

דוח מסכם מס': 277-0137-09

פתוח נבטים למאכל של גדילן מצוי כגידול חדש ליצוא

Development of *Silybum marianum* as a new edible sprout, for export.

ע"י

יפתח ואקנין – המחלקה לגידולי שדה ומשאבי טבע, המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי.  
עוז ברזני – המחלקה לחקר ירקות, בנק הגנים הישראלי, המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי.

Yiftach Vaknin, Institute of Plant Sciences. ARO, P.O.B. 6, Bet Dagan, 50250

אפריל 2010

*הממצאים בלוח זה הינם תוצאות ניסויים.*

**הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים**

**חתימת החוקר**

---

## תקציר

במחקר הנוכחי אנו מנסים להעשיר את סל המוצרים של הנבטים למאכל בגדילן מצוי (*Silybum marianum*); מין שמקורו בצמחיית הבר בישראל המאופיין בערכים תזונתיים ובריאותיים גבוהים ביותר. גדילן מצוי, הינו צמח חד-שנתי המאכלס מעזבות ושדות בור. הצמח גדל בארץ בכל האזורים פרט לנגב ולערבה ומאופיין בפריחה בצבע סגול-ארגמן או בפריחה לבנה. גבעולים צעירים מקולפים טובים למאכל אדם והעלים הצעירים משמשים להכנת סלט. מיצוי מהזרעים מכיל חומר המכונה Silymarin; תערובת של פלבנואידים, נוגדי חמצון בעלי יכולת גבוהה ביותר בהגנה על הכבד ועל כיס המרה מפני פגעים שונים כרעלנים, מחלות כבד ועוד. במחקר הקדמי, מצאנו שלגדילן נבטים גדולים ועבים המראים פוטנציאל גבוה לנבטים למאכל. אנליזות של הנבטים הראו ערכים תזונתיים גבוהים (חלבון, סידן וסיבים תזונתיים) ורמות פוליפנולים ופעילות נוגדת חמצון גבוהים ביותר. מטרת המחקר לאפיין את האקוטיפים השונים בארץ וללמוד את הפרמטרים האגרוטכניים המיטביים לגידול של הנבטים. בשלב ראשון ביצענו איסוף זרעים של גדילן מצוי מאזורים שונים בארץ והתחלנו באפיון פנוטיפי, כמוטיפי של הזרעים והנבטים. בשנה הנוכחית גידלנו בשדה פתוח גדילנים מזרעים שייצרנו בתנאים אחידים במרכז וולקני מצמחים שגודלו מזרעים שנאספו מאזורים שונים בארץ, מהגליל העליון ועד הנגב. מצאנו שצמחים שמקורם מאוכלוסיות צפוניות יהיו על פי רוב קטנים יותר וייצרו פחות זרעים בעלי משקל רב יותר של הזרע הבודד. לנתונים אלו משמעות רבה הן מבחינת יכולת הזרעים הצפוי והן מבחינת איכות הנבטים שיתקבלו מהזרעים מאחר ומצאנו קשר חיובי ברור בין משקל הזרע וגודל הנבט שמתפתח ממנו. מבחינה כימית מצאנו שונות גדולה בין גדילנים שמקורם באזורים שונים בארץ. לא מצאנו הבדלים ברורים בין אוכלוסיות ממקור צפוני לעומת אלו שמקורן דרומי. מצאנו שריכוז הפוליפנולים בזרעים היה הגבוה ביותר ובנבטים עיקר הפוליפנולים התרכזו בפסיגים ופחות בהיפוקוטייל. מאחר ומצאנו מתאם חיובי גבוה בין תכולת פוליפנולים ובין פעילות נוגדת חמצון, הרי שתזונה בזרעים ובנבטים תהיה חשובה גם מבחינה זו. לעובדה שצמחים שמייצרים יותר עלים בשלב השושנת ייצרו יותר תפרחות ויותר זרעים בעלי משקל קטן יותר שמהם ייווצרו נבטים קטנים יותר וכן לעובדה שצמחים שמייצרים יותר עלים בשלב השושנת יכולו בעלים ריכוז יותר של פוליפנולים ונבטים שיווצרו מהזרעים שלהם יהיו בעלי ריכוז פוליפנולים גבוה יותר ופעילות נוגדת חמצון גבוהה יותר, יש חשיבות רבה מבחינה טיפוחית מאחר ולמספר העלים בצמח יש פוטנציאל לשמש כסמן פנוטיפי בתהליכי סלקציה לטיפוסים גדילן עתירי פוליפנולים בנבטים ובכך לייעל את תהליכי הטיפוח העתידניים לקראת נבטי גדילנים יותר בריאים.

## מבוא

בעולם בכלל, ובעולם המערבי בפרט, ישנה מגמה מתגברת המעודדת את הצריכה של מזונות טבעיים בעלי ערכים תזונתיים גבוהים, ביניהם זרעים, נבטים, צמחים בוגרים ופירות. הנבטים, נצרים של זרעים נובטים, הם דוגמא טובה למזון בעל ערך תזונתי גבוה מאחר והם מהווים מקור לחומרי מזון חשובים לפני שהם מנוצלים על ידי הצמח המתפתח. קצב הגידול של נבטים הינו מהיר, ניתן לגדלם מסחרית במשך כל השנה ללא תלות בעונה ובמזג האוויר, והם עשויים להיות מקור עשיר לחומרי הזנה מצמחים שלכאורה אינם ראויים למאכל. בישראל, הנבטים הנפוצים הם של שעועית מש (Mung beans) ואספסת. במחקר הנוכחי אנו מנסים להעשיר את סל המוצרים של הנבטים למאכל בגדילן מצוי; מין ייחודי שמקורו בצמחיית הבר בישראל המאופיין בערכים תזונתיים ובריאותיים גבוהים ביותר.

גדילן מצוי (*Silybum marianum*), הינו צמח חד-שנתי המאכלס מעזבות, שדות בור וצידי דרכים. תפוצתו משתרעת בכל חלקי האזורים הים-תיכוני והאירנו-טורני עם חדירה לאזור האירו-סיבירי. הצמח גדל בארץ בכל האזורים פרט לנגב ולערבה. עד שנות ה-50, היו כל אוכלוסיות הגדילן פורחות בצבע סגול-ארגמן. בתקופה זו הופיע במרכז הארץ זן בעל פריחה לבנה ומאז ועד היום אנו עדים להתפשטות של הזן הלבן אל צפון ודרום הארץ. גבעולים צעירים מקולפים טובים למאכל אדם והעלים הצעירים משמשים להכנת סלט. מיצוי מהזרעים מכיל חומר המכונה Silymarin; תערובת של פלבנואידים, נוגדי חמצון, המורכבת מ-Silybinin ושאר הסטראו-איזומרים שלו הכוללים Isosilybin A, Isosilybin B, Silydianin, Silychristin, ו-Isosilychristin. מחקרים קליניים הראו של-Silymarin יש יכולת גבוהה ביותר בהגנה על הכבד ועל כיס המרה מפני פגיעה כתוצאה מחשיפה לרעלנים שונים. ה-Silymarin פועל על הממברנות של תאי הכבד ומונע חדירה של רעלנים שונים כגון אלו המופרשים על ידי וירוסים בצהבת ויראלית, פטריות רעילות, אלקוהול, וחומרים המשמשים בתהליך הטיפול הכימותרפי בחולי סרטן. הוא נמצא יעיל גם בחידוש תאי הכבד לאחר פגיעה הנובעת מחשיפה לרעלנים השונים. בחנויות הטבע, נמכרים מוצרים של הגדילן המצוי לטיפול במחלות כבד ולהורדת כולסטרול בדם. המוצרים כוללים זירעונים וקפסולות המכילות אבקת הצמח הבוגר.

במחקר הקדמי בחנו את הגדילן המצוי כמקור לנבטים למאכל. את הזרעים קיבלנו מהאוסף של בנק הגנים במנהל המחקר החקלאי. מצאנו שלגדילן נבטים גדולים ועבים המראים פוטנציאל גבוה לנבטים למאכל. אחוזי הנביטה שקיבלנו היו גבוהים יחסית לצמחי בר (50% - 70%) אך עדיין נמוכים מהערכים הרצויים לגידול של נבטים למאכל (<80%). אנליזות של הרכב תזונתי ובריאותי, בהשוואה לנבטים של תלתן הנמכרים כיום בשווקים, הראו שמבחינה תזונתית הנבטים של שני הצמחים כמעט ולא נבדלים זה מזה, פרט אולי לרמות חלבון גבוהות יותר בתלתן ולרמות סידן גבוהות יותר בגדילן. אולם, מבחינה בריאותית, רמות הפוליפנולים והפעילות נוגדת החמצון בגדילן גבוהים משמעותית יותר מאשר בתלתן, הן בזרעים והן בנבטים, בעוד

שבצמחים הבוגרים ההבדלים הללו כמעט ונעלמים. במחקר ראשוני מצאנו שלאזור הגיאוגרפי השפעה מובהקת על אורך הנבטים, משקל הנבטים וריכוז הפוליפנולים בנבטים. מטרת המחקר לאפיין את האקוטיפים השונים באזורי הארץ השונים בהם הגדילן גדל, ללמוד את הפרמטרים האגרוטכניים המיטביים לשיפור אחוזי הנביטה ולגידול של הנבטים, ולבחון את התאמת הצמח למערכות גידול נבטים מסחריות. במהלך קיץ 2007, נאספו זרעים של גדילן מ-22 אתרים שונים ברחבי הארץ, מהגליל העליון ועד לנגב המערבי (טבלה 1). בכל אתר נאספו הזרעים ממספר צמחים.

במהלך חורף 2007 - 2008 הונבטו חלק מהזרעים בבית רשת ושימשו לייצור זרעים בהפריה עצמית לצורכי ניסוי השדה של שנת 2009. וחלקם גודלו בשדה פתוח בבית דגן. בשדה, לא נמצאה מגמה ברורה מצפון לדרום באף אחד מהפרמטרים המורפולוגיים שנמדדו. מאידך, נמצאו הבדלים ברורים במאפיינים הללו בין האזורים השונים: נמצאו הבדלים גדולים בין האזורים בגובה הצמח, קוטר שושנת העלים, מספר תפרחות לצמח ומשקל הזרע. ככלל, צמחים גדולים יותר ייצרו יותר תפרחות ויותר זרעים לצמח והזרעים שלהם היו קטנים יותר. לא נמצאה מגמה ברורה מצפון לדרום בריכוז הפוליפנולים בעלים של הצמחי. מאידך, נמצאו הבדלים ברורים במאפיינים הללו בין האזורים השונים: צמחים שמקורם בצפון או בדרום הראו ריכוזים גבוהים או נמוכים של פוליפנולים בעלים בטווח רחב של כמעט 100% בריכוזים בין הגבוהים ביותר ובין הנמוכים ביותר. לא נמצא שום קשר בין גודל הצמח, עוצמת פריחתו או מספר הזרעים שהוא מייצר לבין ריכוז הפוליפנולים בעלים. בשלב זה לא היה ברור האם התכונות הללו הן גנטיות או מושפעות מכך שהזרעים יוצרו תחת תנאי גידול שונים ברחבי הארץ. רק גידול של צמחים בתנאים אחידים מזרעים שיוצרו באותם תנאים, בבית הרשת, עשוי לסייע בחשיפה של הבסיס הגנטי להבדלים הללו וכך אכן עשינו ב-2009.

טבלה 1. אתרי איסוף של זרעים של גדילן ברחבי הארץ מסודרים מצפון לדרום. האזור בארץ, צפון, או דרום, נקבעו באופן שרירותי. נקודות הציון הן בשיטת UTM (מעלות, דקות, שניות).

אתר איסוף	אתר איסוף (כינויים)	קו אורך N	קו רוחב E	אזור בארץ
צומת יבור	<b>Yavor</b>	35.10.52	32.53.38	צפון
צומת כפר נחום	<b>K. Nahum</b>	35.32.47	32.52.36	צפון
צפון הכינרת	<b>N. Kineret</b>	35.35.5	32.30.27	צפון
צומת חסידים	<b>Hasidim</b>	35.5.16	32.45.42	צפון
צומת תשבי	<b>Tishbi</b>	35.6.33	32.40.19	צפון
קיבוץ יוגב	<b>Yogev</b>	35.10.55	32.35.33	צפון
צומת מגידו	<b>Megido</b>	35.11.32	32.34.21	צפון
מעלה הגלבוע	<b>Gilboa</b>	35.20.0	32.33.13	צפון
עמק בית שאן	<b>Beit Shean</b>	35.21.56	32.33.24	צפון
וולקני בית דגן 1	<b>ARO W</b>	–	–	מרכז
וולקני בית דגן 2	<b>ARO</b>	–	–	מרכז
וולקני בית דגן 3	<b>ARO P</b>	–	–	מרכז
צומת גן יבנה	<b>Gan Yavne</b>	34.40.28	31.47.1	דרום
אמונים	<b>Emunim</b>	34.36.43	31.45.9	דרום
קריית מלאכי	<b>Kiryat Malachi</b>	34.46.19	31.40.2	דרום
תחנת כוח דרום אשקלון	<b>Ashkelon P.S.</b>	34.30.0	31.37.40	דרום
צומת פלוגות	<b>Plugot</b>	34.45.34	31.37.36	דרום
צומת סעד	<b>Saa'd</b>	34.31.43	31.28.8	דרום
צומת בית קמה	<b>Beit Kama</b>	34.45.53	31.26.31	דרום
כפר מימון	<b>K. Maymon</b>	34.32.18	31.26.2	דרום
צומת בית הגדי	<b>Beit HaGedi</b>	34.36.30	31.24.57	דרום
צומת אשכולות	<b>Eshkolot</b>	34.38.16	31.43.47	דרום

## מערך הניסוי –

### ניסוי שדה – 2009

#### גידול צמחים:

בסוף נובמבר 2008 הונבטו זרעי גדילן שנאספו מהצמחים שגודלו בבית הרשת. הזרעים חוטאו באקונומיקה והונבטו במגשי הנבטה גדולים שהונחו בחדר צמיחה. מכל אזור גיאוגרפי הונבטו 50 זרעים. הזרעים הונבטו בתערובת אדמה בהרכב של 70% כבול, 30% פרלייט ו-3 ק"ג אוסמוקוט. נבטים בשלב של הופעת עליים ראשונים הועברו לשתילה בשטח פתוח בשבוע הראשון של דצמבר ונשתלו בבלוקים באקראי בצפיפות של 1 2X מ' (n = 5) שני בלוקים לאזור גיאוגרפי. מכל אזור גיאוגרפי נשתלו 10 צמחים וסה"כ נשתלו 230 צמחים שסודרו ב-12 שורות, כאשר בכל שורה היו 20 צמחים (איורים 1 – 2) בשבוע הראשון לאחר העברתם לשטח הצמחים קיבלו השקיה יומית בעזרת משפך ולאחר שם נקלטו הם גודלו ללא השקיה אלא על מי גשמים בלבד.

Row no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Area no.	4 A-E	8A-E	12 A-E	16A-E	20 A-E	1 F-J	5 F-J	9 F-J	13 F-J	17 F-J	22 F-J	
	3 A-E	7 A-E	11 A-E	15 A-E	19 A-E	23 A-E	4 F-J	8 F-J	12 F-J	16 F-J	20 F-J	
	2 A-E	6 A-E	10 A-E	14 A-E	18 A-E	22 A-E	3 F-J	7 F-J	11 F-J	15 F-J	19 F-J	23 F-J
	1 A-E	5 A-E	9 A-E	13 A-E	17 A-E	21 A-E	2 F-J	6 F-J	10 F-J	14 F-J	18 F-J	21 F-J

איור 1. מפת גידול גדילן בשטח פתוח במנהל מחקר החקלאי. מספרים בכל בלוק מייצגים אזורים שונים בארץ מהם נאספו צמחי האם ששימשו לייצור הצמחים. אותיות A – E ו- F – J, מהוות סימון של עשרה צמחים מכל אזור, חמישה בכל בלוק.



איור 2. גידול גדילן בשטח פתוח במנהל מחקר החקלאי. הצמחים בשלב המוקדם של שושנת עלים.

### אפיון פנוטיפי של צמחים

במהלך החורף ותחילת האביב (תקופת הצימוח, הפריחה והבשלת הזרעים) נערך מעקב פעמיים בשבוע ומדידות אחר מדדים פנוטיפיים שונים :

**גובה הצמח:** נמדד בעזרת מד-מטר. מדידה התבצעה מאדמה עד הנקודה הגבוהה ביותר בצמח.

**מספר עלים עד הופעת תפרחת ראשונה:** העלים נספרו באופן ידני. לאחר הופעת תפרחת ראשונה התבצע איסוף של עלים טריים שנשטפו והוקפאו לאנליזות המשך.

**קוטר השושנת:** נמדד במקום הרחב ביותר של השושנת בעזרת מד-מטר, בין 2 עלים תחתונים רחוקים ביותר אחד מהשני.

**מספר תפרחות לצמח:** כל התפרחות נספרו במהלך חודש מרץ לאחר 5 חודשי גידול של הצמחים. ספירת תפרחות התבצעה כאשר הצמח היה יבש לגמרי ולאחר שלב הפצת זרעים.

- לא בוצעו כל טיפולי האבקה בשנת 2008 ולמעשה כל ההאבקה נעשתה באופן טבעי באמצעות הפאונה המקומית: דבורת הדבש, דבורי בר יחידאיות, פרחיות, בומבוסים, נחושתיות, וזבובים.

## איסוף, ניקוי זרעים ושקילת זרעים

איסוף הקרקפות הבשלות התבצע ידנית לאחר התייבשות הצמח בחודש מאי. לאחר מכן הקרקפות עברו ייבוש נוסף בתנאי החדר בתוך שקיות נייר והזרעים הופרדו באמצעות מכונת דייש תוצרת Kurt Pelz (USA) ואוחסנו בשקיות נייר בתנאי החדר. הזרעים נשקלו וחושב מספר הזרעים לצמח. **משקל 50 זרעים:** 50 זרעים נבחרו באופן אקראי ונשקלו במאזניים אנליטיות (Ohaus Pioneer™).

## **ניסוי נבטים – 2009**

**% נביטה:** 50 זרעים מכל אזור גיאוגרפי הונבטו במגשי הנבטה גדולים שהונחו בחדר צמיחה. הזרעים הונבטו במצע פרלייט- מצע לבן, סטרילי וקל משקל בעל מנת חללים גבוהה. לאחר כ- 14 יום של גידול, הנבטים נספרו. נביטה הוגדרה כהופעת שורשון או/ו וניצרון. **משקל הנבט:** הנבטים שהונבטו בפרלייט נשתפו במים קרים ולאחר מכן נשקלו ללא השורשון במאזניים אנליטיות (Ohaus Pioneer™) לדיוק של 0.1 mg. **משקל פסיגים ומשקל היפוקוטייל:** פסיגים והיפוקוטייל הופרדו בזהירות ונשקלו כל אחד בנפרד במאזניים אנליטיות.

**אורך היפוקוטייל:** האורך נמדד מקצה הנצרון ועד קצה השורשון בעזרת, קליבר (Digital Caliber 0-150mm).



איור 3. נבטים של גדילן מצוי בגיל של 10 ימים.

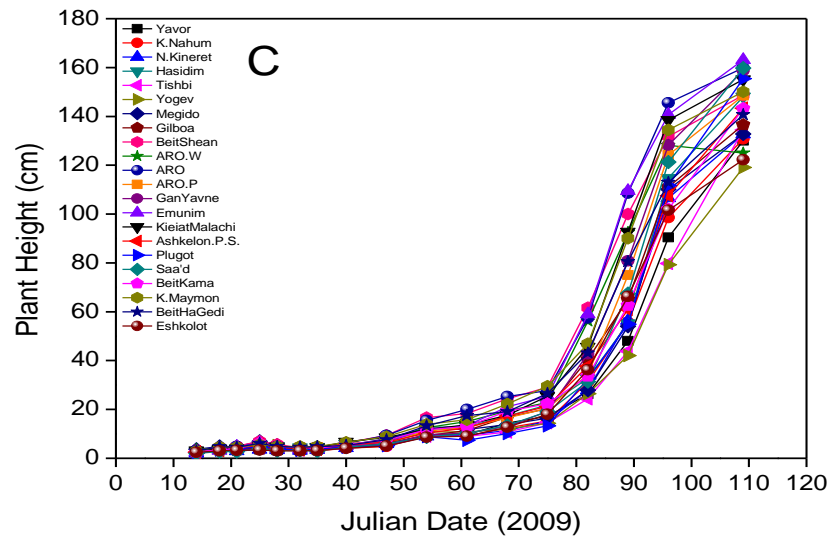
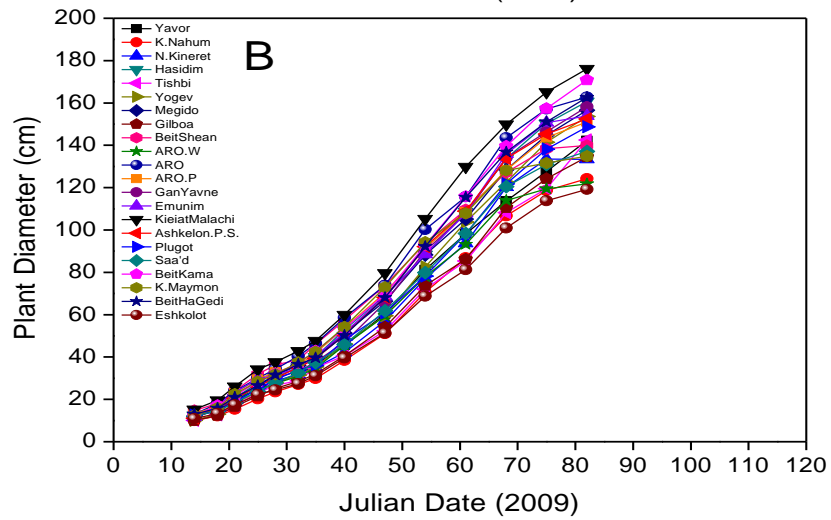
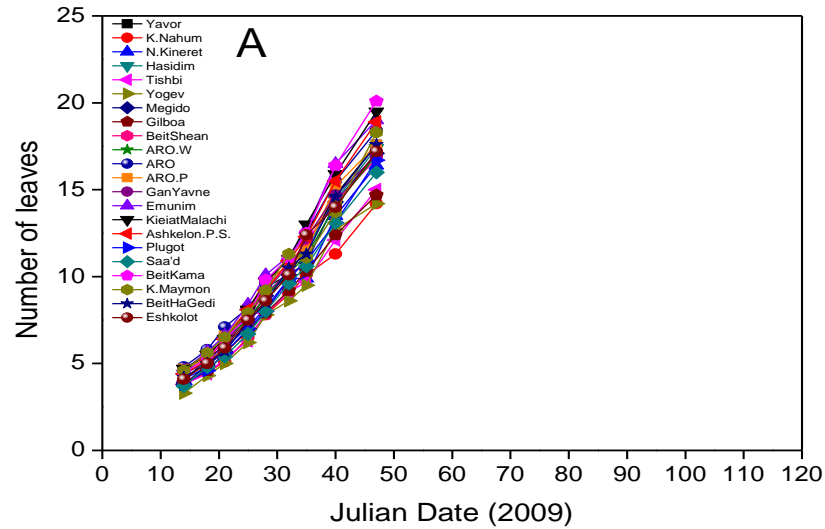


## אפיון כמוטיפי

בוצעו בדיקות של תכולת פוליפנולים בעלים של צמח בוגר, נבטים צעירים וזרעים. **תכולת פוליפנולים:** לשם כך התבצע איסוף של חומר צמחי שנאסף טרי, עבר שטיפה במי ברז ונשמר בהקפאה בטמפרטורה של  $-18^{\circ}\text{C}$ . קביעה כמותית של פוליפנולים נערכה לפי שיטת Folin-Ciocalteu (1). הבדיקה מבוססת על חיזור הריאגנט Folin Ciocalteu על ידי הפנולים המצויים במיצוי הצמחים. הריאגנט המחזור מפתח צבע אופייני שניתן לקרוא בספקטרופוטומטר באורך גל של 765nm. **קביעה כמותית של פעילות נוגדת המצוץ:** (שיטת FRAP – Ferric Reducing (Antioxidant Power) (2). הבדיקה מבוססת על חיזור הריאגנט  $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ על ידי אנטיאוקסידנטים המצויים במיצוי הצמחים. הריאגנט המחזור מפתח צבע כחול אופייני שניתן לקרוא בספקטרופוטומטר באורך גל של 593nm.

## **תוצאות**

באיור 4 ניתן לראות את מקצב הצמיחה של 22 אקוטיפים שונים מרחבי הארץ, מהגליל העליון ועד לנגב. תחילה, הצמח נמצא בשלב "שושנת העלים" בו הצמח מייצר 15-20 עלים גדולים וקוצניים. שלב זה נמשך כ- 50 ימים. במקביל, חלה עלייה ברוחב הצמח עם התארכות העלים שנמשכת כ- 70 ימים. בשלב השושנת הצמח יחסית נמוך ונשאר כך עד לתחילת יצירת עמודי הפריחה שמתרחשת לאחר כ- 50 ימים מהנביטה ונמשכת כ- 50 ימים נוספים עד לתום הפריחה. סה"כ הצמח צומח, מתפתח ופורח כשלושה חודשים. בתקופה זו הצמח משלים את מחזור חייו וכל זאת כמעט ללא השקיית עזר.



איור 4. מקצב צמיחה של צמחי גדילן שגודלו בשטח פתוח במרכז וולקני ומקור הזרעים ב- 22 אזורים שונים בארץ, מבחינת מספר העלים (A), קוטר השושנת (B) וגובה הצמח (C).

בטבלה 2 מוצגים הפרמטרים הוגטיביים והכימיים שנמדדו בצמחים, זרעים ונבטים לאחר חלוקה שרירותית של האזורים השונים בארץ לפי צפון (9 אזורים), מרכז (3 אזורים) ודרום (10 אזורים). מבחינה גטיבית, נמצאו הבדלים ברורים בין צמחים שמקורם מאוכלוסיות בצפון הארץ ואלו שמקורם מדרום הארץ. צמחים שמקורם במרכז הארץ היו מאוד דומים לאלו שמקורם בדרומה. ניתן לראות שצמחים שמקורם מאוכלוסיות דרומיות היו גבוהים יותר, ייצרו יותר עלים, ייצרו יותר תפרחות וייצרו יותר זרעים מצמחים שמקורם מאוכלוסיות צפוניות. משקל הזרע, מאידך, הראה מגמה בדיוק הפוכה, כאשר זרעים גדולים יותר יוצרו דווקא על ידי צמחים שמקורם מהאוכלוסיות צפוניות. מבחינה פנולוגית, צמחים שמקורם מאוכלוסיות דרומיות פרחו כארבעה ימים מוקדם יותר וסיימו לפרוח כארבעה ימים מוקדם יותר מצמחים שמקורם באוכלוסיות צפוניות. נבטים שגודלו מזרעים שמקורם בצמחים מאוכלוסיות צפוניות היו גדולים יותר מאלו שמקורם מאוכלוסיות דרומיות. לא נמצאו הבדלים בריכוז הפוליפנולים ובפעילות נוגדת החמצון, בעלים, זרעים ונבטים, בין צמחים שמקורם מאוכלוסיות צפוניות ואלו שמקורם מאוכלוסיות דרומיות. מאידך, נמצא שריכוז הפוליפנולים בזרעים היה גבוה יותר מאשר בנבטים ושעיקר הפוליפנולים התרכזו בפסיגים ולא בהיפוקוטייל. מבחינת הפעילות נוגדת החמצון, נמצא מתאם חיובי בין ריכוז פוליפנולים ופעילות נוגדת חמצון, כך שהערכים הגבוהים ביותר היו בפסיגים והנמוכים ביותר נמדדו בהיפוקוטייל.

בטבלה 3 מוצגים מקדמי המתאם בין הפרמטרים הוגטיביים והכימיים של הצמחים, הזרעים והנבטים:

1. מתאם שלילי נמוך בין גובה הצמח לריכוז פוליפנולים בעלים שלו ומתאם חיובי בין גובה הצמח למספר העלים שבו.
2. מתאם חיובי בין מספר עלים למספר תפרחות ומתאם שלילי בין מספר עלים למשקל זרע, למשקל נבט ולריכוז פוליפנולים בעלים.
3. מתאם חיובי בין משקל הזרע למשקל הנבט.
4. מתאם שלילי בין ריכוז פוליפנולים בעלים לריכוז שלהם בנבטים.
5. מתאם חיובי בין ריכוז פוליפנולים בזרעים לפעילות נוגדת חמצון בזרעים.
6. מתאם חיובי בין ריכוז פוליפנולים בנבטים לפעילות נוגדת חמצון בנבטים.

טבלה 2. השוואה בין צמחים ונבטים משלושה אזורים שונים בארץ מבחינה וגטטיבית וכימית. הערכים הם ממוצעים  $\pm$  שגיאת תקן. אותיות שונות מעידות על הבדל סטטיסטי מובהק לפי \*  $P > 0.05$ , \*\*  $P > 0.01$ , \*\*\*  $P > 0.001$ , ns = לא מובהק.

מובהקות	צפון	מרכז	דרום	פרמטר נבדק
***	136.76 $\pm$ 2.69 b	151.77 $\pm$ 3.39 a	149.67 $\pm$ 2.28 a	גובה צמח (ס"מ)
ns	151.16 $\pm$ 3.06 a	147.50 $\pm$ 5.20 a	153.81 $\pm$ 2.54 a	רוחב צמח (ס"מ)
***	16.08 $\pm$ 0.39 b	17.67 $\pm$ 0.66 a	18.14 $\pm$ 0.38 a	מספר עלים לצמח
**	57.98 $\pm$ 2.70 b	74.17 $\pm$ 5.52 a	70.55 $\pm$ 2.78 a	מספר תפרחות לצמח
*	13816 $\pm$ 824 b	17927 $\pm$ 163 a	16657 $\pm$ 790 a	מספר זרעים לצמח
***	0.030 $\pm$ 0.0004 a	0.029 $\pm$ 0.0006 b	0.028 $\pm$ 0.0003 b	משקל זרע (גר')
*	96.40 $\pm$ 0.72 a	93.80 $\pm$ 0.97 ab	92.70 $\pm$ 1.28 b	מספר ימים לפריחה
***	119.40 $\pm$ 0.61 a	114.30 $\pm$ 0.81 c	116.50 $\pm$ 0.50 b	מספר ימים לתום הפריחה
***	58.26 $\pm$ 1.22 a	59.05 $\pm$ 2.80 a	46.22 $\pm$ 1.02 b	אורך נבט (מ"מ)
***	0.68 $\pm$ 0.01 a	0.68 $\pm$ 0.03 a	0.58 $\pm$ 0.01 b	משקל נבט (גר')
***	0.21 $\pm$ 0.01 a	0.21 $\pm$ 0.01 a	0.16 $\pm$ 0.01 b	משקל היפוקוטייל (גר')
***	0.47 $\pm$ 0.01 a	0.46 $\pm$ 0.02 a	0.41 $\pm$ 0.01 b	משקל פסיגים (גר')
ns	6.11 $\pm$ 0.16 a	5.90 $\pm$ 0.28 a	5.81 $\pm$ 0.18 a	ריכוז פוליפנולים בעלים
ns	10.05 $\pm$ 0.33 a		10.12 $\pm$ 0.37 a	ריכוז פוליפנולים בזרעים
ns	5.98 $\pm$ 0.27 a		5.99 $\pm$ 0.78 a	ריכוז פוליפנולים בנבטים
ns	4.92 $\pm$ 0.34 a		4.92 $\pm$ 0.51 a	ריכוז פוליפנולים בהיפוקוטייל
ns	9.95 $\pm$ 0.48 a		11.01 $\pm$ 0.63 a	ריכוז פוליפנולים בפסיגים
ns	0.018 $\pm$ 0.001 a		0.019 $\pm$ 0.001 a	פעילות נוגדת חימצון בזרעים
ns	0.253 $\pm$ 0.014 a		0.250 $\pm$ 0.035 a	פעילות נוגדת חימצון בנבטים
ns	0.181 $\pm$ 0.014 a		0.184 $\pm$ 0.020 a	פעילות נוגדת חימצון בהיפוקוטייל
ns	0.424 $\pm$ 0.018 a		0.460 $\pm$ 0.028 a	פעילות נוגדת חימצון בפסיגים

טבלה 3. חישוב של ערכי מקדם המתאם של פירסון ( $r$ ) עבור הערכים שנמדדו בצמחים, בזרעים ובנבטים, בינם לבין עצמם. כל הערכים מובהקים במובהקות של  $P \leq 0.001$ .

זרעים (FRAP)	נבטים (PPh)	זרעים (PPh)	עלים (PPh)	משקל נבט	משקל זרע	מספר תפרחות	מספר עלים	גובה צמח	
								0.433***	מספר עלים
							0.697***	0.591***	מספר תפרחות
						ns	- 0.248***	0.155*	משקל זרע
					0.535***	- 0.162*	- 0.152*	ns	משקל נבט
				ns	ns	- 0.295***	- 0.362***	- 0.210**	עלים (PPh)
			ns	ns	ns	ns	ns	ns	זרעים (PPh)
		ns	- 0.656**	ns	ns	ns	ns	ns	נבטים (PPh)
	ns	0.650***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	זרעים (FRAP)
ns	0.921***	ns	- 0.718***	ns	ns	ns	ns	ns	נבטים (FRAP)

## דיון

במחקר הנוכחי מצאנו מגוון רחב ביותר של אקוטיפים בעלי מאפיינים וגטיביים ורפרודוקטיביים מאוד שונים. לא מצאנו מתאם ברו בין מאפיינים אלו לבין אזורים נרחבים בארץ כגון צפון הארץ לעומת דרומה, אך מצאנו שבאופן די ברור היו אקוטיפיים, חלקם ממקור צפוני וחלקם ממקור דרומי, בעלי צימוח וגטיבי מאוד נמרץ בעוד שאחרים היו הרכה פחות מפותחים. מהאמור לעיל אנו מסיקים שהמגוון הגנטי שברשותנו רחב דיו על מנת לברור ממנו טיפוסים גנטיים בעלי מאפיינים רצויים.

למדנו שאת הגדילן ניתן לגדל בארץ כגידול בעל ולקבל יכולים גבוהים יחסית של עלים וזרעים. מאידך, העובדה שהצמח מפיץ את זרעיו מהווה מגבלה גדולה שדורשת המשך טיפוח לטיפוסים שאינם מפיצים, כך שניתן יהיה למכנ את תהליך איסוף הזרעים ולהפוך את הצמח לגידול בעל דרישות גידוליות יחסית מצומצמות.

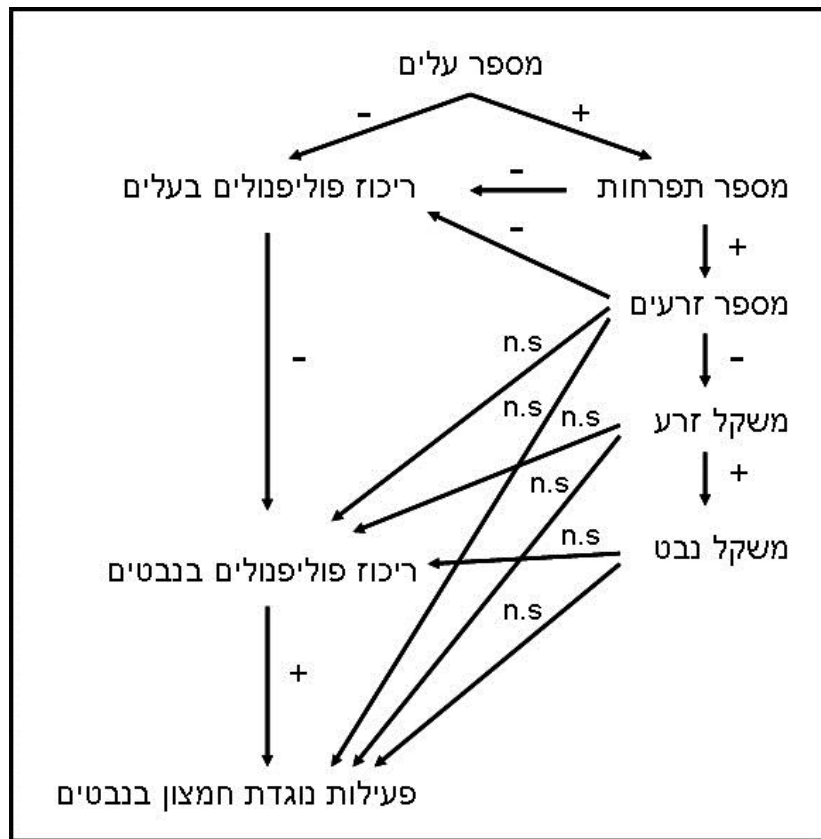
מצאנו שצמחים שמקורם מאוכלוסיות צפוניות יהיו על פי רוב קטנים יותר ויצרו פחות זרעים בעלי משקל רב יותר של הזרע הבודד. לנתונים אלו משמעות רבה הן מבחינת יכול הזרעים הצפוי והן מבחינת איכות הנבטים שיתקבלו מהזרעים מאחר ומצאנו קשר חיובי ברור בין משקל הזרע וגודל הנבט שמתפתח ממנו.

ככלל מצאנו שצמחים שמקורם מאוכלוסיות דרומיות לא רק יהיו גדולים יותר אלא גם שפרקי הזמן עד לפריחה ועד לסיום הפריחה יהיו קצרים יותר. תופעה זו שבה צמחים באזורים דרומיים מתפתחים מהר יותר ומגיעים לרבייה מינית מוקדם יותר על חשבון גודל הצמח, מוכרת בצמחים רבים (3, 4) ומוסברת בכך שהצמחים נאלצים להתמודד בדרום עם תנאים קיצוניים יותר הן מבחינת טמפרטורות והן מבחינת זמינות המשקעים. הגדילן ממקור דרומי הראה שאמנם קצב התפתחותו מהיר יותר, אולם מימדי הצמח היו גדולים יותר דבר שלכאורה נוגד את שתיארתני זה עתה. הגדילן אמנם צמח בר אך הוא לא מתפתח בכל מקום אליו הזרעים מגיעים אלא במיוחד בשטחים שעשירים במים וחומרי הזנה בהשוואה לאזור בו הם גדלים כתעלות בצידי דרכים, מזבלות ועוד. משמעות הדבר היא שהצמח יכול להתפתח מהר יותר בשל תנאי האקלים החמים יותר אך במקביל להגיע למימדים גדולים יותר שמתאפשרים בשל התנאים המועדפים בו הוא גדל.

מבחינה כימית מצאנו שונות גדולה בין גדילנים שמקורם באזורים שונים בארץ. לא מצאנו הבדלים ברורים בין אוכלוסיות ממקור צפוני לעומת אלו שמקורן דרומי. מצאנו שריכוז הפוליפנולים בזרעים היה הגבוה ביותר ובנבטים עיקר הפוליפנולים התרכזו בפסגים ופחות בהיפוקוטיל, דבר שמסביר מדוע הפסגים מעט מרירים יותר בטעמם. מאחר ומצאנו מתאם חיובי גבוה בין תכולת פוליפנולים ובין פעילות נוגדת חמצון, הרי שתזונה בזרעים ובנבטים תהיה חשובה גם מבחינה זו. מצאנו מספר אקוטיפים בעלי ערכים גבוהים במיוחד של פוליפנולים כגון צפון הכינרת בצפון וגן יבנה וכפר מימון בדרום. טיפוסים אלו ואחרים עשויים להוות מקור התחלתי לטיפוח לגדילנים עשירים בפוליפנולים הן בזרעים והן בנבטים. במחקר שנערך בנבטי רוקט בר, נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוז ובהרכב הגליקוזידולטים בין נבטים שזרעיהם נאספו מאזורים גיאוגרפים שונים אך הונבטו בתנאים זהים ומבוקרים (5). ככלל, לאקלים ולתנאי הגידול השפעה מובהקת על

ייצור מטבוליטים משניים בצמח (6). במחקר בנבטי סויה נמצא שלתנאים הסביבתיים, גנוטיפ הצמח, שנת הגידול, מיקום הגידול, הטמפרטורה הסביבתית ומשך הגידול, הייתה השפעה משמעותית על ריכוז וסוג הפלבנואידים (6; 7; 8). Kurilich וחבריו (9) מצאו הבדלים בייצור מטבוליטים משניים ובפעילות נוגדת החמצון בין גנוטיפים שונים של צמחי ברוקולי.

באיור 5 שמסכם את ערכי המתאם השונים בין הצימוח וההתפתחות של הגדיל הערכים הבריאותיים של הנבטים, ניתן לראות צמחים שמייצרים יותר עלים בשלב השושנת ייצרו יותר תפרחות ויותר זרעים בעלי משקל קטן יותר שמהם ייווצרו נבטים קטנים יותר. מצד שני, צמחים שמייצרים יותר עלים בשלב השושנת יכולו בעלים ריכוז יותר של פוליפנולים ונבטים שייווצרו מהזרעים שלהם יהיו בעלי ריכוז פוליפנולים גבוה יותר ופעילות נוגדת חמצון גבוהה יותר.



איור 5. תרשים סכימתי של מתאמים חיוביים (+) או שליליים (-) או חוסר מתאם (n.s.) בין מספר עלים בשושנת של הצמח ובין המאפיינים הוגטיביים של הצמח והכימיים/ בריאותיים של הנבטים המתפתחים מהזרעים של צמחים אלו.

אם כן, למספר העלים בצמח יש פוטנציאל לשמש כסמן פנוטיפי בתהליכי סלקציה לטיפוסי גדילן עתירי פוליפנולים בנבטים ובכך לייעל את תהליכי הטיפוח העתידניים לקראת נבטי גדילנים יותר בריאים.

## מקורות ספרות

1. Singleton VL, and Rossi JA Jr (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Amer. J. Enol. Viticult. 16:144-58.
2. Benzie IF, and Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal. Biochem. 239: 70-76.
3. זהרי מ (1955) הטיפוסים הפיטו-אקולוגיים, מתוך גיאובוטניקה, הוצאת ספריית פועלים
4. ויזל י, פולק ג, כהן י (1985) ההתאמה האקולוגית של צמחי מדבר, מתוך אקולוגיה של הצומח בארץ ישראל, הוצאת ספריית פועלים בע"מ.
5. Bennett RN, Carvalho R, Mellon FA, Eagles J, Rosa EA (2007) Identification and quantification of glucosinolates in sprouts derived from seeds of wild *Eruca sativa* L. (salad rocket) and *Diplotaxis tenuifolia* L. (wild rocket) from diverse geographical locations. J Agric Food Chem 55: 67-74
6. Kim EH, Kim SH, Chung JI, Chi HY, Kim JA, Chun IM (2006) Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions. Eur Food Res Technol 222: 201-208.
7. Eldridge AC, Kwolek WF (1983) Soybean isoflavones: effect of environment and variety on composition. J Agric Food Chem 31: 394-396
8. Wang HJ, Murphy PA (1994) Isoflavone Composition of American and Japanese Soybeans in Iowa: Effects of Variety, Crop Year, and Location. J Agric Food Chem 42: 1674-1677
9. Kurilich AC, Jeffery EH, Juvik JA, Wallig MA, Klein BP (2002) Antioxidant capacity of different broccoli (*Brassica oleracea*) genotypes using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. J Agric Food Chem 50: 5053-5057