

פיתוח קינואה ירוקה צעירה כגידול קיצי חדש בישראל לשימוש רב תכליתי

אביב אשר¹, רעות דגן¹, שמואל גלילי², אבי סלמון³ וליאור רובינוביץ^{1*}

¹ מכון המחקר מיגל- מו"פ צפון; ² המחלקה לגד"ש וירקות המכון למדעי הצמח במנהל המחקר החקלאי; ³ המחלקה לכלכלת הייצור, שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

לכותבים אלה תרומה שווה למחקר זה

*כתובת דוא"ל ליצירת קשר: liorr@migal.org.il

תקציר

בשנים האחרונות נערכו ניסיונות לפיתוח צמח הקינואה כגידול פלחה חדש למאכל אדם ולמספוא, כאשר בעיקר נבחן השימוש כשחת/תחמיץ, גרגירים וכקש. עדיין, ישנה חשיבות גדולה לפיתוח שימושים נוספים לקינואה, על מנת להגדיל את היקפי הגידול ופוטנציאל הרווח של המגדלים. בעולם, ישנן עדויות לשימוש בצמחי הקינואה הצעירים למאכל אדם. על כן, המטרה העיקרית של מחקר זה היא לבחון ולפתח את הפוטנציאל של קינואה ירוקה צעירה (קיי"צ) כגידול חדש איכותי בישראל אשר יוכל לשמש בעתיד לשימושים שונים. לשם כך, בוצעו ניסיונות לבחינת השפעת קווי קינואה השונים ולבחינת השפעת עומדים שונים בקו קינואה בודד על יבול ואחוז החלבון בקיי"צ בגידול קיצי. הקינואה נזרעה במהלך יוני 2020 בעמק החולה והצמחים נקצרו כ- 40 ימים מזריעה. בניסוי הראשון, יבול חומר יבש (ח"י) של קיי"צ נע בין 185 ל- 220 ק"ג/דונם, בקווים 'Oro de Valle' ו- 'Mint Vanilla', בהתאמה. אחוז החלבון בח"י בקווים השונים נע בין 24.5 ל- 28% בקווים 'Red Head' ו- 'French Vanilla', בהתאמה. בניסוי השני, יבול ח"י של קיי"צ נע בין 239 ל- 374 ק"ג/דונם, בעומדים מתוכננים של 80 ו- 480 זרעים/מ"ר, בהתאמה. לא נמצא הבדל מובהק ביבול בין העומדים השונים, למעט בעומד הנמוך ביותר של 80 זרעים/מ"ר, בו התקבל יבול הנמוך באופן מובהק מאשר בעומדים של 320, 480 ו- 720 זרעים/מ"ר. אחוז החלבון בח"י בעומדים השונים נע בין 23.3 ל- 26.56% בעומדים מתוכננים של 240 ו- 80 זרעים/מ"ר, בהתאמה, ללא הבדל בין הטיפולים. באנליזות חישוביות נמצא כי אין מתאם מובהק בין תכולת החלבון לעומד הצמחים בפועל ($r_p = -0.141$) או ליבול הח"י ($r_p = -0.289$) וכי בין יבול הח"י לבין עומד הצמחים בפועל ישנו מתאם מובהק המאופיין ביחס ישר ($r_p = 0.494$). תחשיב כלכלי הראה כי אף ברמת יבול נמוכה מזו שהתקבלה במחקר, הרווח התפעולי ליחידת שטח בגידול קיי"צ הינו גבוה ועומד על 987 ש"ח/דונם למחזור גידול של 40 יום. בהמשך המחקר יש להמשיך ולבחון קווי קינואה נוספים, מועדי זריעה וטיפולים אגרוטכניים שונים על מנת למקסם את יבול ואיכות הקיי"צ. כן יש לבחון מספר זריעות לאורך העונה כך שבתוך חודשים בודדים, ניתן יהיה לבצע מספר קצירים. לסיכום, ממחקר זה נראה כי בגידול קיי"צ יתרונות רבים ופוטנציאל כלכלי גבוה. פיתוח גידול זה יאפשר ייצור של חומר גלם טרי ואיכותי בעל ערך תזונתי גבוה אשר יוכל להיות חלק מסל הגידולים בישראל.

מבוא

הקינואה (*Chenopodium quinoa*) הוא צמח ממשפחת הירבוזיים אשר מקורו באזור הרי האנדים שבדרום אמריקה, שם שימש ומשמש כמקור מזון חשוב במשך אלפי שנים¹. צמח הקינואה עמיד לתנאי סביבה קשים, עליהם ניתן למנות תנאים קיצוניים של רוח, קור, בצורת, ברד ומליחות^{2,3}. במהלך השנים פותחו קווי קינואה בעלי שונות גנטית רבה, מה שאפשר את אקלום הצמח לתנאי קרקע ואקלים מגוונים ברחבי העולם. גרגירי הקינואה הינם בעלי ערך תזונתי גבוה ביותר ועשירים בחלבון, סיבים תזונתיים, פלבנואידים, ויטמינים ומינרלים חשובים כגון: אשלגן, סידן, מגנזיום, זרחן וברזל⁴. תכונות אלה הקנו לצמח הקינואה מיתוג של 'מזון עלית' - "Super food" המסייע רבות בשיווק ומכירת הקינואה, בעיקר בשוק מוצרי הבריאות. חלבון הקינואה הוא בעל ערך תזונתי גבוה ביותר ומכיל חומצות אמינו חיוניות, במיוחד ליוזן החסרה בדגניים ומתיונין החסרה בקטניות¹. גרגירי הקינואה אינם מכילים גלוטן, ועל כן מתאימים גם לחולי צליאק כתחליף למוצרים שמקורם בחיטה. תכונה זו הביאה לפתוח של מוצרי "בריאות" על בסיס הקינואה כגון: קמח קינואה, דגני בוקר, קרקרים, לחמים ועוד¹. ישראל מייבאת כל שנה מעל 1,500 טון של גרגירי קינואה. המחיר העולמי של גרגירי הקינואה לאחר עיבוד להוצאת המרירות נע בשנים האחרונות בטווח של 2,100-3,800 דולר/טון.

במהלך חמש השנים האחרונות ערכנו מחקרים מקיפים לפיתוח הקינואה כגידול פלחה חדש דו תכליתי בישראל – למאכל אדם ולמספוא⁵⁻⁷. נבחנו מספר קווי קינואה מצטיינים, באזורים טופו-אקלימיים מגוונים, במועדי זריעה ועומדים שונים. מתוצאות מחקרים אלה ומתחשיבים כלכליים שנערכו, נראה כי בגידול חורפי של הקינואה לגרגירים ושימוש משני בקש למספוא בישראל, טמון פוטנציאל כלכלי רב. בעקבות מחקרים אלה, גידול חורפי של הקינואה לשימושים אלה נבחן בישראל בשנים האחרונות בחלקות מסחריות, בהיקפים הולכים וגדלים. הצפי לעונת הגידול של 2020-2021 עומד על לפחות 3,000 דונם בעיקר בדרום הארץ (נתונים - חברת "זרעים דליה"). כיוון ששוק הקינואה לגרגירים בישראל הינו מוגבל, ישנה חשיבות גדולה לפיתוח שימושים נוספים לצמח הקינואה, זאת על מנת להגדיל את היקפי הגידול ופוטנציאל הרווח של המגדלים. אכן, בשנים האחרונות אנו בוחנים גם גידול קינואה לשחת ולתחמיץ וכן את השפעת ההזנה בקינואה על מעלי גירה. מחקר זה נמצא בעיצומו, ומהתוצאות עד כאן נראה שיש פוטנציאל גבוה גם בגידול הקינואה לשימוש זה (מידע טרם פורסם). נוסף על כך, בעולם ישנן עדויות לשימוש בצמחי הקינואה הצעירים למאכל אדם. מחקר שנערך לאחרונה במצרים הראה כי קיים פוטנציאל גבוה בשימוש בעלי קינואה טריים למאכל אדם, גם תחת השקיה של מים מליחים⁸. מחקר נוסף שנערך בצ'ילה הראה כי עלי קינואה יכולים לשמש כמקור מזון אלטרנטיבי ואיכותי לאדם⁹. מחקר אחר הראה כי תכולת החלבון בעלי קינואה הינה גבוהה ביחס לתכולת החלבון בעלים של גידולים אחרים כדוגמת תרד, אמרנטוס ומורנגה¹⁰. ישנן גם עדויות שעלי הקינואה מכילים גם חומרים בעלי פעילות נוגדת חמצון ואנטי סרטנית¹¹. יחד עם זאת, בישראל טרם נבחן הגידול והשימוש בחלקי הקינואה הצעירים למאכל אדם או למספוא. מטרת מחקר זה היא לבחון ולפתח את הפוטנציאל של קינואה ירוקה צעירה (קי"צ) כגידול חדש איכותי בישראל אשר יוכל לשמש בעתיד לשימושים שונים - כמו למשל למאכל אדם ולמספוא. לשם כך, בוצעו שני ניסיונות מקבילים, האחד לבחינת השפעת קווי הקינואה השונים והשני לבחינת השפעת עומדים שונים בקו קינואה בודד על יבול ואחוז החלבון בצמחים בגידול קיצי.

חומרים ושיטות

לניסוי לבחינת הקווים השונים נבחרו שמונה קווי קינואה מצטיינים אותם בחנו בעבר למטרות מספוא וייצור גרעינים למאכל אדם⁵, כאשר קו '4E' התקבל באדיבות חברת "אקווינום". לניסוי לבחינת השפעת העומדים נבחר קו בודד- 'Mint Vanilla', אשר הינו הנפוץ ביותר בגידול בישראל נכון לכתיבת שורות אלה. הקווים נזרעו במזרעה ידנית במועד קיצי בודד (אמצע יוני 2020) בשטח חוות הניסיונות בעמק החולה (חוות גד"ש). מבנה כל ניסוי הוא בלוקים באקראי, ארבע חזרות לכל טיפול, שטח כל חזרה 5 מ"ר. צמחי הקינואה נזרעו על גבי ערוגות ברוחב של 1.96 מ', במרווחים ובעומד מתוכנן כמפורט בטבלה 1. המרווח בין השורות הקיצוניות על כל ערוגה עמד על 80 ס"מ. כל החלקות הושקו תחילה באמצעות המטרה להנבטה (14 קוב/דונם) ובהמשך הגידול הושקו החלקות באמצעות טפטוף שנפרס בשטח (67 קוב/דונם). כל החלקות דושנו ב 20 ק"ג אוראה (כ- 40 יחידות חנקן) באמצעות מערכת ההשקיה. טיפול בעשביה – במהלך הגידול בוצעו שני עישובים ידניים. במהלך הגידול לא ניתנו קוטלי עשבים. החלקות טופלו בקוטלי מזיקים "אטלס" 200 סמ"ק/דונם ו"אלוורדה" 100 סמ"ק/דונם. במהלך הגידול בוצעו מספר דיגומים לקביעת אחוז חומר יבש (ח"י). לאחר 42 יום מזריעה, בהגיע הצמחים לטווח שבין 10% ל 12% ח"י, הם נקצרו כ- 5 ס"מ מעל הקרקע באופן ידני ונמדדה כמות היבול (חומר רטוב) ליחידת שטח. לאחר הקציר נלקחו דוגמאות מהחומר הרטוב ויובשו בתנור לקביעת אחוז ח"י ובהתאם חושב יבול ח"י ליחידת שטח. דוגמאות צומח מכל חלקה נשלחו למעבדת השירות בנוה יער לקביעת אחוז החלבון.

טבלה 1: עומדים מתוכננים בניסיונות גידול הקינואה.

ניסוי	עומד מתוכנן (זרעים/מ"ר)	מספר שורות לערוגה	מרווח בין שורות זריעה (ס"מ)	עומד מתוכנן לשורה (צמחים למטר רץ)	עומד בפועל (צמחים/מ"ר)
קווים	240	6	16	40	150
עומדים	80	2	80	40	55
עומדים	160	4	26	40	119
עומדים	240	6	16	40	180
עומדים	320	4	26	80	193
עומדים	480	6	16	80	336
עומדים	720	6	16	120	526

תוצאות

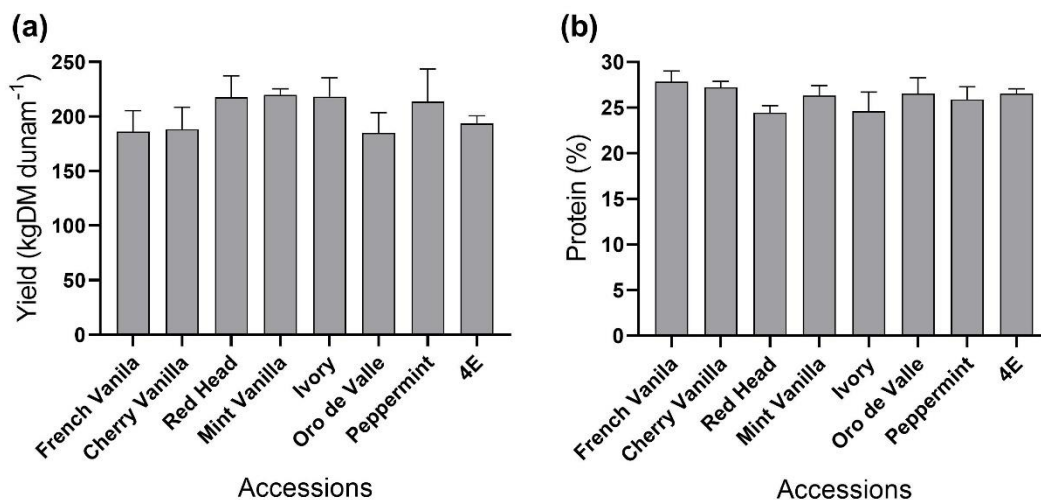
על מנת לבחון את השפעתם של פרמטרים שונים על היבול (ח"י) ואחוז החלבון בקי"צ, נזרעו הצמחים במהלך יוני 2020 בחוות גד"ש בעמק החולה. נערכו שני ניסיונות במקביל ובנפרד- בניסוי הראשון נבחנה השפעת קווי קינואה שונים ובשני נבחנה השפעת עומדים שונים על היבול ותכולת החלבון בקי"צ. בשני הניסויים נביטת הזרעים החלה כיומיים-שלושה לאחר הזריעה ותחילת ההרטה. צמחי הקינואה נקצרו בהגיעם ל- 10-12% ח"י (איור 1).



איור 1: קינואה ירוקה צעירה במועד הקציר. אחוז החומר היבש בצמחים נע בין 10-12%.

השפעת קווי קינואה שונים על היבול ותכולת החלבון בקי"צ

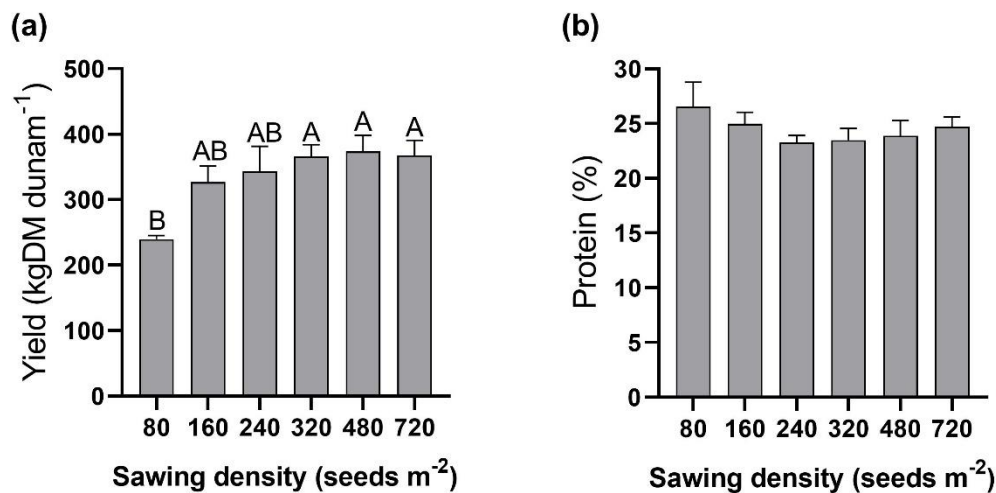
בניסוי הראשון, עומד הצמחים בפועל עמד על כ-150 צמחים למ"ר בממוצע (טבלה 1). יבול ח"י של צמחי הקינואה הצעירים נע בין 185 ל-220 ק"ג/דונם, בקווים 'Oro de Valle' ו-'Mint Vanilla', בהתאמה (איור 2a). יחד עם זאת, ההבדלים ביבול בין קווי הקינואה השונים לא היו מובהקים (Tukey-HSD, $P > 0.05$). אחוז החלבון בח"י בקווים השונים נע בין 24.5 ל-28% בקווים 'Red Head' ו-'French Vanilla', בהתאמה (איור 2b). גם ההבדלים באחוז החלבון בין קווי הקינואה השונים לא היו מובהקים (Tukey-HSD, $P > 0.05$). יש לציין כי התחדשות הצמחים בחלקה לאחר הקציר הראשון הייתה מינורית ועל כן לא ניתן היה לבצע קציר שני של קי"צ.



איור 2: יבול חיי ותכולת החלבון בקווי קינואה שונים. קווי הקינואה השונים נזרעו ביוני 2020 בחוות גדי"ש בעמק החולה. בהגיע הצמחים ל-10-12 אחוז חיי, הם נקצרו, יובשו ונשקל יבול חיי (a). דוגמאות מכל חלקה נשלחו לכימות תכולת החלבון בצמח (b). העמודות מייצגות ממוצעים \pm שגיאת התקן של יבול חיי מ-4 חזרות בנות כ-5 מ"ר כל אחת.

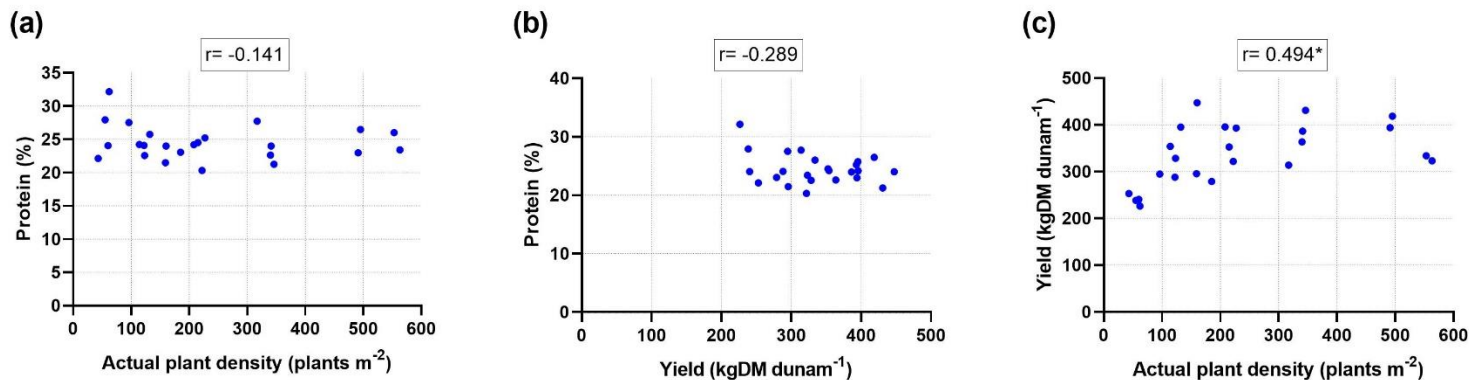
השפעת עומדים שונים על יבול ורמת החלבון בקי"צ

בניסוי השני, עומד הצמחים בפועל היה נמוך מהמתוכנן בטיפולים השונים. כך למעשה, בטיפולי העומדים המתוכננים של 80, 160, 240, 320, 480 ו-720 זרעים/מ"ר, העומד בפועל היה כ-55, 119, 180, 193, 336 ו-526 צמחים/מ"ר בממוצע, בהתאמה (טבלה 1). יבול חיי של צמחי קי"צ נע בין 239 ל-374 ק"ג/דונם, בעומדים מתוכננים של 80 ו-480 זרעים/מ"ר, בהתאמה (איור 3a). לא נמצא הבדל מובהק ביבול בין העומדים השונים, למעט בעומד הנמוך ביותר של 80 זרעים/מ"ר, בו התקבל יבול הנמוך באופן מובהק מאשר בעומדים של 320, 480 ו-720 זרעים/מ"ר (Tukey-HSD, $P < 0.05$). אחוז החלבון בחיי בעומדים השונים נע בין 23.3% ל-26.56% בעומדים מתוכננים של 80 ו-240 צמחים למ"ר, בהתאמה (איור 3b). הבדלים אלה לא היו מובהקים סטטיסטית (Tukey-HSD, $P > 0.05$).



איור 3: השפעת העומד על יבול חיי ואחוז חלבון. קווי הקינואה Mint Vanilla נזרעו בעומדים של 80, 160, 240, 320, 480 ו-720 זרעים/מ"ר ביוני 2020 בחוות גדי"ש בעמק החולה. בהגיע הצמחים ל-10-12 אחוז חיי, הם נקצרו, יובשו ונשקל יבול חיי (a). דוגמאות מכל חלקה נשלחו לכימות אחוז החלבון (b). העמודות מייצגות ממוצעים \pm שגיאת התקן של יבול חיי מ-4 חזרות בנות כ-5 מ"ר כל אחת. אותיות שונות מעל העמודות מראות על הבדל מובהק סטטיסטית (Tukey-HSD, $P < 0.05$).

בנוסף, נערכו אנליזות חישוביות בכדי לבדוק את מידת המתאם (באמצעות מבחן Pearson) בין עומד הצמחים בפועל, יבול חיי ורמות החלבון. מהתוצאות נראה כי אין מתאם מובהק בין אחוז החלבון לעומד הצמחים בפועל ($r_p = -0.141$, $\alpha = 0.05$, איור 4a) או ליבול חיי ($r_p = -0.289$, $\alpha = 0.05$, איור 4b). עם זאת, בין יבול חיי לבין עומד הצמחים בפועל נמצא מתאם מובהק המאופיין ביחס ישר ($r_p = 0.494$, $\alpha = 0.05$, איור 4c).



איור 4: המתאם בין תכולת החלבון, יבול ח"י ועומד הצמחים בפועל. קו הקינואה 'Mint Vanilla' נזרע בעומדים שונים ביוני 2020 בחוות גד"ש בעמק החולה. בהגיע הצמחים ל-10-12 אחוז ח"י, הם נקצרו, יובשו ונמדדו יבול ח"י ותכולת החלבון. נבדק הקשר בין רמות החלבון לעומד הצמחים בפועל (a), בין רמות החלבון ליבול ח"י (b) ובין יבול ח"י לעומד צמחים בפועל (c). כל נקודה מייצגת נתונים עבור חלקה בודדת בניסוי העומדים. מעל כל גרף מצוין ערך המתאם, כאשר ערך מסומן בכוכבית מייצג מתאם מובהק סטטיסטית (Pearson correlation, $\alpha < 0.05$).

לאור התוצאות הנ"ל ערכנו תחשיב כלכלי לבחינת כדאיות גידול קיצי של קי"צ למאכל אדם בישראל (טבלה 2). מאחר ואין נתונים קודמים לגבי עלויות גידול זה בישראל, התחשיב הכלכלי מסתמך על תחשיב גידול תרד, כאשר מטעמי שמרנות התבסס התחשיב על גידול לתעשייה. יבול חומר רטוב של קי"צ שנלקח בחשבון הוא 1,500 ק"ג/דונם, שווה ערך ליבול ח"י של 150 ק"ג/דונם ח"י (לפי 10% ח"י), המהווה הנחה שמרנית ביחס ליבול שהתקבל בחלקות השונות. עלות הזרעים התבססה על ההנחה לפיה עומד הצמחים המתוכנן הנדרש הוא 480 זרעים/מ"ר, לפי מקדם של 1 ק"ג זרעים לדונם. כפי שניתן לראות, התחשיב השמרני מצביע על רווח תפעולי של 987 ₪ לדונם למחזור גידול של 40 יום. תחשיב לגידול קי"צ למספוא טרם נערך, זאת מפני שעדיין לא הצטברו די עדויות מחקריות לגבי השפעת הזנת בע"ח בקי"צ.

טבלה 2: תחשיב כלכלי לגידול קיצי של קיי"צ למאכל אדם בישראל- ש"ח לדונם למחזור גידול של 40 יום.

סעיף	יח'	מחיר	כמות	סהכ
יבול קיי"צ קייצי (חומר רטוב) (קציר והובלה ע"ח המפעל) לפי 40 ימי גידול	טון	1,250.00	1.5	1,875
סהכ הכנסות				
מיכון ע"פ מחירון קבלני				
משתת לעומק, 40 ס"מ	דונם	40.00	0.5	20
חריש 30 ס"מ	דונם	55.00	0.5	28
דיסק 25 ס"מ	דונם	30.00	1	30
קילטור שטח עד 15 ס"מ	דונם	17.00	1	17
החלקה+עיגול שיניים	דונם	30.00	1	30
דישון 50 ק"ג בפיזור	דונם	12.00	1	12
דישון במטוס 11 ק"ג	דונם	12.00	1	12
ריסוס במטוס 5 ליטר	דונם	10.00	2	20
זרעית ירקות 6 שורות על ערוגה	דונם	67.10	1	67
ריסוס בגדש במוט מתנפח עד 15 ל"ד	דונם	9.00	1	9
שונות בטרקטור 100 כ"ס	שעה	250.00	0.15	38
רכב ענף	ש"ח	2.88	10	29
סהכ עלות המיכון				
חומר ריבוי קינאה	ק"ג זרעים מחוסים	80.00	1	80
סהכ עלות חומר ריבוי				
אוראה שקי ענק	ק"ג	2.89	20	58
סהכ דשן				
אלאנקס	ליטר	30.00	0.2	6
דואל s גולד	ליטר	103.00	0.13	13
סהכ הדברת עשבים				
טלסטאר	ליטר	110.00	0.075	8
סהכ הדברת מזיקים				
קבון		22.00	0.3	7
רידומיל מנקוזב		80.00	0.3	24
סהכ הדברת מחלות				
ארנונה	דונם	45.00	0.25	11
הוצאות קו נוע	דונם	25.00	0.5	13
סהכ עלות חומרים ושירותים שונים				
מים שפירים	מ"ק	1.95	100	195
סהכ עלות מים				
ביטוח קנ"ט	דונם	11.00	1	11
עלות ביטוח קנט				
עבודה צוות קבוע	שעה	85.00	0.75	64
סהכ עלות עבודה בגידול				
ריבית להון חוזר	אחוז/חודש	1.0%	1	8
שונות ובלתי צפוי	אחוז	1.0%	10	80
סהכ ריבית ושונות				
החזר הון קו נוע	דונם	167.47	0.5	84
סהכ החזר הון להשקעה לדונם				
סהכ הכנסות				
הוצאות גידול (כולל עבודה בניהול)				
888				
רווח תפעולי (תרומה ב)				
987				
רווח נקי (תרומה ג)				
903				

יש לציין כי הקינואה משווקת בארץ ובעולם כ"מזון על" ועל כן נתונה לשינויי מחיר תדירים הנקבעים על פי טרנדים של השוק. לכן, ערכנו טבלת רגישות בה ניתן לראות את השינוי ברווח התפעולי כתלות במחיר וביבול הקיי"צ (טבלה 3). ניתן לראות כי גם במחירי שוק נמוכים בהרבה, כמו למשל 750 ש"ח/טון חומר רטוב, גידול הקיי"צ רווחי גם ברמת היבול של 1.5 טון/דונם חומר רטוב.

טבלה 3: טבלת רגישות לרווח (תרומה ב') בש"ח לדונם לפני החזר הון לשינויי ביבול לדונם ובמחיר לטון קיי"צ (חומר רטוב) למאכל אדם בישראל.

מחיר (ש"ח/טון חומר רטוב)							
1500	1250	1000	750	500			
237	49	-138	-326	-513	0.75	יבול (טון חומר רטוב/דונם)	
612	362	112	-138	-388	1.00		
987	674	362	49	-263	1.25		
1,362	987	612	237	-138	1.50		
1,737	1,299	862	424	-13	1.75		
2,112	1,612	1,112	612	112	2.00		

דיון

במחקר זה בחנו את הפוטנציאל של גידול קיצי של קיי"צ כגידול חדש ואיכותי לשימושים עתידיים שונים, כמו למשל למאכל אדם ולמספוא. הגידול הקיצי נבחר בשל משך הגידול הקצר עד לקציר ובשל הרצון לבחון גידול אלטרנטיבי בעונה זו בישראל. רמות היבול שהתקבלו במחקר זה היו דומות לאלה המתוארות במחקרים שנערכו במספר מקומות ברחבי העולם. כך למשל, במצרים יבול עלי הקינואה עמד על כ- 62.5 ו- 83 ק"ג ח"י/דונם בגידול תחת השקיה במים שפירים או מליחים, בהתאמה⁸. עם זאת, יש לציין כי במחקר הנוכחי בחנו את היבול של כלל חלקי הצמח העילאיים, כלומר יש להניח כי יבול העלים בלבד יהיו נמוך יותר. אכן, במחקר אחר שנערך במצרים, יבול צמחי קינואה שלמים שנקצרו לאחר 45 ימי גידול, אף הגיע ל- 4,140 ק"ג חומר רטוב/דונם בקו הקינואה 'Cica', כאשר אחוז הח"י בזמן הקציר עמד על כ- 10% במוצע. יש להדגיש כי סביר שבגידול קיי"צ בהיקפים מסחריים יתקבל יבול נמוך מזה שהתקבל במחקר זה, בו בוצע בגידול במסגרת חלקות קטנות. בנוסף, אחוזי החלבון הגבוהים שהתקבלו בצמחי הקינואה השלמים, אשר הגיעו לכדי 28%, דומים לאחוזי החלבון המדווחים במחקרים שנערכו גם בארצות אחרות. כך למשל, תכולת החלבון בעלי קינואה שגדלה במצרים עמדה על 26.4% ו- 25% תחת השקיה במים שפירים או מליחים, בהתאמה⁸. במחקר אחר שנערך במיזורי ארה"ב, תכולת החלבון בעלי קינואה הייתה גבוה יותר ועמדה על כ- 35%¹⁰. עם זאת, כפי שזכר לעיל, במחקר הנוכחי בחנו את רמות החלבון בכלל החלקים העילאיים של צמחי הקינואה, כלומר יש להניח כי רמות החלבון בעלים בלבד יהיו גבוהות מאשר בכלל חלקים אלה.

במחקר הנוכחי לא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול ובתכולת החלבון בין קווי הקינואה השונים. במחקר אחר שנערך במצרים, דווקא כן נמצאו הבדלים מובהקים בפרמטרים של יבול והרכב כימי בין שני קווי קינואה שונים שנקצרו 45 ימים לאחר הזריעה¹². כלומר, בהמשך המחקר יש להמשיך ולבחון קווי קינואה נוספים, על מנת לאתר קווי קינואה מצטיינים למטרת גידול של קיי"צ. כמו כן,

בבחירת קווי הקינואה הרלוונטיים להמשך המחקר או לגידול מסחרי יש לקחת בחשבון שיקולים נוספים כמו למשל עמידות למחלות ועקות אחרות או תכונות נוספות הקשורות באיכות הצמחים כמו למשל הרכב חומצות אמינו וחומרים פעילים, אשר לא נבחנו במסגרת מחקר זה.

לעומד הצמחים הייתה השפעה ברורה ומובהקת על היבול, אך לא על תכולת החלבון, כך שבעומד בפועל הנמוך ביותר של כ- 55 צמחים למ"ר, היבול היה הנמוך ביותר. בעומדים הגבוהים יותר שנבחנו לא הייתה השפעה על היבול או רמת החלבון, כלומר העומד ההתחלתי אליו יש להגיע בחלקות קי"צ הוא לפחות 120 צמחים למ"ר. יש להניח כי קוטר הגבעולים ירד עם העלייה בצפיפות הצמחים, מה שיכול להעלות את אטרקטיביות הקי"צ למאכל אדם כחומר טרי ואת איכות הצמחים למספוא, למרות שנתון זה לא נבדק במסגרת מחקר זה. על כן, יש לבדוק הנחה זו במסגרת מחקר המשך אשר יכלול מבדק של צוות טועמים ואנליזות כימיות מעמיקות, בדגש על איכות הצמחים לשימוש כמספוא. יש לציין כי לא נמצא קשר מובהק בין כמות היבול לתכולת החלבון, כלומר נראה שישנה חשיבות להמשיך ולפתח ממשק אגרוטכני משופר שיוכל להעלות את רמות היבול, תוך שימור איכות החומר הצמחי.

יש לציין כי התחדשות צמחי הקינואה הייתה מועטה ועל כן לא בוצע קציר נוסף על בסיס הצמחים שנקצרו. יחד עם זאת, בזכות משך הגידול הקצר של קי"צ, יש לשקול ולבחון מספר זריעות לאורך העונה כך שבתוך חודשים בודדים, ניתן יהיה לבצע מספר קצירים. אפשרות זו יכולה להביא לכדי יבול שנתי גבוה מאוד, בהנחה וניתן יהיה לבצע 3-4 מחזורי גידול של קי"צ בעונה אחת. בכדי לאשש הנחה זו, יש לבחון זאת במסגרת ניסוי מסודר.

לקי"צ ייתכנו שימושים מעשיים רבים הן בצריכה ישירה והן כחומר גלם בתעשייה. כך למשל, מחקר הראה שימוש באבקת עלי קינואה כחומר גלם בהכנת לחם איכותי, בעל ערך תזונתי גבוה ועשיר בנוגדי חמצון¹³. עלי קינואה מיובשים כבר הועברו לחברה מסחרית בישראל אשר השתמשה בהם כחומר גלם להכנת קרקרים עתירי חלבון במסגרת פיילוט ראשוני (מידע טרם פורסם). כלומר, פיתוחים מסוג זה יאפשרו את ניצול הקי"צ כחומר גלם יבש בתעשיית המזון, מה שיכול הגדיל באופן משמעותי את הביקוש לגידול זה.

לסיכום, ממחקר זה נראה כי לגידול קי"צ במהלך הקיץ יתרונות רבים. ראשית, נראה כי בגידול זה טמון פוטנציאל כלכלי גבוה. יתרון חשוב נוסף הוא הכנסה של גידול חדש, עמיד לתנאי קיצון ובעל דרישות מים נמוכות למחזור הזרעים בעונת הקיץ. יתרון משמעותי אחר הוא ייצור של חומר גלם טרי ואיכותי בעל תכולת חלבון וערך תזונתי גבוהים אשר יוכל להיות חלק מסל הגידולים בישראל. עם זאת, לפני בחינת גידול חדש זה בהיקפים גדולים יש לקחת בחשבון גורמים נוספים בשרשרת הערך כמו למשל תהליכי רגולציה הנדרשים לאשר מזון חדש למאכל אדם, אופן השימוש בחומר הגלם בתעשיית ההמשך, רמת הטעימות לאדם ולבע"ח וכדומה. כמו כן, מכיוון שבמחקר זה גידול קי"צ בוצע בקיץ, נעשה שימוש בהשקיה, גם אם מועטה. יש להמשיך ולבחון את אפשרות הגידול של קי"צ ביתר עונות השנה עם השקיה מועטה יותר או אף ללא השקיה כלל, ולבחון את רמות יבול וההרכב הכימי של הצמחים גם בתנאי גידול אלה.

תודות

תודות לצוות חוות גד"ש בעמק החולה על הסיוע בתפעול חלקות הניסוי, לשאול גרף על ייעוץ מקצועי ולחברת 'אקווינום' על אספקת הזרעים.

- (1) Abugoch James, L. E. (2009) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Adv. Food Nutr. Res.* 1st ed. Elsevier Inc.
- (2) Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F., and Jacobsen, S. E. (2012) Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant Soil* 357, 117–129.
- (3) Jacobsen, S.-E. (2003) The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev. Int.* 19, 167–177.
- (4) Hirose, Y., Fujita, T., Ishii, T., and Ueno, N. (2010) Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chem.* 119, 1300–1306.
- (5) Asher, A., Galili, S., and Rubinovich, L. (2017) The development of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) as a new crop in Israel- observation summary (in hebrew). *Nir vatelem* 71, 21–26.
- (6) Asher, A., Sadan, A., Galili, S., and Rubinovich, L. (2017) Potential evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) as a new winter crop in Israel (in hebrew). *Nir vatelem* 75, 22–28.
- (7) Asher, A., Galili, S., Whitney, T., and Rubinovich, L. (2020) The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 272, 109534.
- (8) El-Naggar, A., Hussin, S., Abd El-Samad, E., and Eisa, S. (2018) Quinoa As a New Leafy Vegetable Crop in Egypt. *Arab Univ. J. Agric. Sci.* 26, 745–753.
- (9) Vazquez-Luna, A., Cortés, V. P., Carmona, F. F., and Díaz-Sobac, R. (2019) Quinoa leaf as a nutritional alternative. *Cienc. e Investig. Agrar.* 46, 137–143.
- (10) Pathan, S., Eivazi, F., Valliyodan, B., Paul, K., Ndunguru, G., and Clark, K. (2019) Nutritional Composition of the Green Leaves of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Food Res.* 8, 55.
- (11) Gawlik-Dziki, U., Swieca, M., Sulkowski, M., Dziki, D., Baraniak, B., and Czyz, J. (2013) Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - In vitro study. *Food Chem. Toxicol.* 57, 154–160.
- (12) El-samad, E. H. A. (2018) leafy vegetable crop.
- (13) Gawlik-dziki, U., Dziki, D., Swieca, M., and Se, Ł. (2015) LWT - Food Science and Technology Bread enriched with *Chenopodium quinoa* leaves powder e The procedures for assessing the fortification efficiency a 62, 1226–1234.