו צימוח מוגבל ביותר. לעומתם, שננות שאוחסנו בטמפרטורות הקיצוניות, 2 או 33 מ"צ, הביאו להתפתחות צמחים בוגרים ולייבול. 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 3). 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 היווצרות בצל בצמחים שמקורם ב-33 מ"צ. התבצלות נצפתה רק לאחר 60 יום משתילה ועלתה בהדרגה עד ליום ה-90.

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.

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

שילובים של שלוש רמות השקיה (100, 125, ו-150%, מרמת הצריכה ע"פי תוצאות ניסוי הליזימטרים מאשתקד) 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. בדיגום עלים שבו נמדדה תכולת החנקן ונוטרנטים 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 ייצור הביומאסה המירבית הממוצעת היתה גבוהה יותר בכל הטיפולים המשולבים ברמת השקיה של 100% (כ-4.7 ק"ג למ"ק) לעומת ייצור של 3.9 ק"ג/מ"ק בטיפולים של 125% ו-3.3 ק"ג/מ"ק באלו שלרמת מים של 150%. בחינה של יבול הכללי כתלות בטיפולים המשולבים (רמת מים, רמת חנקן) הראתה ייצור אופטימלי בצריכה של 24-30 יח' N בכל רמות ההשקיה.

מסקנות והמלצות להמשך המחקר

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 חומר ריבוי מכוון לשמירה על חיוניות, און צימוח לאחר השתילה וכמובן יבול משופר של מוצר סופי. במחקר זה אנו מתמקדים בהשפעת טמפ' האחסון של חומר הריבוי של שום מהזן 'שני' על ביצועי בשדה. 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 הצימוח, דבר המתבטא בצמחים מפותחים, התבצלות מאוחרת ומכאן גם יבול גבוה. להפתעתנו, מדידות ההורמונים האנדוגניים, לא הצביעו על כיוון ברור באשר לגיברלינים, ציטוקינים ואוקסינים, אך נראה כצפוי שרמת ה-ABA בעלת משמעות בשלבי הצימוח הראשוניים בעיקר. המעבר המאוחר של העלווה ממבלע למקור מהווה ככל הנראה את אחד היתרונות של השום החופשי מוירוסים, והוא מוגבר לאחר אחסון בחום. ואכן נראה שבתנאי הדישון והשקיה שפותרו שנה שעברה יש ניצול מקסימאלי של המים והדשן לצימוח עלווה מפותחת המשפיעה ישירות על יבול הבצלים הסופי. בשנה השלישית ואחרונה של המחקר, נמשיך לבחון את ההשפעה המיטיבה של האחסון בחום, גם בסקלה חצי מסחרית. כמו כן, נתחיל בזיהוי הגנים המעורבים בקביעת מועד ההתבצלות, ונשלים את פרוטוקול ממשק מים ודישון של גידול שום חופשי מוירוסים בערבה הדרומית לצורכי ריבוי.