

רגלת הגינה (*Portulaca oleracea*) כצמח מאכל עשיר בחומצת

השומן החיונית אומגה-3

***Portulaca oleracea* as vegetable salad rich in essential omega-3 fatty acid**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלת ענף פרחים
על ידי

המכון למדעי הצמח, המחלקה חקר ירקות, בנק הגנים לצמחי ארץ ישראל, מינהל המחקר החקלאי, מכון וולקני	<u>עוז ברזני</u>
המכון למדעי הצמח, המחלקה לחקר ירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער	<u>נתיב דודאי</u>
המכון למדעי הצמח, המחלקה חקר ירקות, בנק הגנים לצמחי ארץ ישראל, מינהל המחקר החקלאי, מכון וולקני	<u>רבקה הדס</u>
המחלקה לאס"א, המכון למדעי החיים, האוניברסיטה העברית בירושלים	<u>אבינועם דנין</u>

Oz Barazani, Institute of Plant Sciences, Israel Plant Gene Bank, ARO, Volcani center. E-mail: barazani@agri.gov.il

Nativ Dudai, Institute of Plant Sciences, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O.B. 1021 Ramat Yishay 30095. E-mail: nativedud@agri.gov.il

Rivka Hadas, Institute of Plant Sciences, Israel Plant Gene Bank, ARO, Volcani center. E-mail: rihadas@sagri.gov.il

Avinoam Danin, The Hebrew University in Jerusalem. E-mail: danin@vms.huji.ac.il

מאי 2010

סיוון תש"ע

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

חתימת החוקר: 5/5/10

תקציר:

בחינה של 12 קווי רגלת הגינה שנסקרו בעבודת מחקר זו מלמדת כי לא קיימים הבדלים ברורים בין הקווים ברכוז חומצות השומן השונות, וחומצה אוקסלית. אולם, נמצאו הבדלים ברורים בין הקווים שבאו לידי ביטוי במופע הצמח, תכונות מורפולוגיות ופנולוגיות. בהתאם לתוצאות אלו, נבחנו שלושה קווים השייכים לשלושה מיקרו-מינים שונים: *(Pon) nitida*, ו-*(Pop) papillato-stellulata*, שנאספו מבתי גידול בארץ, ו-*(Pos) sativa* שהוא קו מסחרי. במערכות ניסוי שהתבצעו בפיטוטרון לא נמצאה השפעה משמעותית של אורך היום וטמפרטורת הסביבה על הרכב וריכוז חומצות השומן, והחומצה האוקסלית. אולם, כן הייתה השפעה שלהם על צמוח וצבירת ביומסה (ראה! דו"ח שנה קודמת). בניסוי נוסף שנערך בעונת החורף האחרונה במנהרה עבירה, נבחן הפוטנציאל של מיקרו-מינים השונים שנאספו ונבחנו במחקר זה כגידול משלים לזן המסחרי בעונת החורף. מערכת ניסויים זו לימדה כי שני מיקרו-מינים מקומיים *Pon* ו-*Gra (P. granulato-stellulata)* אופיינו ברמת שרירות גבוהה בחודשי החורף, ויכולת צבירת ביומסה גבוהה בשלושה קצרים, בהשוואה לשאר מיקרו-מינים שנבחנו. יחד עם תוצאות הדו"ח הקודם, נראה לכן כי לאחר פעילות טיפוח לייצוב של השונות שמקורה בבר, יש פוטנציאל למיקרו-מינים אלו כגידול מסחרי משלים בחודשי החורף לזנים המסחריים שיגודלו בקיץ. בשנת המחקר האחרונה ביצענו גם ניסוי בחודשי הקיץ והסתיו כדי לבחון את הפוטנציאל החקלאי של הזן המסחרי תחת משטרי קציר שונים. ניסוי זה שנערך בקנה מידה חצי מסחרי במושב היוגב לימד כי שלושה קצרים של הצמחים מאפשר קבלת יבול מקסימלי, כשעונות השתילה המומלצות יכולות להתחיל הן באביב (אפריל-יוני) ובסתיו (ספטמבר-אוקטובר).

מבוא:

רגלת הגינה (*Portulaca oleracea*, רגלתיים) הוא צמח עשיר בתרכובות שונות התורמות לפעילותו הביולוגית ולחשיבות פיתוחו כצמח מאכל טרי. על הפעילות הביולוגית אחראיים בעיקר הריכוזים הגבוהים של חומצת השומן החיונית α -linolenic (ALA), ותרכובות נוגדות חמצון שונות, כגון α -tocopherol, המצויים בעלים ובזרעים של הצמח (1). הרכב ויטמינים גבוה (בעיקר ויטמין C), קרטנואידים, ומינרלים תזונתיים חשובים (מגנזיום, סידן, אשלגן וברזל), תורמים לערך תזונתי גבוה של ר. הגינה. ידוע כי ריכוז ALA בר. הגינה גבוה יותר מאשר במיני צמחים אחרים כמו תרד (*Spinacia oleracea*), חסה (*Lactuca sativa*), חרדל (*Brassica juncea*), וסלק (*Beta vulgaris*) (2, 3). לאור כל המידע המובא לעיל, בחנו בעבודת מחקר זו את ר. הגינה, המשמש באזור הים התיכון ובאירופה כצמח מאכל שנאסף בדרך כלל מן הבר, כגידול אינטנסיבי חדש בארץ. מחקרים ציטו-טקסונומיים הראו כי הצמח המכונה ר. הגינה הוא למעשה קומפלקס פוליפלואידי של יותר מעשרה מיקרו-מינים (4, 5), אשר ערכם התזונתי הושווה במחקר זה. במהלך העבודה אותרו ואופיינו 12 קווים שונים של רגלה (ראה דו"ח שנה א'). על פי תוצאות של בחינת הקווים נבחרו שלושה מיקרו-מינים שונים של *P. oleracea*: *(Pos) sativa*, *(Pon) nitida*, ו-*(Pop) papillato-stellulata*. אלו שנבדלו בעיקר במופע הצמח וקצב הצימוח, נבחנו בשנת המחקר השנייה במטרה לבחון דרכים אגרוטכניות להפחתה של רכוז חומצה האוקסלית בעלים. בניסוי בפיטוטרון נבחנה תגובת הצמחים למשטרי אורך יום וטמפרטורה במטרה לבחון את הפוטנציאל החקלאי של הצמח בגידול

לאורך עונות שונות. לימוד כמות היבול הפוטנציאלית בניסויי שדה חצי מסחריים נבחנו בשנה ג' ומובאים לראשונה בדו"ח מחקר זה.

פירוט תוצאות המחקר:

שנה א'

במהלך קיץ 2007 יצרנו אוסף זרעים של מיני-קומפלקס רגלת הגינה שנאסף מצמחים בחתך של דרום - צפון, מחופיו הדרומיים של ים המלח ועד לגולן. על פי מבנה מורפולוגי של קליפת הזרע שויכו הצמחים שנאספו מהבר לחמישה מיקרו מינים, *P. granulado-stellulata* (Pog), *P. nitida* (Pon), *P. papillato-stellulata* (Pop) ומיקרו-מין אחד שמקורו ככל הנראה באירופה, זוהה כ- *P. sativa* (Pos).



איור 1, מראה של ארבעה מתוך חמשת הקווים הנבחרים. משמאל לימין פרט בודד של הקווים *P. granulado-stellulata*, *P. nitida*, *P. papillato-stellulata*, ו-*P. sativa*.

אפיון מורפולוגי ופנולוגי של מיקרו המינים בוצע בניסוי עציצים, בתנאי חממה, תחת משטר טמפרטורה של $27/18^{\circ}\text{C}$, יום/לילה. מהתוצאות למדנו כי השונות בין קווים קטנה מהשונות בין המיקרו-מינים. ממופע הצמח (תמונה 1), מתקבל הרושם שבעוד ש-*Pog* היה בעל מראה שרוע, שאר הקווים היו בעלי מראה שיחי יותר. לעומתו, לקו המסחרי *Pos* מופע זקוף יותר מלשאר מיקרו-המינים. על ההבדלים בקצב הצימוח ומופע הצמח ניתן ללמוד גם מהתוצאות המתוארות באיור 1, בהן מבוטא קצב התארכות הגבעול הראשי עד למועד הופעת הפרח הראשון והתפתחות ענפים צדדיים.

תוצאות של מיצוי מעלי הרגלה הראו שלא קיימים הבדלים משמעותיים בכמות היחסית של חומצות השומן בין המיקרו-מינים השונים. באופן כללי, כמותן היחסית של חומצות השומן הבלתי רוויות בעלים מגיע עד כ- 75% (ח. פלמיטולאית, אולאית, לינולנית, ולינולאית) כשחומצת השומן העיקרית בעלים של הרגלה היא ALA (>50%). בנוסף לה, הייתה הכמות היחסית של החומצה הפלמיטית כ- 12% מכלל חומצות השומן. חומצת שומן רוויה זו שכיחה בשמן ממקור צמחי וידועה

בפעילותה האנטי-אוקסידנטית. בשונה משאר המינים, פרופיל חומצות השומן של *Pos* כלל כמות יחסית נמוכה גם חומצה ליגנוצרית (1.2%) וחומצה לאורית (1.1%). האחרונה הופיעה בכמות נמוכה גם בפרופיל חומצות השומן של *Pon*.

בנוסף לחומצות שומן חיוניות היתה תכולה של טוקופרול (ויטמין E), שהוא שם כללי לשמונה צורות שונות של קבוצת תרכובות המסיסות בשומן. נמדד טווח ריכוזים של כ- $400 \mu\text{g g}^{-1}$ FW ו- 200g^{-1} FW ל-1.1, עבור α ו- γ טוקופרול. ריכוזים אלו גבוהים ביחס למקורות צמחיים אחרים העשירים בטוקופרול כמו זרעי חמנייה ושקד, שבהם הריכוז הוא כ- 0.3mg/g . מבין קבוצת החומרים המהווים את קבוצת הויטמין E, הזמין ביותר מבחינה ביולוגית הוא אלפא-טוקופרול. זוהי תרכובת חשובה ביותר המגנה על ממברנות תאיות מפני נזק חמצוני של רדיקלים ליפידיים הנוצרים תוך כדי פראוקסידציה של שומנים. לכן, על פי נתוני ה- USDA, מבחינה תזונתית ל- α טוקופרול קיימת גם חשיבות בהגנה על LDL מפני חימצון, והקטנת הסיכון למחלות כלי דם ולב (<http://www.ars.usda.gov/Main/docs.htm?docid=15869>).

תוצאות שנת העבודה הראשונה לימדו כי לשלושת מיקרו-המינים *Pop* ו- *Pos* ו- *Pon* קיים פוטנציאל חקלאי. הערכנו כי ל- *Pos*, בעל המראה הזקוף וקצב הצימוח המהיר יהיה יתרון בקטיף מוקדם, שבו יוכל לשמש כל הצמח (גבעול ועלים) למאכל, בעוד של- *Pop*, בעל הצימוח הוגסטיבי, יהיה יתרון בקטיף מאוחר יותר. במהלך הניסויים בררנו מספר צמחים בעלי מופע ייחודי מכל אחד משלושת המיקרו-מינים אשר שימשו בשנת המחקר השנייה.

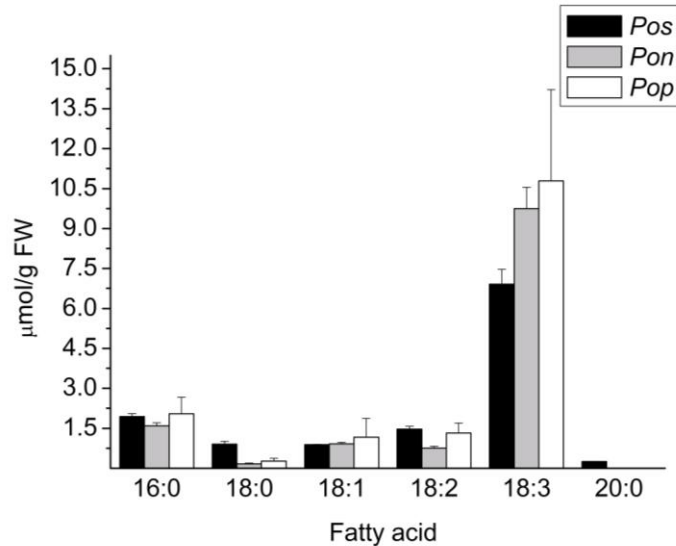
שנה ב'

כדי להוריד את ריכוזי החומצה האוקסלית בעלים של רגלת הגינה נבחנה ההנחה כי לשינוי במאזן החנקן הזמין לצמח יש השפעה על הצטברות החומצות האורגניות. מערכת הניסוי כללה את שלושת הקווים *Pos*, *Pop* ו- *Pon* שגדלו בעצמים עם וורמיקוליט והושקו בהוגלנד במשטרי דישון שונים שכללו ריכוזים משתנים של ניטראט ואמוניום.

התוצאות לימדו כי שינוי מאזן החנקן הזמין מ- 100% ניטראט (ביקורת) ועד לטיפול שכלל ניטראט:אמוניום ביחס של 25:75, גרם לירידה משמעותית במשקל החומר הטרי והיבש של העלים. אולם, במשטרי דישון של עד 50:50 ניטראט:אמוניום, היה המשקל היבש של העלים של *Pon* ו- *Pop* גבוה באופן מובהק מזה של *Pos*, מה שמרמז על יתרונם של הקווים שמקורם בפלורה המקומית, על פני הקו המסחרי.

פרופיל חומצות השומן החופשיות בעלים של צמחים שגדלו בתנאי הביקורת (100% ניטראט), הראה כי ALA מהווה 56.3%, 69.8% ו- 75.3% מכלל חומצות השומן בקווים *Pos*, *Pop* ו- *Pon*, בהתאמה. הבדלים מובהקים סטטיסטית של פי 1.5 נמצאו בריכוז ALA בעלים של *Pon* בהשוואה לאלו שב- *Pos* (איור 2). בנוסף ל- ALA, נמצאו בעלים של שלושת הקווים ריכוזים לא מבוטלים של חומצה פאלמיטית (12%-15%), חומצה אוליאיית (6%), וחומצה לינולאית (6%-12%) (איור 2).

הורדה של ריכוזי הניטראט לטובת עליה בריכוז האמוניום בתמיסת הדישון תרמה להפחתה משמעותית בריכוז החומצה האוקסלית בעלים של שלושת הקווים הנבחנו. בקווים *Pon* ו-*Pop* נמצאה ירידה מובהקת סטטיסטית כבר במאזן של 75:25 של ניטראט:אמוניום בהשוואה לביקורת (100% ניטראט). בקו *Pos* נמצאו הבדלים מובהקים רק בהפחתה של הניטראט ל-50% בהשוואה לביקורת (100% ניטראט).



איור 2. רכוז חומצות השומן החופשיות במיצי עלים של שלושה קווים של רגלת הגינה. התוצאות מתארות את הרכוז בצמחים שגדלו בעציצים תחת משטר דישון עם תמיסת הוגלאנד מלאה (ביקורת).

מבדיקה של ריכוזי החומצה האסקורבית (ויטמין C), לא נמצאו הבדלים בין הקווים וגם לא בין טיפולי הדישון השונים (איור 3). ממצא מעניין נוסף הראה עלייה בקווים *Pop* ו-*Pon* גם בריכוז ויטמין E (אלפא-טוקופרול) תחת משטר דישון אמוני:ניטראט ברכוזים של 75:25, בהשוואה לביקורת. עלייה מובהקת בריכוז γ -tocopherol נמצאה ב-*Pon* בטיפול ניטראט:אמוני 75:25; וב-*Pop* בטיפול ניטראט:אמוני 50:50. ממצאים אלו, יחד עם התוצאות שדווחו בשנה הקודמת מצביעים על הפוטנציאל החקלאי הגלום בקווים שנמצאו בארץ ושנבחנו לראשונה במחקר זה.

במטרה לאפיין את השפעת הטמפרטורה ואורך היום על ההתפתחות, מדדי יבול ותכולת מטבוליטים של 3 טיפוסים רגלת הגינה, נבחנו שלושת הקווים *Pos*, *Pon* ו-*Pop* גם בתנאים מבוקרים. הניסוי נערך בפיטוטרון הפקולטה לחקלאות ברחובות, בארבעה משטרי טמפרטורה. בכל אחד ממשטרי הטמפרטורה, נבחנו שני אורכי יום: יום ארוך 16 שעות ויום קצר של 9 שעות. בכל הטיפולים הייתה תלות חיובית בין הטמפרטורה למועד הפריחה (פריחה מוקדמת ככל שעלתה טמפרטורת הסביבה), וללא תלות באורך היום. ההשפעה של משטרי טמפרטורה ואורך יום על רכוז החומצה האוקסלית הייתה שונה בקווים השונים של רגלת הגינה. בקו *Pos* הייתה מגמה של עלייה ברכוז החומצה האוקסלית בחדרים בעלי הטמפרטורה הנמוכה. לעומת זאת, בקו *Pon*, הייתה מגמה

של ירידה בריכוז החומצה האוקסלית ממשטרי הטמפרטורה הגבוהים לנמוכים. בקו *Pop*, לא נמצאו הבדלים ברורים בריכוז החומצה האוקסלית, לא בין טיפולי הטמפרטורה ולא במשטר אורך היום. ניכר היה גם שטמפרטורה גבוהה (34/28 מ"צ לילה, יום) היתה המיטבית לצבירת ביומסה, במיוחד במשטר היום הארוך. התוצאה הבולטת היא השונות העצומה ביבול בין הטיפוסים השונים שנבחנו, שהתבטא גם בהבדלים בגובה הצמחים. *Pos* הניב בטמפרטורה הגבוהה יותר מפי 4 מהטיפוס *Pon* ובערך פי 2 מהטיפוס *Pop*. יחד עם זאת, נמצאו הבדלים באופן מובהק ביחס בין העלים והגבעולים בחומר היבש, ביחס הפוך להבדלים ביניהם ביבול הטרי. כך הקו *Pon*, שהיה דל ביבול הטרי, הכיל כ- 57-80 אחוז עלים מכלל החומר היבש, לעומת *Pos* שהצטיין ביבול הטרי, שכלל רק 33-47 אחוז עלים מכלל החומר הטרי.

בשנת המחקר השנייה נבחנו אמצעים אגרוטכניים לגידול של רגלת הגינה ודרכים להפחתה של ריכוזי החומצה האוקסלית בעלים. מהתוצאות למדנו כי גידול של רגלת הגינה בתנאי טמפרטורה גבוהים הם המיטיבים ביותר לצורך צמיחה מהירה ויצור ביומסה צמחית. יחד עם זה, מצאנו כי שינויים במשטרי הזנה לצמח, עם תוספת של אמוניה בתמיסת הדשן תרמה להפחתה של ריכוז החומצה האוקסלית בעלים עד כדי פי 3 ויותר. אולם, תוספת של אמוניה גרם לפחיתה בצבירת הביומסה. בהנחה שקציר הצמחים המומלץ הוא בשלב של עד כדי 12 עלים נכונים הסקנו כי ירידה בקצב הצימוח וצבירת הביומסה לא תהווה גורם מגביל. בשנה זו בחנו שלושה קווים שונים, שניים מהארץ וקו מסחרי שיובא מחו"ל. תוצאות העבודה עד שלב זה למדו כי לקיום המקומיים יש פוטנציאל חקלאי לא פחות מזה של הקו המסחרי.

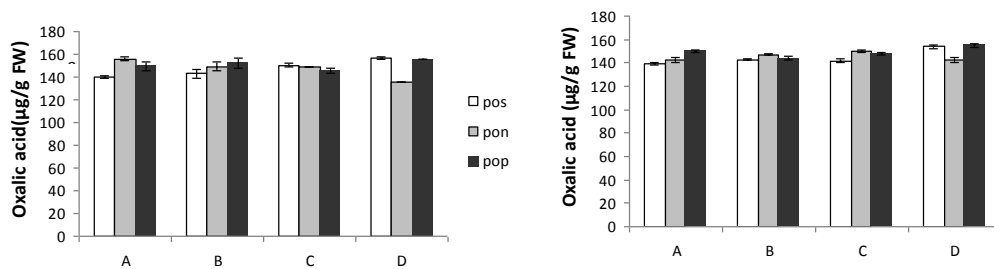
שנה ג'

בהמשך למערכת הניסוי בפיטוטרון שדווחה בדו"ח מחקר של שנה ב' ובכדי לברר את ההשפעה של אורך היום והטמפרטורה (ניסוי פיטוטרון לעיל) על הרכב וריכוז חומצות השומן והחומצות האורגניות, נלקחו דוגמאות עלים מחמישה צמחים מכל אחד מהקווים שנבחנו *Pop*, *Pos* ו-*Pon*. תוצאות האנליזה הכימית מובאות להלן, אורכי היום ומשטרי הטמפרטורה (יום ולילה) מובאים בטבלה 1.

בנוסף, בוצע במהלך שנת המחקר האחרונה ניסוי בקנה מידה של גידול בתנאים מסחריים כדי לברר את פוטנציאל הייבול של רגלת הגינה ושילוב הצמח כגידול חקלאי.

א. השפעת משטרי טמפרטורה ואורך יום על הרכב וריכוז חומצות אורגניות וחומצות השומן בעלים
במערכת ניסוי זו נקבעו ריכוזי שתי חומצות אורגניות, חומצה אוקסלית וחומצה אסקורבית (ויטמין C). ריכוזי החומצה האוקסלית בעלים הטריים של ר. הגינה שנמדדו בשלושת מיקרו המינים שנבחנו בכל משטרי טמפרטורה (איור 3) היו בטווח $135.6 \mu\text{g/g}$ - $156.8 \mu\text{g/g}$ במשטר היום הארוך ו- $155.0 \mu\text{g/g}$ ב- *Pop* ו- $139.4 \mu\text{g/g}$ ב- *Pos* בטיפולי היום הקצר.
בחדר 34/28 (לילה/יום מ"צ) היה ריכוז החומצה האוקסלית ב- *Pos* נמוך באופן מובהק מריכוזה ב- *Pon* ו- *Pop*, הן במשטר היום הארוך והן ביום הקצר (איור 3). בחדר 28/22 היו ההבדלים

מובהקים רק בין *Pos* לבין *Pop* (משטר יום ארוך וקצר). בחדר 22/16 לא נמצאו הבדלים בין הקווים בחומצה האוקסלית במשטר היום הארוך, אך במשטר היום הקצר היה רכוז החומצה האורגנית נמוך באופן מובהק ב- *Pos* מאשר בשני הקווים. לעומת זאת בחדר 16/10 ריכוז חומצה אוקסלית בעלים שנדגמו מ- *Pon* היה נמוך באופן מובהק מאשר בשני הקווים האחרים, בשני משטרי אורך היום (איור 3).



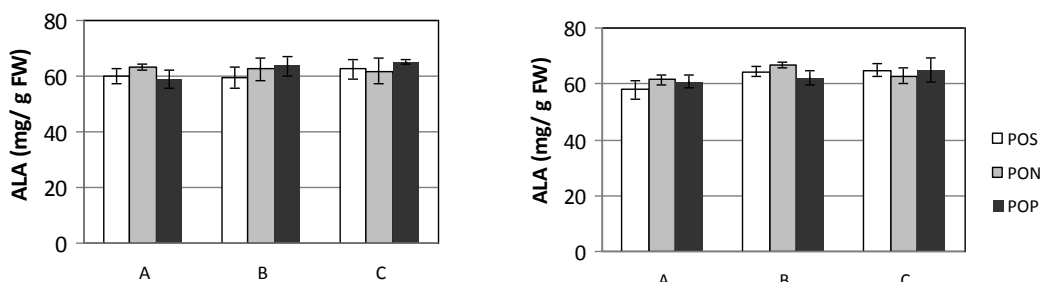
איור 3. רכוז החומצה האוקסלית בעלים של שלושת המיקרו-מינים של רגלת הגינה כפי שנבחנו במשטרי טמפרטורה שונים ביום ארוך (שמאל) וקצר (ימין). למשטרי טמפרטורה ואורך יום בחדרי הגידול השונים ראה/י טבלה מספר 1.

טבלה 1. תנאי הגידול בפיטורון

*חדר				
D	C	B	A	
16	22	28	34	טמפרטורה ביום (מ"צ)
10	16	22	28	טמפרטורה בלילה (מ"צ)
70	75	75	85	לחות יחסית (%)

* משטרי אורך היום: יום ארוך - 16 שעות אור, יום קצר - 9 שעות אור.

באיור 4 מובאות תוצאות של בחינה של ריכוזי ALA בעלים של צמחים שגדלו במשטרי הטמפרטורה השונים בשני משטרי אורך היום (טבלה 1). בכל אחד ממשטרי הטמפרטורה, לא נמצאו הבדלים בין שלושת הקווים במשטר היום קצר או הארוך. כמו כן, לא נמצאו הבדלים בין שלושת החדרים החמים יותר, A, B ו-C. לעומתם היה ריכוז חומצת השומן היה נמוך באופן מובהק בחדר D (16/10, מ"צ יום/לילה) שבו הרכוז של ALA היה אף מתחת לרמת הזיהוי בקווים *Pos* ו-*Pon* (איור 4).



איור 4. רכוז חומצת השומן ALA בעלים של שלושת מיקרו-מינים נבחים של רגלת הגינה כפי שנבחנו במשטרי טמפרטורה שונים ביום ארוך (שמאל) וקצר (ימין). תוצאות חדר D אינן מובאות במערכת הצירים בגלל רכוז נמוך של ALA. למשטרי טמפרטורה ואורך יום בחדרי הגידול השונים ראה/י טבלה מספר 1.

ב. בחינת גידול חורפי של מיקרו-מינים שונים של רגלת הגינה

מטרת הניסוי הייתה בחינה ראשונית של גידול חורפי של מיקרו המינים השונים וזן מסחרי מיובא של רגלת הגינה. הגידול נערך במנהרה עבירה בנווה יער על מצע מנותק טוף בארגזי קלקר בעומק 28 ס"מ, רוחב 1 מ' ואורך 1.25 מ'.

השתילה בוצעה בתאריך 16.9.2008. כל אחד משמונת מיקרו- המינים נבחן בשלוש חזרות במבנה של בלוקים באקראי (טבלה 2). גודל החלקה (קלקר) 1.25 מ"ר, בכל חלקה נשתלו 24 שתילים ב- 4 שורות.

טבלה 2. מיקרו המינים שנבחנו בניסוי.

שם בוטני	מקור הזרעים	סימון	
<i>P. papillato-stellulata</i>	הזורע	POP	1
<i>P. cypria</i>	ירושלים-גבעת רם	CYP	2
<i>P. oleracea</i>	גינוסר, מחולה, קצרין	OLE	3
<i>P. granulato-stellulata</i>	קליה, עין בוקק, עמיעד	GRA	4
<i>P. nitida</i>	גבעת יואב, עמיעד, היוגב, עין בוקק	NIT	5
<i>P. granulato-stellulata</i>	פרדס חנה	STE	6
<i>P. sativa</i>	קפריסין	SAT	7
<i>P. sativa</i> var. silver	כסף (מעדן זרעים, התקבל משבתאי כהן)	KESEF	8

הגידול נערך עד מרץ 2009, במהלכו נערכו 3 קצירים בתאריכים: 27.10.08, 1.1.09, ו- 3.3.09. במהלך הגידול נצפתה תמותת צמחים שהייתה בשיעור שונה בין הטיפוסים שנבחנו (טבלה 3). כך, בצמחי CYP הייתה תמותה בכל החלקות של כחצי מהצמחים כבר לפני מועד הקציר הראשון, ועד סוף הניסוי שרדו רק כרבע מאלה שנשתלו. ביתר הטיפוסים לא הייתה תמותה גדולה עד הקציר הראשון, אך ברובם מתו הרבה צמחים לקראת הקציר השני. בתת המין POP והזן המסחרי שרדו עד המועד הזה רק רבע מהצמחים שנשתלו. כאשר בזן המסחרי המשיכה התמותה

לאחר מכן עד כדי אפס במועד הקציר השלישי. במיקרו-המינים OLE, STE ו-SAT שרדו בממוצע 15-16 צמחים בחלקה עד הקציר השני, ורק כ- 10 צמחים עד הקציר השלישי. מיקרו- המינים הבולטים בהשרדותם בתנאי הניסוי היו GRA ו-NIT, כאשר בראשון הייתה תמותה רק של כ- 10 אחוז עד סוף הניסוי, ובשני כ- 10 אחוז עד הקציר השני ו- פחות מ-30 אחוז עד הקציר השלישי (טבלה 3).

טבלה 3. מספר הצמחים ששרדו בחלקה במועדי הקציר השונים, מתוך 24 שנשתלו. הצמחים נשתלו בחלקות ב- 16.9.08, קצירים בוצעו בתאריכים המצוינים בטבלה.

קציר			
III	II	I	
3.3.09	1.1.09	27.10.08	
6.3±3.5	9.0±3.0	23.0±2.6	POP
6.0±4.6	8.3±2.1	11.0±2.1	CYP
9.7±4.6	15.7±6.8	22.0±3.5	OLE
21.0±4.4	21.3±3.8	22.0±3.5	GRA
16.7±1.5	20.7±4.0	23.0±2.3	NIT
9.7±3.2	16.0±6.0	20.0±6.9	STE
8.0±2.8	14.7±8.0	21.0±3.8	SAT
0	6.0±5.3	19.0±4.6	KESEF

להלן מוצגים תוצאות אפיון הצמחים במועדי הקציר השונים:

קציר ראשון

במועד זה נקצרו הצמחים כאשר הם בסוף הפריחה ונאספו מהם זרעים לריבוי. תת המין SAT הצטיין בנוף גבוה במיוחד, עלים גדולים ופרקים ארוכים. מיקרו המינים NIT ו- STE היו שונים מהיתר במספר הפרקים הגדול שלהם (5-7 בענף הארוך ביותר) (טבלה 4).

טבלה 4. מדדים מורפולוגיים של מיקרו- המינים הנבחרים במועד הקציר הראשון

תאור	אורך פרק ממוצע (ס"מ)	מספר פרקים	גובה (ס"מ)	תת מין/ זן
עלה קטן, ניצנים, בהיר, מפוצל	3.0	4.3±0.6	13.0±4.5	POP
עלה בינוני, ניצנים, כהה, מפוצל	3.1	4.3±0.6	13.0±3.5	CYP
עלה בינוני, ניצנים, כהה, מפוצל	3.7	4.7±0.6	17.0±1.1	OLE
עלה בינוני, ניצנים, כהה, מפוצל	3.9	4.3±1.2	17.0±4.6	GRA
עלה גדול, ניצנים, בהיר, זקוף	2.6	5.7±0.6	14.0±3.5	NIT
עלה קטן, ניצנים, בהיר	2.4	5.7±0.6	14.0±4.2	STE
עלה גדול, ניצנים, כהה, מפוצל	4.8	4.3±0.6	21.0±5.1	SAT
עלה גדול, ניצנים, בהיר, זקוף	2.7	4.0±1.0	11.0±3.2	KESEF

פרט לזן המסחרי (SAT) ותת המין CYP שהיו דלים ביבול, יתר הזנים הניבו 156-238 גר/מ"ר. השונות בין החזרות הייתה גדולה, ובעיקר הדבר בולט מיקרו המינים STE ו-SAT (טבלה 5). אחוז

החומר היבש היה 7-10 אחוז, והעלים היבשים מהוים 40-60 אחוז ממנו. מאחר שהזרעים מכילים שמן עתיר אומגה 3 יש עניין לבחון את יבולם. היבול היה 2.4 – 6 גר/מ"ר. תת המין OLE הניב את יבול הזרעים הגדול ביותר (טבלה 5).

טבלה 5. רכיבי היבול בקציר הראשון

תת מין/זן	משקל ירוק (לתנור) (גרם)	יבול יבש* (גר/מ"ר)	אחוז החומר היבש	אחוז עלים יבשים מכלל החומר היבש	יבול הזרעים (גר/מ"ר)
POP	120.0±68.0	9.5±5.7	7.9	58	2.8±0.8
CYP	86.0±15.0	6.8±1.6	7.8	55	2.4±0.9
OLE	238.0±20.0	18.9±2.2	7.9	51	6.0±1.1
GRA	220.0±26.0	18.9±5.3	8.6	51	4.2±1.1
NIT	156.0±51.0	12.4±5.5	7.9	52	4.0±1.7
STE	193.0±135.0	19.5±17.8	10.1	47	3.9±3.0
SAT	206.0±131.0	14.7±12.2	7.1	42	3.1±2.9
KESEF	75.0±28.0	5.1±2.0	6.8	53	1.8±0.1

* יבול יבש כללי של כל הצמח והזרעים

קציר שני

הקציר הזה נערך במועד המטרה החורפי, שבעיקר עבורו נערך הניסוי. מכל מיקרו- המינים הנבחרים, רק הצמחים של GRA ו- NIT שרדו כמעט במלואם. מהזן המסחרי SAT שרדו צמחים בודדים שהיו קטנים ולא ראויים לקציר. בדומה למועד הקציר הראשון, תת המין SAT גם בקציר הזה בלט בגובהו (33 ס"מ בממוצע) (טבלה 6). כמו כן, גם בקציר הזה השונות ביבול בין החזרות היתה עצומה (טבלה 7). יתכן שהמקור להבדלים אלו הוא השונות הגנטית התוך מינית שמקור מאיסוף הזרעים בבר, באזורים גיאוגרפיים שונים (עדיין לא בוצעה פעילות של טיפוח). בכל אופן, היבולים החורפיים הממוצעים של הטיפוסים המצטיינים היו בטווח 759-1140 גר/מ"ר, שנראים מבטיחים כנתוני פתיחה לקראת הטיפוח. בולטים תת המינים GRA ו- NIT שמצטיינים בהשרדות הצמחים, יבול גבוה, אחוז עלים מעל 60 אחוז (בהשוואה ל-33-55 אחוז באחרים) ומופע יפה בעל צבע כהה (טבלאות 6, 7-).

טבלה 6. מדדים מורפולוגיים של מיקרו- המינים הנבחרים בקציר השני

תת מין/זן	גובה (מ"ס)	מספר פרקים	אורך פרק ממוצע (מ"ס)	אורך עלה (מ"ס)	רוחב עלה (מ"ס)	תאור
POP	15.0±2.5	4.7±1.2	3.3±0.4	2.4±0.4	1.0±0.1	בהיר, קטן
CYP	20.0±4.4	4.7±1.2	4.3±0.2	2.6±0.1	1.2±0.1	כהה, מפוצל
OLE	24.0±0.6	7.3±0.6	3.3±0.3	3.3±0.2	1.4±0.1	בהיר, מפוצל, שרוע
GRA	23.0±3.0	7.0±0.0	3.3±0.4	3.5±0.2	1.8±0.1	כהה, מפוצל הרבה נוף
NIT	28.0±5.0	6.0±1.0	4.7±0.1	3.5±0.3	1.9±0.2	כהה, מפוצל הרבה נוף
STE	17.0±3.1	5.7±1.2	3.1±0.4	3.1±0.4	1.3±0.2	כהה, מפוצל
SAT	33.0±7.0	6.3±1.2	5.4±1.4	4.4±0.7	2.0±0.2	בהיר, זקוף הרבה נוף
KESEF	6.0±3.0	3.5±0.7	2.1±0.2	2.3±0.1	1.7±0.8	קטן מאוד, כמעט מת

טבלה 7. רכיבי היבול בקציר השני

תת מין/זן	משקל ירוק (גר/מ"ר)	אחוז עלים	אחוז ניצנים
POP	53.0±14.0	54.0±5.0	19.0±3.0
CYP	242.0±186.0	55.0±7.0	22.0±4.0
OLE	510.0±534.0	49.0±8.0	20.0±5.0
GRA	831.0±617.0	64.0±3.0	11.0±1.0
NIT	1138.0±271.0	60.0±7.0	17.0±3.0
STE	247.0±198.0	47.0±7.0	29.0±5.0
SAT	753.0±650.0	33.0±23.0	10.0±4.0
KESEF	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0

קציר שלישי

הקציר השלישי נערך בתחילת מרץ. לכל הצמחים מכל מיקרו-המינים היו סימני מחלה לא ברורה והם לא היו ראויים לקציר. לפיכך לא נערכו מדידות אחוז עלים וחומר יבש. מעניין לציין כי מיקרו המינים GRA ו-NIT נשאו פחות סימני מחלה מהאחרים והניבו יבול חומר צמחי טרי גבוה מאוד, יותר מפי 2 מהיבול החורפי (טבלה 8).

טבלה 8. מדדים מורפולוגיים ורכיבי היבול של מיקרו-המינים הנבחרים בקציר השלישי

תת מין/זן	מספר פרקים	אורך עלה (ס"מ)	רוחב עלה (ס"מ)	משקל ירוק (גר/מ"ר)	תאור
POP	4.3±0.6	3.1±0.3	1.4±0.2	377±177	בהיר, סימני מחלה
CYP	4.3±0.6	2.8±0.9	1.4±0.4	530±413	סימני מחלה
OLE	4.7±0.6	3.3±0.5	1.6±0.2	1248±847	בהיר, סימני מחלה
GRA	6.7±2.1	3.7±0.5	1.9±0.5	2533±609	כהה, מפוצל הרבה נוף
NIT	6.7±1.5	3.7±0.3	1.8±0.2	2468±268	כהה, מפוצל הרבה נוף
STE	5.0±1.0	3.3±0.4	1.7±0.3	947±336	כהה, מפוצל הרבה נוף
SAT	5.7±0.6	3.6±0.4	1.7±0.1	1875±1051	בהיר, זקוף
KESEF	—	—	—	0±0	מת

מסקנות סיכום לניסוי זה:

1. למרות היותה של רגלת הגינה צמח קיץ שאינו גדל בבר בחורף, ניתן לגדלו במנהרה עבירה לאספקת חומר טרי מחוץ לעונה.

2. הזן המסחרי שסופק לנו שמקורו באירופה אינו מתאים לגידול למטרה הזו. תת המין SAT שנפוץ באירופה כגידול מסחרי מעניין אך לא נמצא אופטימלי לגידול בתנאי הגידול שנבחנו.
3. מיקרו- המינים GRA ו- NIT שמקורם באוכלוסיות הבר בארץ הצטיינו במיוחד בתנאי הניסוי ויש לשקול תירבות וטיפול שלהם בעתיד (ליתרון של NIT ראה/י גם דו"ח שנה קודמת).
4. יש לזהות את מהות הפגע שהתגלה בקציר השלישי ולבחון כיצד ניתן להימנע ממנו, כדי לקבל עוד הנבה באביב.

ג. מעקב בגידול רגלת הגינה בתנאים מסחריים

מערכת ניסויים זו נערכה במטרה לקבוע את יכולת צבירת היבול הטרי של רגלת הגינה בעונות הגידול השונות ועל מנת לקבל נתוני יבול ראשוניים בחלקות גידול מסחריות. המעקב אחר גידול של רגלת הגינה נעשה בכל אחת מעונות הגידול הקיצית, הסתוית והחורפית בשנת הניסוי 2009-2010. חלקת הגידול שנבחרה הייתה במשק כרמל במושב היוגב שבה נבחן המיקרו-מין Pos מזרעים מסחריים מיובאים מאירופה. הניסוי בוצע בחממה מסחרית, שבה גודלו הצמחים בתוך שרואלי פרלייט עטופים בבד גיאוטכני (כפי שנהוג בגידול צמחי עירית). עומד השתילה היה כ- 28,000 שתילים לדונם במרווחים של כ-10 ס"מ בין שתיל לשתיל. בכל גוש שתילים זרעו בין 5-10 צמחים (איור 5). ההשקיה ניתנה בטפטוף, 3 פעמים ביום בעזרת מחשב השקיה על-פי 40% נקז. הדשן שניתן מסוג שפר 5:3:8 +6% קורטין הוכנס במהלך ההשקיה באופן יחסי ובריכוז של כ- 80 חלקי מיליון חנקן.

הזריעה התבצעה במגשי הנבטה בשלושה מועדים שונים במחצית יוני (עונת גידול קיצית), בתחילת ספטמבר (לעונת הגידול הסתוית והחורפית). הנבטים הצעירים נשתלו בחלקת הניסוי. בכל עונת גידול התבצעו מספר קצירים כדי לבחון את השפעתם על כמות היבולים, בגידול עונת הקיץ בוצעו שני מועדי קציר; בעונת הסתיו 2 מועדי קציר; ובעונת החורף שלושה קצירים (טבלה 9).

טבלה 9. נתוני גידול של רגלת הגינה בניסוי בקנה מידה מסחרי במשק כרמל (מושב היוגב)

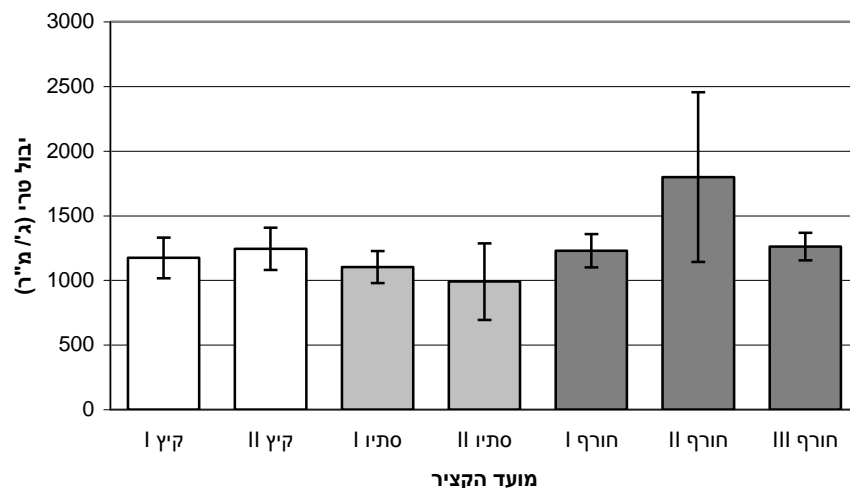
עונת גידול	מועד שתילה	קציר ראשון	קציר שני	קציר שלישי	ימי גידול בין קצירים
קיץ	15.6.09	8.7.09	26.7.09		18, 23
סתיו	4.9.09	29.9.09	19.10.09		21, 25
חורף	4.9.09	4.11.09	25.11.09	20.12.09	26, 21, 15

כל קציר בוצע כאשר הצמחים הגיעו לגובה של כ- 40 ס"מ, ולפני הופעת הפריחה. גובה הקציר מפני הקרקע היה כ- 10 ס"מ על מנת לאפשר התחדשות של הצימוח ולהימנע מהתמוטטות ותמותת צמחים לאחר הקציר. צמחים באורך של כ- 30 ס"מ מאפשרים הדמיה לשיווק במגוון רחב של סוגי אריזות. המדדים שנבחנו במהלך המעקב היו יבול טרי כללי, אחוז עלים יבשים מיבול טרי ואחוז חומר יבש כללי.

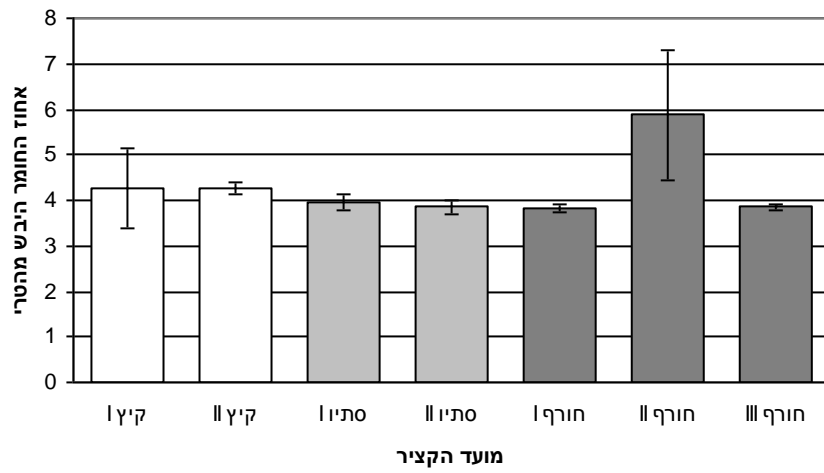


איור 5. גידול צמחי רגלת הגינה (*P. sativa*) בניסוי בקנה מידה מסחרי במשק כרמל, מושב היוגב.

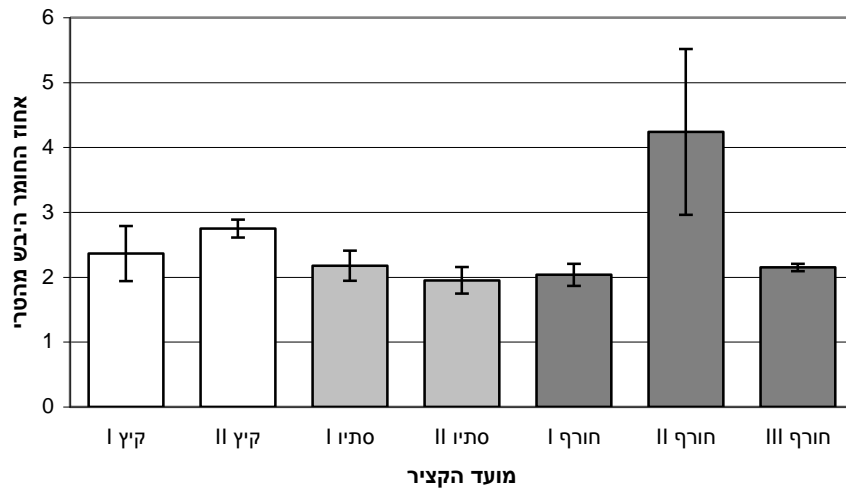
איורים 6-8 מציגים את השפעת מועדי הקציר בעונות הגידול השונות על היבול הטרי הכללי (איור 6), אחוז החומר היבש (איור 7) ואחוז העלים היבשים מכלל הביומסה (איור 8). מתוצאות מערך הניסויים ומעקב אחר גידול של רגלת הגינה בתנאי גידול מסחריים עולה כי בתנאי גידול אינטנסיביים ניתן להגיע ליבול טרי משוק בכמות מאד גדולה. נמצא כי ניתן להגיע ליבול הנע סביב 1 ק"ג / מ"ר (=יבול מחושב של 1 טון לדונם) בכל קציר. בנוסף, נמצא כי הגידול מסוגל להיות רב קצירי, אם כי היה הכרח לשתול במספר מועדים בשנה בגלל תופעה של התמוטטות הצמחים לאחר 2 או 3 קצירים (נתונים אינם מוצגים). בעונות הקיץ, הסתיו וגם האביב ניתן להגיע לתדירות קצירים של כל כ- 20 ימים. לעומת זאת בעונת החורף צפוי קצב גידול איטי יותר ולכן מועט מספר הקצירים, אם כי בשנת הניסוי הנוכחי שרר חורף מתון יחסית שגרם לכך שקצב הגידול היה דומה לזה שבסתיו. לפיכך, עונות השתילה המומלצות הן באביב (אפריל – יוני) ובסתיו (ספטמבר-אוקטובר).



איור 6. ההשפעה של מועד הקציר על היבול הטרי של רגלת הגינה בתנאי גידול מסחריים. למועדי הקצירים ראה/י טבלה 9.



איור 7. השפעת מועד הקציר על משקל החומר היבש של רגלת הגינה בתנאי גידול מסחריים למועדי הקצירים ראה/י טבלה 9.



איור 8. השפעת מועד הקציר על אחוז העלים מכלל הביומסה של רגלת הגינה בתנאי גידול מסחריים למועדי הקצירים ראה/י טבלה 9.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה
בשנה זו התמקדה העבודה בלימוד יכולת לגידול של רגלת הגינה בקנה מידה מסחרי במשק חקלאי (מושב היוגב), ובבירור אפשרויות גידול בתנאי טמפרטורה נמוכים שיועדו לבחון את הפוטנציאל החקלאי של גידול קווים נבחרים גם בחורף.
עיקרי הניסויים והתוצאות
בשנת המחקר הנוכחית נבחן הרכב חומצות השומן והרכב החומצה האוקסלית בעלים של רגלה כפי שנבחנו בניסוי הפיטוטרון בשנה הקודמת. תוצאות האנליזה לא הראו על בין טיפולי אורך יום וטמפרטורה על הצבירה של ALA והחומצה האוקסלית בעלים. בניסויים חקלאיים שנבחנו בחורף, נבחן הפוטנציאל של מיקרו-מינים השייכים לפלורה המקומית כגידול משלים לזן המסחרי. נמצא כי לפחות לשני מיקרו-מינים קיים פוטנציאל חקלאי לגידול בחממה או מנהרות עבירות בחורף. בנוסף, בניסוי במשק היוגב נבחן הקו המסחרי בניסוי בקנה מידה חצי מסחרי, על מנת לבחון את הפוטנציאל החקלאי של הגידול תחת משטרי קציר שונים במועדים שונים לאורך העונה ולקראת החורף. התוצאות מלמדות כי עונות השתילה המומלצות הן באביב (אפריל – יוני) ובסתיו (ספטמבר-אוקטובר).
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
שאלות המחקר שנלמדו בשנה זו עומדות במטרות המחקר שהוצבו בתוכנית המקורית ותורמות להבנה של הפוטנציאל הגלום במיקרו מינים מקומיים לצורך תוכנית טיפוח ושילובם במערך החקלאי של גידול רגלת הגינה כירק סלט עישר בחומצות שומן חיוניות
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתורה לביצוע תוכנית המחקר?
לאור השונות הגדולה שנמצאה בין צמחים של תת המין NIT, יש עדיין צורך בעבודת טיפוח לייצוב קו חקלאי. בנוסף, יש לבחון את צבירת חומצות שומן וחומצה אוקסלית בעלים בעונת גידול חורפית (לא בוצע במסגרת השנה האחרונה), וכן לבחון את תכונות הצמח באחסון לאחר קציר.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - <u>ציטוט</u> ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פנטטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
נשלח מאמר אחד לפרסום.
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
← רק בספריות
← ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
← חסוי – לא לפרסם
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? לא – החוקרים מעורבים בתוכנית המשך שכבר הוגשה לקרן על ידי שבתאי כהן, מו"פ רמת נגב.

רשימת פרסומים:

1. Szalai, G., Dudai, N., Dai, N., Barazani, O. (In Press) Nitrogen source in the fertilizing solution affect the nutritional quality of three lines of *Portulaca oleracea*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*
2. Oduro, H. 2009. The effect of temperature and day length on the concentration of fatty acids and organic acids in leaves of *Portulaca oleracea* : Effect of oral administration of these leaves on acute intestinal inflammation induced in mice. MSc Thesis. The Hebrew University of Jerusalem.

רשימת ספרות מצוטטת:

1. Palaniswamy, U.; McAvoy, R.; Bible, B., Omega-3-fatty acid concentration in *Portulaca oleracea* is altered by nitrogen source in hydroponic solution. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **2000**, 125, 190-194.
2. Simopoulos, A. P.; Norman, H. A.; Gillaspay, J. E.; Duke, J. A., Common purslane - a source of omega-3-fatty-acids and antioxidants. *J. Am. Coll. Nutr.* **1992**, 11, 374-382.
3. Simopoulos, A. P.; Salem, N., Purslane - a terrestrial source of omega-3-fatty-acids. *New Engl. J. Med.* **1986**, 315, 833-833.
4. Danin, A.; Baker, I.; Baker, H., Cytogeography and taxonomy of the *Portulaca-oleracea* L polyploid complex. *Israel J. Bot.* **1978**, 27, 177-211.
5. Danin, A.; Reyes-Betancort, J., The status of *Portulaca oleracea* L. in Tenerife, The Canary Islands. *Lagasalia* **2006**, 26.