

דו"ח לתכנית מחקר מספר 20-01-0208

שנת המחקר: __ 3 __ מתוך 3 שנים

השבחת זני מרווה מרושתת מותאמים לגידול מסחרי להפקת שמן עתיר בחומצת שומן אלפא לינולנית (אומגה 3).

Breeding of clary sage suitable to commercial production of rich omega 3 seed
oil

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות
ע"י

פרופ נתיב דודאי, ד"ר אלונה שכטר וד"ר דוד חיימוביץ', היחידה לצמחי תבלין מרפא ובושם, מרכז מחקר נוה
יער, מנהל המחקר החקלאי, natvdud@gmail.com.

תוכן עניינים:

1	דף שער
2	תקציר מדעי
2	מבוא
3	מטרות המחקר
4	פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות
12	סיכום ודיון
12	רשימת ספרות

תקציר מדעי:

המרווה המרושתת מגודלת בעולם למטרת הפקת שמן אתרי וסקלראול לתעשיית הבשמים, הקוסמטיקה והרפואה האלטרנטיבית. בעבר פיתחנו לה שימוש חדש, והוא הפקת שמן עתיר אומגה 3 מהזרעים. מטרת התכנית הינה סלקציה של זן מותאם לשימוש החדש, שכן כיום מגדלים את הזנים המותאמים ליישום המסורתי. בשנה הראשונה ביצענו בחינת קיום מעבודה בעבר. אכן הצלחנו להשיג שונות משמעותית שמהווה תשתית להמשך הטיפוח. כתוצאה מכך בררנו 5 קווים שנושאים תכונות ייחודיות מתאימות למטרת הגידול לבחינה בשדה חצי מסחרי בשיטות בגידול המסחריות, בהשוואה לזן המסחרי הישראלי זן מסחרי אופייני מחצי האי קרים. המבחן נערך שנתיים, במשך 2 עונות. התוצאות של השנה הראשונה חזרו על עצמן. סומנו זנים מצטיינים בתכונות שונות. בשתי שנות הניסוי הזן מקרים לא פרח, כנראה בגלל דרישת גבוהות של מנות קור. בעוד שבשנה למבחן הראשונה כל 5 הזנים החדשים עלו על זן הביקורת המקומי בכל המדדים, בשנה השנייה שניים מהם לא הגיעו לפריחה מלאה ולכניבול הזנים היה נמוך יותר.

מבוא:

בתחילת שנות האלפיים ערכנו סריקה של מינים רבים להתאמתם להיות מקור חדש ואיכותי לשמן צמחי עתיר חומצת שומן אומגה 3. תוצאות הסריקה הביאו אותנו לבחור במין הארומתי מרווה מרושתת (*Salvia sclarea*) שהשמן שמופק מהזרעים שלה איכותי יותר מכל השמנים הצמחיים מסוג זה שהיו בשוק. היתרונות של השמן היו יציבות רבה יחסית בהשוואה לשמנים העתירים באומגה 3 שנוטים להתחמצן, היעדר טעם וריח רעים והרכב חומצות שומן יחודי: פחות אומגה 6 ויותר אומגה 9 בהשוואה למקורות האחרים. כמו כן, שמנים מתחרים מכילים חומרים אלרגנים ו/או רעילים כגון שמן פשתן ושמן פרילה. הרעיון נרשם כפטנט בישראל ומאוחר יותר ברחבי העולם (Dudai et al. 2006).

הצמח מרווה מרושתת משמש מקדמת דנא כמקור לשמן אתרי לתעשיית הבשמים ולמיצוי סקלראול שמשמש כחומר גלם לסנינתזה של מרכיב בשם אמברוקס המשמש בעשיית הבשמים והסיגריות. את המוצרים האלה מפיקים מהתפרחת בזמן פריחתה, הרבה לפני הבשלת הזרעים (Zutic et al. 2016, Elnir et al. 1991ab). לעומת זאת, הפטנט שלנו עוסק במיצוי הזרעים לאחר הבשלתם.

לפיכך, כל הזנים המסחריים של המרווה המרושתת אינם אופטימליים לגידול להפקת שמן מהזרעים, מאחר שטופחו להנבת שמן אתרי וסקלראול. לעומת זאת, לתעשיית השמן הצמחי נדרשים זנים המניבים יכול גבוה של זרעים, תכולת השמן בזרעים תהייה גבוהה, ובשמן תהיה רמה גבוהה של חומצה אלפא לינולנית (אומגה 3) וחומצה אולאית (אומגה 9), וכן רמה נמוכה של חומצה לינולנית (אומגה 6). חשוב גם שהצמחים יהיו נוחים לקציר בעזרת קומביין זרעים (לא גבוהים מדי), ושהזרעים לא יפלו מהתפרחת עד ו/או במהלך הקציר. בנוסף לכך, חשוב ליצור זו יחודי שיהיה מיוחד בהרכב החומרים בשמן שאינם חומצות שומן (כגון טרפנים שונים) כדי לבדל אותו משאר השמנים של מתחרים פוטנציאליים.

במשך שנים עסקנו רבות באופטימיזציה ובפיתוח פרוטוקולי גידול לאזורים השונים (בלייכר, 2006). עקב מגבלות תקציב לא עסקנו באופן אינטנסיבי בטיפוח הגנטי.

אחת הבעיות בטיפוח היא שהשונות בזנים המסחריים של מרווה מרושתת בעולם היא קטנה מדי, דבר שמגביל את אפשרויות הסלקציה. לכן עסקנו רבות בנווה יער בהגברת השונות בשיטות שונות, ובעיקר על ידי שימוש באוכלוסיות בר שנסאפו או התקבלו מחו"ל (Zutic et al. 2016). לאחר כמה דורות של הכלאות המוניות והתפצלות גנטית של הצאצאים בדורות הבאים, יש בידינו אוכלוסיות עם שונות גדולה בכל המדדים. בשלושת השנים האחרונות עסקנו בבחינה בקנה מידה קטן של גורמי השונות באוכלוסיות ובידינו כמה קוים מצטיינים בתכונות שונות. מאחר שמדובר בריבוי מזרעים ולא מייחורים, נדרש ייצוב של הזנים במשך לפחות שלושה דורות.

יש לציין שהתהליך שאנו מבצעים הוא קריטי וחיוני מבחינת המסחור של ההמצאה, שכן כיום יש בעיות אגרוטכניות שמקשות על ההיבט הכלכלי של הגידול, דבר שייפטר על ידי הגדלת יבול הזרעים, התאמת מבנה הצמח לכלי הקציר והפחתת שפיכת הזרעים. מאידך, נדרש שיפור תכונות השמן הנדרשות על ידי הצרכן, שיבדל אותו ממתחרים פוטנציאליים, שצצים למרות שההמצאה מוגנת בפטנט.

תהליך הטיפוח מתבסס על האוכלוסיות והקווים הגנטיים שיצרנו בשנים האחרונות, בתהליך קונבנציונלי לחלוטין שהתבסס על הכלאות וסלקציה, ובהמשך ייצוב הקווים הרצויים על ידי הכלאות עצמיות.

מטרות המחקר:

המטרה: פיתוח זן ייחודי אופטימלי לייצור זרעים עבור תעשיית שמן צמחי עתיר אומגה 3. על הזן להכיל תכונות רצויות המפרטות בתיאור הפרוייקט לעיל.

יעדי המשנה:

-סלקציה של קוים גנטיים בעלי תכונות רצויות מתוך 3000 צמחים שמקורם מזרעים שנסאפו באוכלוסייה הוואריאבילית שיצרנו בעזרת אוכלוסיות מתפצלות.

-בחינת הזנים בשדה חצי מסחרי.

-ריבוי הזנים הנבחרים והמיוצבים לצורך גידול מסחרי.

פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות:

א. בשנה הראשונה:

בשנים קודמות עסקנו בהגברת השונות של המאגר הגנטי שבידינו בעזרת הכלאות פתוחות המוניות של צמחים ממקורות שונים בבר והתרבות בעולם. לבסוף הקמנו חלקה בת כ- 500 מ"ר שבה שונות גדולה מאוד. החלקה הזו שמשה לסלקציה של קווים בעלי תכונות ייחודיות הקשורות בייצור זרעים למטרה החדשה. 25 הקווים הנבחרים עברו ייצוב במשך 4 דורות. השנה נבחנו הקווים האלה בחלקות של 20 מ"ר מכל זן ב 4 חזרות (טבלה א1). זרעי הקווים נזרעו בעזרת פלנט יד ישירות האדמה, 2 שורות בערוגה במינן של 200 גרם לדונם (כ-80 זרעים למטר רץ) בדיוק כפי שנהוג בגידול בשדה המסחרי. נמדד מועד הפריחה, מורפולוגיית הצמח והתאמתו לקציר מכאני. בפועל מצאנו המורפולוגיה של הקווים היתה דומה פרט לחריגים שהיו גבוהים יותר או קומפקטיים. אנו רואים בקומפקטיות תכונה חיובית להתאמה לקציר קומביין, ולהיפך לגבי גובה מוגזם. החלקות נקצרו והופרדו מהם הזרעים לבחינת מדדי היבול והאיכות. הזרעים נבחנו במעבדה לתכולת השמן והרכבו. קו מספר 25 לא נבט היטב, כך שנשארה חזרה אחת ללא נתונים מרשימים, לכן הוצג בטבלה.

הקציר בוצע באופן ידני. הפרדת הזרעים נערכה בעזרת דייש ולאחר מכן הפרדה במזרה זרעים וניקוי בשיטות שונות. בדיקת תכולת השמן בזרעים בוצעה במעבדה בעזרת מכשיר סוקסלט. הרכב חומצות השומן הזרעים בוצע בעזרת גזא כרומטורף, FID לאחר אסטריפיקציה ומול תמיסת סטנדרטים.

הנתונים בטבלה א1 הם ממוצע של 4 חזרות (פרט לקווים 21, 22, 23, 19 שהיו ב 3 חזרות עקב מחסור בשתילים בגלל בעיות בנביטה). מבחנים סטטיסטיים בעזרת תכנת JMP (במבחן- ANOVA), ותוצאותיהם מוצגות בטבלה (אותיות שונות מציגות הבדלים במובהקות $P < 0.05$).

מ- 25 הקווים נבחרו 6 בעלי תכונות ייחודיות (מספריהם מסומנים בטבלה ברקע ירוק) לתכלית הגידול להפקת שמן עתיר אומגה 3. בנוסף, בוצעו הכלאות עצמיות להמשך ייצוב הקווים הגנטיים ולצורך ריבוי בחלקות חצי מסחריות בהמשך ביצוע המחקר.

טבלה א1: תוצאות עיקריות בשנת המחקר הראשונה - מבחן 25 קווי מרווה מרושתת שנבחרו ויוצבו גנטית בנווה יער.

מס הקו הגנטי	מועד פריחה 1-מקדים 5-מאחר	יבול הזרעים (גר/מ"ר)	תכולת השמן (%)	אומגה 3 בשמן (%)	אומגה 9	אומגה 6	הערות
1	4.0	145 גד	30.8 אבג	56.1 אבגדה	21.9	13.0	
2	2.2	30 ו	30.4 אבג	54.5 בגדהז	22.5	13.6	
3	3.1	145 גד	20.8 ו	50.2	18.5	22.8	מלכיה
4	2.1	130 גד	31.5 אב	55.3 אבגדה	21.0	13.6	
5	1.0	220 בגד	31.9 אב	56.7 אבגד	20.9	13.6	
6	3.0	220 בגד	32.4 א	54.2 גדהזחט	22.4	15.2	
7	1.0	210 בגד	31.3 אב	55.0 בגדה	21.1	14.9	
8	4.0	285 אב	32.6 א	51.6 זחט	24.4	16.1	קומפ', מפוצל
9	3.0	205 גדה	31.8 אב	52.9 דהזחט	21.9	15.8	
10	1.2	210 גדה	30.5 אבג	58.8 א	20.0	10.9	
11	2.0	265 אב	30.5 אבג	58.3 אבג	22.0	11.0	
12	3.0	105 גדה	32.0 אב	56.0 בגדה	21.7	13.8	קומפקטי
13	3.0	170 בגדה	32.1 אב	57.7 אבג	19.8	13.3	
14	3.0	145 בגדה	32.0 אב	59.0 אב	20.5	11.4	גבוה
15	3.0	240 אבג	32.1 אב	59.2 אב	20.9	11.1	
16	4.0	63 דה	25.1 ה	52.8 זחט	19.7	20.6	
17	4.2	190 בגד	32.7 א	55.3 אבגדה	22.3	12.9	קומפקטי
18	3.5	175 גד	30.5 אבג	56.5 אבגד	21.2	13.0	גבוה
19	5.0	100 גדה	30.2 אבגד	52.7 הזחט	23.1	15.9	
20	5.0	250 בגד	29.4 בגד	50.8 חט	24.9	15.3	
21	5.0	125 גד	26.8 דה	49.6 חט	22.9	18.3	
22	5.0	260 אבג	29.7 אבגד	52.1 גדהזחט	23.0	14.2	
23	5.0	100 בגדה	28.1 גדה	52.2 דהזחט	24.1	14.1	
24	4.0	250 בגדה	31.5 אב	54.5 בגדה	21.4	14.4	

ב. בשנה השנייה

מ-25 הקווים נבחרו 5 בעלי תכונות ייחודיות לתכלית הגידול להפקת שמן עתיר אומגה 3. בנוסף, בוצעו הכלאות עצמיות להמשך ייצוב הקווים הגנטיים ולצורך ריבוי בחלקות חצי מסחריות בהמשך ביצוע המחקר. התצפית בוצעה בחלקה של כ-3 דונם במו"פ עמק המעינות. כל שלבי הגידול נערכו באופן זהה לגידול מסחרי. הזריעה בוצעה בתאריך 23/10/2019 בערוגות ברוחב 2 מטר בעזרת מזרעה ידנית בשתי שורות במרחק 75 ס"מ זו מזו בעומד של כ-490 גר' זרעים לדונם. השקיית ההנבטה בוצעה ב-24/10/2019 ולאחר מכן נפרסה מערכת טפטוף טפטפות 2 ל/ש במרווח 0.3 מ' קו אחד בערוגה. דישון ניתן ינואר 4.2 יחידות חנקן לדונם. השקיות עזר ניתנו לפי הצורך סה"כ 252 מ"ק לדונם

סה"כ נזרעו 6 זנים, 5 זנים שנבחרו במבחן בשנה שעברה, זן 19 שהוא מסחרי בחצי האי קרים וזן הביקורת (20) שהוא המסחרי בארץ שאומץ בעבר בנווה יער מצרפת לצורך גידול לייצור שמן אתרי ושימש לייצור הזרעים להפקת שמן עתיר אומגה 3 בישראל. כל זן נזרע ב-3 ערוגות, למניעת אפקט גבול בדגימה מהשורה האמצעית מכל אחד. לדגימה מדוייקת של היבול בכל זן נקצרו בערוגה האמצעית 4 חזרות של 20 מ"ר (10 מטר רץ של הערוגה), סה"כ 80 מ"ר. זן 19 מחצי האי קרים לא פרח כלל. הקציר בוצע ידנית במזמרות, התפרחות נושאות הזרעים הוכנסו בשקי ענק והועברו להפרדת הזרעים בנווה יער. הזרעים מכל חלקה נשקלו ונלקחו דוגמאות לבידיקת תכולת השמן והרכבו במעבדה. תכולת השמן נבדקה בעזרת מיצוי על ידי מערכת סוקסלט בהקסן במשך 48 שעות ונידוף ההקסן במכשיר טורבוואפ. הרכב השמן עדיין נבדק באמצעות גרז כרומטוגרף. יבולי הזרעים, אחוז השמן ויבול השמן המחושב מוצגים בטבלה ב1.

כל הזנים הנבחרים הניבו זרעים בממוצע יותר מזן הביקורת (20). סטיית התקן המירבית היתה 17.3% מהממוצע. הזן 8 ו-5 הניבו את היבולי הזרעים הגבוהים ביותר, עלייה של 81% (בהתאמה) ביחס לביקורת (טבלה ב1).

בנוסף, ניכרו הבדלים ניכרים בתכולת השמן בזרעים. גם כאן הצטיין זן 8, וכל הזנים המבוררים הניבו באופן משמעותי יותר מהזן המסחרי. יוצא איפוא, שגם ביבול השמן המחושב לדונם יש הבדלים משמעותיים (טבלה ב1). זן 8 הניב בערך פי 2.5 מזן הביקורת וב 60% יותר מרוב הזנים האחרים (טבלה ב1). עם זאת, ניכר היבול הנמוך של זן 11 (אם כי גבוה יותר מהביקורת). מאחר שזן 11 הוא זן מקדים (איור 1) והקציר של כל הזנים נעשה במועד אחיד, יתכן שלו היינו קוצרים אותו קודם היה מניב יותר (ירידת יבול בגלל שפיכת זרעים). נדון על זה בפרק הדיון להלן.

הרכב חומצות השומן מוצג בטבלה ב2. זן 17 ו-11 מצטיינים במיוחד בתכולת ALA (אומגה 3) בשמן.

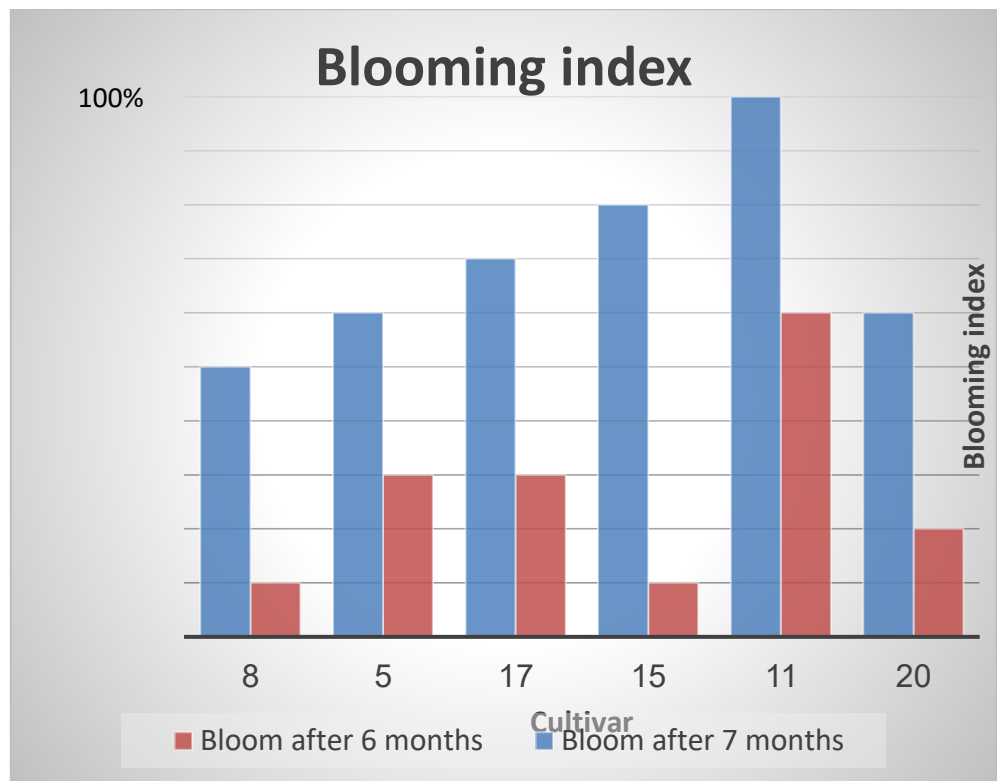
טבלה ב1: רכיבי היבול של שמן עתיר אומגה 3 בזני מרווה מרושתת שנבחנו בשטח חצי מסחרי בחוות עדן (מו"פ עמק המעינות). הקציר בוצע ב 7-9/06/20. התוצאות הן ממוצע של 4 חזרות.

שם הזן	יבול זרעים גר/מ"ר	סטיית התקן	תכולת השמן (%)	סטיית התקן	יבול שמן מחושב (גר/מ"ר)
5	81	1.1	25	1.0	20.5
8	115	7.8	28	1.0	32.2
11	71	6.6	23	1.2	16.3
15	74	12.8	26	0.7	19.2
17	80	12.8	25	1.4	20.0
20	63	4.6	21	2.0	13.2

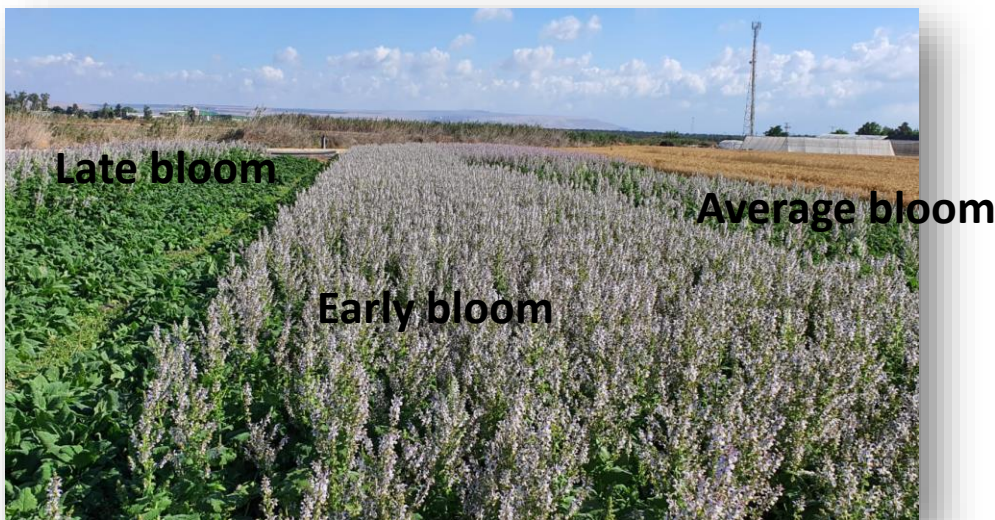
טבלה ב2: הרכב חומצות השומן העיקריות בשמן (% בכלל השמן) בזרעי זני מרווה מרושתת שנבחנו בשטח חצי מסחרי בחוות עדן (מו"פ עמק המעינות). הקציר בוצע ב 7-9/06/20.

Variety	5	8	11	15	17	20
	%	%	%	%	%	%
Palmitic Acid	6.8	6.7	6.7	6.7	7.1	7.1
Stearic Acid	2.6	2.2	2.1	2.3	2.1	2.4
Oleic Acid	23.9	24.4	22.4	25.7	20.0	23.4
Linolenic Acid	49.8	49.7	56.5	52.2	56.3	50.7
Total	98.4	98.3	98.1	98.2	98.5	98.4

מאחר שיש חשיבות רבה למועד הפריחה וההנבה, מדדנו את אינדקס הפריחה בשני תאריכים, 6 ו-7 חודשים לאחר הזריעה (איורים 1 ו-2).
 זן 11 היה בכיר בפריחה באופן משמעותי. זן 8 היה אפילו זן 5 פרח במועד זהה לזה של זן הביקורת.



איור 1: מדד מצב הפריחה בשני מועדים (הערכת אחוז הפריחה: 0 אין פריחה, 10 פריחה מלאה)



איור 2: צילום השדה ב

6/5/2020. ניכרים ההבדלים בשלבי הפריחה של הזנים השונים.

מאחר שהמרווה המרושתת משמשת בגידול הקלאסי להפקת סקלראול או שמן אתרי, בדקנו גם את יבוליהם. התפרחות נקצרו ידנית מארבע חלקות של 20 מ"ר מכל זן, במועד האופטימלי (כאשר הזרעים בשליש התחתון של התפרחת הראשית הפכו לחומים). הפרחים כולל עלי הגביע הופרדו מהשדרה ודוגמאות של חצי ק"ג נדגמו לתכולת הסקלראול או השמן האתרי. השמן האתרי הופק בזיקוק באדים במערכת קלונגר ו"הקונקריט"

(המיצוי בהקסן שמעיל את הסקלראול) הופק במערכת סוקסלט באופן שמתואר לעיל לגבי הפקת השמן מהזרעים. הערכת תכולת הסקלראול בקונקריט התבצעה בעזרת גאז כרומטוגרף (טבלה ב3).

תכולת השמן האתרי בתפרחות היתה 0.3-0.4%, היבול הגבוה ביותר למ"ר התקבל מהזן 11.

יבול הסקלראול המחושב הגבוה ביותר התקבל מהזנים 8 ו 11.

טבלה ב 3: רכיבי היבול של סקלראול ושמן אתרי:

Cultivar	20 Control*	17	11	5	8	15
Blooming time	Average	Average	Early	Average	Late	Average
Inflorescence yield (gr/m ²)	2260	2464	3449	2642	1953	2058
Flower yield (gr/m ²)	1317	1400	1845	1469	1124	1225
Flowers per inflorescence (%)	58	57	53	55	57	59
Flowers dry weight (gr/m ²)	126.6	136.4	326.6	156.2	231.9	315.1
% Essential oil fresh flower yield	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3
Essential oil yield (gr/m ²)	6.8	7.3	13.8	7.9	5.8	6.1
% Sclareol in concrete	45	47	46	42	51	50
% Sclareol in inflorescence	0.6	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0
Concrete yield (gr/m ²)	18.0	16.9	24.1	19	22.48	15.6
Sclareol yield (gr/m ²)	8.0	8.0	11.2	8.0	11.5	7.8

ג. בשנה השלישית

בוצע המשך הניסוי של השנה השנייה, קציר שני בכל החלקות. מהלך הניסוי וכל שיטות העבודה היו זהים לאלה שפורטו בסעיף השנה הקודמת לעיל. גם השנה זן 19 שהוא מסחרי בחצי האי קרים לא פרח. יתכן שיש לו דרישת מנות קור גבוהה מאלה שיש לנו בארץ. השנה הזנים 5 ו- 8 לא הגיעו לפריחה מלאה (טבלה ג1) ונתנו יבול תפרחות (טבלה ג4) ויבול זרעים (טבלה ג2) נמוכים מזן הביקורת (זן 20). בשנה שעברה סיווגנו אותם כ"מאחרים" והם הניבו את יבולי הזרעים הגבוהים ביותר. השנה הם הגיעו להבשלה כאשר הפריחה

אמנם אחרה אך לא הגיעה ל 100% ולכן היבולים היו נמוכים ומאכזבים (טבלה ג1). לעומתם יתר הזנים בכל המדדים היו טובים מהביקורת. בתנובת הזרעים הצטיינו בעיקר זן 15 וזן 17. בתכולת השמן בזרעים חזרה המגמה שנצפתה בשנה שעברה: בעיקר הצטיין זן 8, כאשר כל הזנים המבוררים הניבו באופן משמעותי יותר מהזן המסחרי. יוצא איפוא, שגם ביבול השמן המחושב לדונם יש הבדלים משמעותיים (טבלה ג2). בעוד זן 8 שהצטיין בשנה שעברה, וכן זן 5, הניבו יבול נמוך ומאכזב, שלושת הזנים האחרים הניבו יבולים גבוהים באופן משמעותי מהביקורת, ובעיקר ראוי לצין הזן 15. הניב בערך פי 2.5 מזן הביקורת וב 60% יותר מרוב הזנים האחרים (טבלה ג2). גם השנה זן 17, 11 ו 15 מצטיינים במיוחד בתכולת ALA (אומגה 3) בשמן טבלה ג3). גם השנה מדדנו בהזדמנות זו גם את נושא הנבת הקונקרטי המשמש להפקת סקלראול, למרות שאינו נושא תכנית המחקר הנוכחית. יש לציין את זן 17 שהניב יבול קונקרטי כמעט כפול מהביקורת (טבלה ג4). זאת למרות שבשנה שעברה הצטיינו דווקא הזנים 8 ו 11.

טבלה ג 1: מעקב התפתחות הפריחה

הערות	19.5.21	12.5.21	5.5.21	26.4.21	21.4.21	15.4.21	זן
חוסר אחידות בפריחה רק חלק מהצמחים פרחו	פריחה 60%	פריחה 30%	פריחה 10%	תחילת פריחה 5% מהצמחים	תחילת התמיינות לגבעולי פריחה	אין התמיינות	5
חוסר אחידות בפריחה רק חלק מהצמחים פרחו	פריחה 70%	פריחה 40%	פריחה 10%	תחילת פריחה 5% מהצמחים	תחילת התמיינות לגבעולי פריחה	אין התמיינות	8
	פריחה 100%	פריחה 70%	פריחה 40%	תחילת פריחה 25% מהצמחים	תחילת התמיינות לגבעולי פריחה	אין התמיינות	11
	פריחה 100%	פריחה 70%	פריחה 30%	תחילת פריחה 50% מהצמחים	התמיינות של רוב הצמחים בחלקה	תחילת התמיינות לגבעולי פריחה	15
	פריחה 100%	פריחה 70%	פריחה 30%	תחילת פריחה 50% מהצמחים	התמיינות של רוב הצמחים בחלקה	תחילת התמיינות לגבעולי פריחה	17

	פריחה 100%	פריחה 80%	פריחה 50%	תחילת פריחה 20% מהצמחים	התמיינות של רוב הצמחים בחלקה	אין התמיינות	20
--	------------	-----------	-----------	-------------------------	------------------------------	--------------	----

טבלה ג 2: רכיבוי היבול של שמן הזרעים ב 05/07/21

שם הזן	יבול זרעים גר/מ"ר	סטיית התקן	תכולת השמן (%)	סטיית התקן	יבול שמן מחושב (גר/מ"ר)
5	51	11	23	2.7	12
8	38	10	27	3.6	10
11	111	15	23	0.5	25
15	119	7	27	1.2	32
17	99	8	28	3.6	28
20	93	18	22	0.7	20

טבלה ג3: הרכב חומצות השומן העיקריות בשמן (% בכלל השמן) בזרעי זני מרווה מרושתת שנבחנו בשטח חצי מסחרי בחוות עדן (מו"פ עמק המעינות). הקציר בוצע ב 05/07/21.

Variety	5	8	11	15	17	20
	%	%	%	%	%	%
Stearic Acid	2.4	2.1	2.1	2.1	2.0	2.2
Palmitic Acid	6.6	6.5	6.3	6.3	6.3	6.4
Linoleic Acid	14.8	14.0	10.1	9.8	10.2	14.0
Oleic Acid	23.6	27.0	24.8	22.6	21.6	25.9
γ -Linolenic Acid	50.0	48.0	54.3	56.6	57.7	49.0
Total	97.3	97.6	97.7	97.3	97.8	97.7

טבלה ג4: רכיבוי היבול של הקונקריט. נדגם ב 26/05/21

הזן	יבול תפרחות (גר/מ"ר)	סטיית התקן	אברי הפריחה ללא השדרה (% מכלל התפרחת)	סטיית התקן	יבול מחושב אברי הפריחה ללא השדרה (גר/מ"ר)	סטיית התקן	% קונקריט אברי הפריחה ללא השדרה	סטיית התקן	קונקריט יבול מחושב (גר/מ"ר)
5	1390	247	54.5	0.7	757	125	2.2	1.0	167
8	988	159	55.0	0.0	543	88	2.1	0.4	114
11	2300	57	54.5	0.7	1243	15	1.9	0.2	236
15	2948	103	55.0	0.0	1621	56	1.7	0.4	276
17	3099	210	55.0	0.0	1704	116	2.4	0.5	409
20	2018	60	56.3	1.8	1135	69	2.0	0.6	227

סיכום ודין

מטרת המחקר היה לברור זן משופר לגידול עבור הפקת שמן עתיר אומגה 3 מהזרעים. לצורך המחקר קיבצו קוים מהמאגר הגנטי שלנו, רובם נבררו בעבר למטרה הזו לאחר הכלאות של אוכלוסיות מתפצלות להגברת השונות, לאחר מכן ייצב של 3 דורות לזנים נבחרים. לפי תוצאות מבחן הזנים בחלקות קטנות בשנה הראשונה, אכן הצלחנו להשיג שונות משמעותית שמהווה תשתית להמשך הטיפוח. כתוצאה מכך בררנו 6 קוים שנושאים תכונות ייחודיות מתאימות למטרת הגידול לבחינה בשדה חצי מסחרי. הבחירה של 6 הקוים להמשך העבודה התבססה גם על עיון בתוצאות משנים קודמות כדי לבחון עקיבות בתוצאות. למשל, בדקנו אם קו שהניב אחוז שמן גבוה מיוחד ו/או אחוז חומצה אלפא לינולנית בשמן עשה כך גם בבחינות בעבר. בשנה השנייה והשלישית של המחקר הזנים האלה נבחנו בגידול בשטח חצי מסחרי בשיטות גידול מסחריות לחלוטין. כדי להשיג חזרות מדוייקות, למניעת מקור השונות הסטטיסטית הנובעת מהקציר הממוכן, קצרנו חלקות גדולות למדידת היבול באופן ידני. התוצאות הראו מגמות דומות לאלו שהתקבלו בניסוי של השנה שעברה. כל הזנים היו טובים יותר במדדים השונים מזן הביקורת. כך גם לגבי **תכולת אומגה 3 בשמן** – מעל 58 אחוז לעומת 49-52 אחוז בזנים המסחריים. בטבלאות הוצגה גם תכולת חומצות השומן אומגה 9 (חומצה אולאית) ואומגה 6 (חומצה אלפא לינולאית) בשמן, אם כי זה פחות רלבנטי בשיקולים של הסלקציה. בשנה השנייה 2 זנים שנמצאו מאחרי פריחה בשנה הקודמת לא הגיעו לפריחה מלאה, ולכן נתנו יבולים נמוכים במיוחד. יתכן שהדבר נובע מדרישת מנות קור (ורנליזציה) גבוהה יותר מהאחרים בתנאים של החורף החם יחסית שהיה בעונת 2020/21. השערה זו נתמכת בכך שזן 19 שמקורו בחצי האי קרים לא פרח כלל בתנאים שלנו למרות שבארץ מוצאו הוא פורח היטב כל שנה. מכאן, יתכן שהסלקציה שלנו הניבה זנים בעלי דרישה נמוכה יחסית לקור, וכך יתאימו לגידול בארצות החמות. באירופה זורעים האפריל ומקבלים פריחה ויבול ראשון רק בשנה השנייה לאחר האינדוקציה של החורף. הורדת רמת הורנליזציה הנדרשת לפריחה יכולה להועיל בגידול בארצות חמות, ויתכן שתאפשר פריחה בשנה הראשונה גם בארצות קרות. כמו כן, חשוב שיהיה מבחר זנים המותאמים לתנאים וצרכים מקומיים שונים. בהמשך נערך הכלאות כדי לצרף ולהגביר תכונות ייחודיות.

3

רשימת ספרות

בלייכר, י. (2006), פוטנציאל יצור זרעי מרווה מרושתת (*Salvia sclarea* L.) כמקור שמן עתיר חומצת שומן מסוג אומגה 3 והשפעת גורמים התפתחותיים ואגרוטכניים על צבירת השמן והרכב חומצות השומן. ע"ג שהוגשה לאוניברסיטה העברית לקבלת תואר מוסמך במדעי החקלאות, בהנחיית נתיב דודאי ורם רייפן.

Dudai, N., Yaniv, Z., Putievsky, E., Shefferman, D., Chaimovitsh, D. and Sa'ady, D. Compositions containing as the active ingredient components from *Salvia sclarea* seed. Israeli patent 168574, Issued: March 2006. European Patent EP 047704754, granted April 2009. US Patent US9532964 B2, granted Jan 2017.

Zutic, I., Nitzan, N., Chaimovitsh, D., Shachter, A, and **Dudai, N.** (2016) Geographical location is a key component to effective breeding of clary sage (*Salvia sclarea*) for essential oil composition. *Isr. J. Plant Sci.* 63: 134-141.

Elnir, O., Ravid, U., Putievsky, E., Dudai, N. and Ladezinsky, G. (1991a). The chemical composition of two Cleary Sage chemotypes and their hybrids. *Flavour and Fragrance J.* 6: 153-155.

Elnir, O., Ravid, U., Putievsky, E., Dudai, N. and Ladzinsky, G. (1991b). Genetic affinity between two chemotypes of clary sage (*Salvia sclarea* L.) *Euphytica*_54: 205-208.