

אפיון של גורמים שונים על נביטת קינואה בתנאים מבוקרים.

גלינה סידן¹, מרים דקלו-קרן^{1*}, וופא אבו-עקלין^{1*}, רחל סוקולסקיה^{1*}, ליאור רובינוביץ², אביב אשר², אהרון בללו³, אבישי לונדנר², אורית אמיר שגב³ ושמואל גלילי³

- 1- המעבדה לזרעים, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן, ישראל 50250.
- 2- מיג"ל-מו"פ צפון, ת.ד. 831, קריית שמונה, ישראל 11016.
- 3- המחלקה לירקות וגד"ש, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן, ישראל 50250.

*-ארבעת הכותבים הראשונים נחשבים כראשונים על המאמר.

"מפרסומי מינהל המחקר החקלאי מס' 16/2019 ; המאמר עבר ביקורת מדעית"

תקציר

גידול המספוא הגס בישראל מתבסס בעיקרו על חיטה לתחמיץ או שחת אשר גדלה בחורף בתנאי בעל. הבעיות העיקריות של החיטה לתחמיץ הן יכול לא גבוה (כ- 1.1-1.3 טון חומר יבש לדונם), העדפה של החקלאים לגידול חיטה לגרעינים, ומחסור בגידולים תחליפיים במחזור הגידולים. אחד הפתרונות המוצעים למחסור הצפוי במספוא גס הוא פיתוח גידולי מספוא חורפיים עם יכול גבוה שעשויים להוות תחליף לחיטה, ובכך לשפר את כדאיות הגידול של מספוא גס. בשנים האחרונות אנחנו בוחנים את צמח הקינואה כצמח מספוא למחזור הזרעים של הפלחה. בעבודה זו בחנו את ההשפעה של תנאים שונים על נביטה (טמפרטורה מלח, יובש ו pH) על נביטה זרעי של קינואה, כחלק מפיתוח מערכות סלקציה לאפיון של טיפוסים עמידים לעקות אביוטיות שונות. נביטה של זרעי קינואה הושפעה מכל העקות האביוטיות שנבחנו למעט עקת pH שונים. אנחנו מניחים שנמצא שונות בעמידות לכל העקות שנבחנו ושהיא תאפשר לנו לברור טיפוס קינואה עמידים יותר לעקות אלה בעתיד.

משק בעלי החיים בישראל מהווה כ-40% מכלל היצור החקלאי. על מנת לקיים ענף זה ישראל נאלצת לייבא כל שנה כ- 3.2 מיליון טון גרעינים. נוסף על כך, מעלי הגירה צורכים בארץ מדי שנה כ- 700 אלף טון חומר יבש (ח"י) מספוא גס, אשר אינם ניתנים לייבוא וחייבים להיות מסופקים על ידי ייצור מקומי. גידול המספוא הגס בישראל מתבסס בעיקרו על חיטה לתחמיץ או שחת אשר גדלה בחורף בתנאי בעל. הבעיות העיקריות של החיטה לתחמיץ הן יכול לא גבוה (כ- 1.1-1.3 טון ח"י לדונם), העדפה של החקלאים לגידול חיטה לגרעינים, ומחסור בגידולים תחליפיים במחזור הגידולים. אחד הפתרונות המוצעים למחסור הצפוי במספוא גס הוא פיתוח גידולי מספוא חורפיים חדשים עם יכול גבוה שעשויים להוות תחליף לחיטה, ובכך לשפר את כדאיות הגידול של מספוא גס. בשנים האחרונות אנחנו בוחנים את צמח הקינואה כצמח מספוא למחזור הזרעים של הפלחה.

קינואה (*Chenopodium quinoa willd*), הינו מין טררהפלואידי (מכיל 2 סטים גנומיים בדומה לחיטת הדורום) חד שנתי השייך למשפחת הירבוזיים המשמש בעיקר להזנה של בני אדם ובשנים האחרונות נבחנת הקינואה גם להזנה של בעלי חיים (Asher et al., 2017). הקינואה אינה דגן, אבל נחשבת כפסאודו דגנים מסיבות בוטניות (Elsohaimy et al., 2015, Hirose et al., 2010). כיום, הקינואה מגודלת בעיקר בארגנטינה, בוליביה, צ'ילה, קולומביה, אקוודור ופרו (FAO, 2012, Repo-Carrasco et al., 2003). הקינואה עמידה בפני עקות אביוטיות שונות כגון מליחות גבוהה ויובש המאפשרים לה לגדול באזורים אקלימיים שונים (Repo-Carrasco et al., 2003). זרעי הקינואה הם בעלי ערך תזונתי גבוה ונחשבים כמזון על בגלל הרכב חומצות אמינו דומה לחלבון הקזאין בחלב (Ruales and Nair, 1992), כ 4% שמן, רמה גבוה של ויטמינים (ויטמין E, B, C) ומינרלים כמו סידן, ברזל, מנגן, מגנזיום, נחושת ואשלגן (Konishi, et al., 2004) בהשוואה לרוב דגני הדגנים. זרעי קינואה מכילים כמות ניכרת של סיבים והם עשירים (בעיקר הזרעים הצבעוניים (שחור ואדום)) גם בתרכובות נוגדות חמצון כמו פוליפנולים (Brand et al., 2012, Hirose et al., 2010, Repo-Carrasco et al., 2011, Repo-Carrasco et al., 2010). לכן, הקינואה נחשבת למזון פונקציונאלי היכול לצמצם את הסיכון למחלות שונות כרוניות (Miranda et al., 2010, Repo-Carrasco et al., 2003). בעבודה זו בחנו את השפעת תנאים שונים על נביטת זרעי קינואה כחלק מפתוח של מערכות סלקציה לעמידות לעקות אביוטיות, כגון: קור, מלח ויובש. אנחנו מודעים לכך שלא תמיד ישנו מתאם בין עמידות לעקות אביוטיות בשלב הנביטה לעמידות של הצמחים לאותן עקות בתנאי שדה (Foolad and Lin, 1997), לכן בהמשך צורך לאמת את התוצאות שהתקבלו גם בתנאי שדה.

חומרים ושיטות

בחינה של השפעת הטמפרטורות על נביטה של זרעי קינואה.

הניסוי נערך ב- 4 חזרות, בכל חזרה 25 זרעים קינואה מהזן "Mint Vanilla". לשם כך, 50 (שתי חזרות) זרעי קינואה מחוטאים הונחו על שתי שכבות של נייר הנבטה, שהורטב קודם לכן במי ברז ונסחט לרמת הרטיבות הרצויה במעגלה, בעזרת פלטה ואקום שתופסת את הזרעים ומאפשרת פיזור אחיד של הזרעים על גבי נייר הנבטה. שטח הנייר חולק לשני חצאים, כאשר בכל חצי הונחו 25 זרעים. לאחר מכן הזרעים כוסו בנייר הנבטה לח נוסף, והניירות גולגלו למעין גליל. כל שני גלילים (4 חזרות) הוכנסו לתוך שקית פוליאאתילן לשמירה על הלחות וכוסו בנייר כסף למניעת חדירת אור. לאחר מכן הועברו הגלילים

לאינקובטורים בטמפרטורות של 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ו-50 מעלות צלזיוס (2 גלילים לכל אינקובטור) למשך 5 ימים בחושך. במהלך הגידול נספרו מידי יום מספר הזרעים שנבטו (זרע שהוציא שורשון באורך 2 מ"מ נחשב לזרע שנבט). בסיום הגידול נמדדו, בכל חזרה, האורך של כל נבט באופן פרטני ומשקל טרי של כל הנבטים.

השפעת מלח NaCl על נביטה של זרעי קינואה

הניסוי נערך ב-4 חזרות באותה מתכונת כמו שתוארה קודם לכן, רק שבמקום מי ברז להרטבת ניירות ההנבטה נעשה שימוש בתמיסות מלח בריכוזים של: 0 (מי ברז (ביקורת)), 80, 160, 240, 360 ו-480 מילימולר מלח NaCl. גלילי הנייר הועברו לחדר גידול בטמפרטורה של 25 מעלות צלזיוס למשך 5 ימים בחושך.

השפעת פוטנציאל האוסמוטי על נביטה של זרעי קינואה

הניסוי נערך ב-4 חזרות באותה מתכונת כמו שתואר קודם לכן, רק שבמקום מי ברז להרטבת ניירות ההנבטה נעשה שימוש בתמיסות בעלות פוטנציאל אוסמוטי של 0 (מי ברז (ביקורת)), -0.2, -0.4, -0.4, -0.8, 1 ו-1.2 MPa שהתקבלו בעזרת ריכוזים שונים של פוליאתיילן גליקול (PEG) 6000 לפי נוסחה מספר 5 (Michel, 1983):

גלילי הנייר הועברו לחדר גידול בטמפרטורה של 25 מעלות צלזיוס למשך 5 ימים בחושך.

השפעת ה pH על נביטה של זרעי קינואה

הניסוי נערך ב-4 חזרות באותה מתכונת כמו שתואר קודם לכן, רק שבמקום מי ברז להרטבת ניירות ההנבטה נעשה שימוש בתמיסות בעלות ערכי pH שונים (4, 5, 7, 8, 10 ו-11). הכנת התמיסות נעשתה כפי שתואר על ידי (Chauhan et al., 2006).

חישוב מדדי נביטה

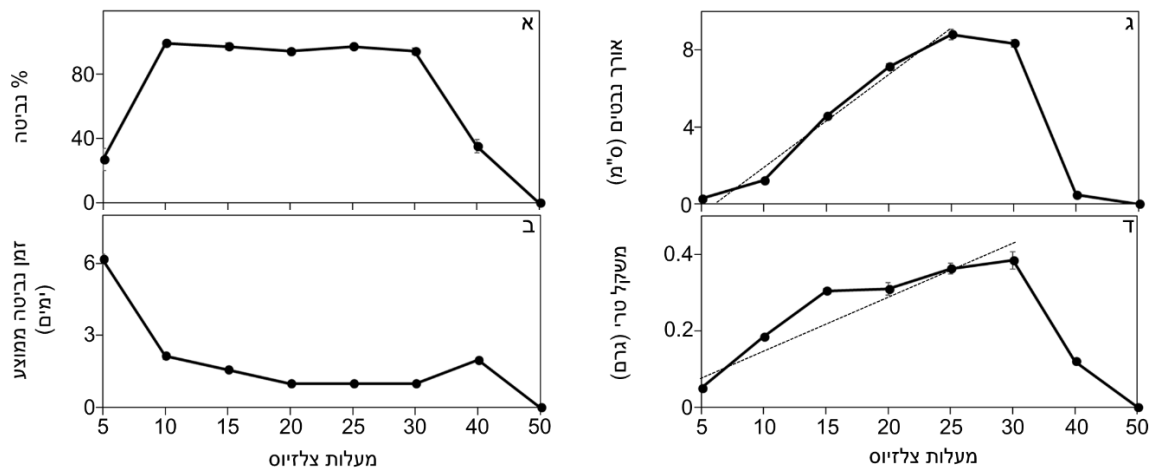
בכל חזרה חושבו % הנביטה, זמן נביטה ממוצע, און נביטה, זמן הנביטה של 50% מהזרעים חושבו כפי שתואר על ידי (Daklo et al., 2018). עיבוד הנתונים ועריכת הגרפים נעשה בתוכנת אקסל 2013 והניתוח הסטטיסטי נעשה בתוכנת JMP 5.0

תוצאות ודיון

השפעת טמפרטורות הסביבה

השפעת טמפרטורת הסביבה על נביטת זרעי קינואה מובאת באיור 1. ניתן לראות מאיור 1 שזרעי קינואה נבטו כמעט ב-100% בכל הטמפרטורות בין 10-30 מעלות צלזיוס, כאשר בטמפרטורות של 5 או 40 מעלות צלזיוס אחוז הנביטה ירד באופן מובהק לכ-30% (איור 1א) וב 50 מעלות לא הייתה נביטה כלל. כמו כן, ניתן לראות מאיור 1ב שזמן הנביטה הממוצע עמד על יום אחד בין 20-30 מעלות צלזיוס, והתארך לכ 2 ימים בטמפרטורות של 15, 10 ו 40 מעלות צלזיוס ולכ 6 ימים ב 5 מעלות צלזיוס (איור 1ב). אורך הנבטים עלה באופן מובהק מ-0.3 ס"מ ב-5 וב 40 מעלות צלזיוס לכ-8.5 ס"מ ב-25-30 מעלות צלזיוס. עוד ניתן לראות שבין 25-5 מעלות צלזיוס יש מתאם לינארי בין טמפרטורת הנביטה ובין אורך הנבטים, כאשר אורך הנבטים עולה בכ 0.45 ס"מ לכל מעלה ומקדם המתאם R הינו 0.988 (איור 1ג), וגם המשקל טרי של הנבטים עלה מ-0.05 גרם ב-5 מעלות צלזיוס לכ-0.35 גרם ב-25-30 מעלות צלזיוס, וירד ל 0.12 גרם ב 40 מעלות צלזיוס. גם כאן ישנו מתאם לינארי בין הטמפרטורה לבין המשקל הטרי של הנבטים בין 30-5 מעלות צלזיוס, כל מעלה מעלה את המשקל הטרי של הנבטים בכ 0.013 גרם מקדם המתאם R הינו 0.933

(איור 1ד). בכל המדדים האלה לא נמצאו הבדלים מובהקים בין 25 ו-30 מעלות צלזיוס מנתונים אלה ניתן להסיק שהטמפרטורה האופטימאלית לנביטה של זרעי קינואה היא בין 25-30 מעלות צלזיוס, לכן את שאר האפיונים בצענו בטמפרטורה של 25 מעלות צלזיוס. מחקרים רבים בוצעו במשטרי טמפרטורה שונים כדי לתאר את השפעת הטמפרטורה על נביטת קינואה ונמצא קשר לינארי חיובי בין קצב הנביטה והטמפרטורה. בחלק מהעבודות מצאו שהטמפרטורה האופטימלית, המרבית וטמפרטורת הסף לנביטה הן 30-35, 50 ו 3 מעלות צלזיוס, בהתאמה (Jacobsen and Bach, 1998). מחקר נוסף מצאו שהטמפרטורה האופטימלית נמצאת בין 18-36 מעלות צלזיוס (Hinojosa et al., 2018). נתונים אלה דומים לאלה שהתקבלו בעבודה זו.

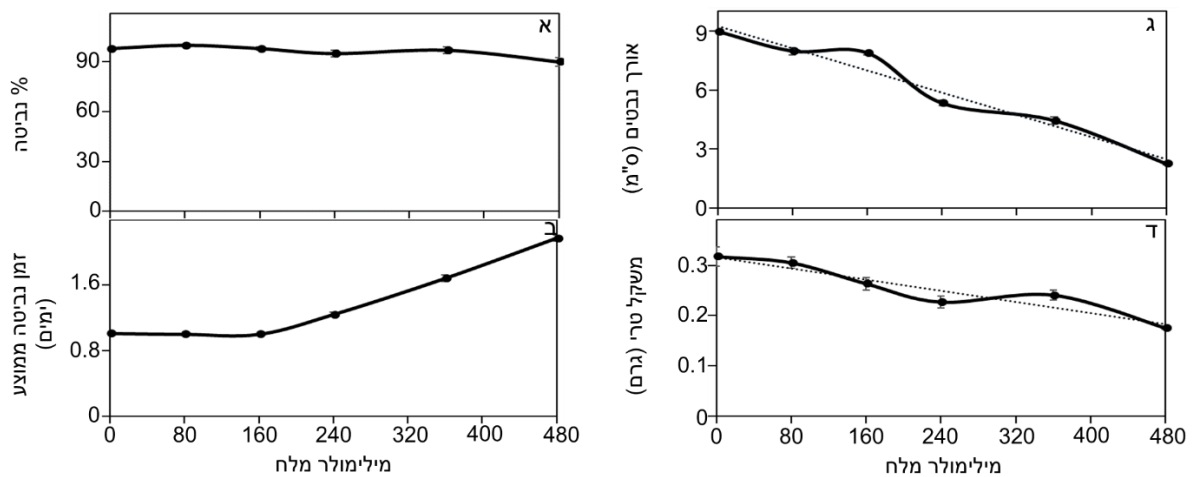


איור 1. השפעת טמפרטורת הסביבה על % הנביטה (א), זמן נביטה ממוצע (ב), אורך נבטים (ג) ומשקל טרי של הנבטים (ד). התוצאות מייצגות ממוצע ושגיאת תקן שהתקבלו מארבע חזרות בנות 25 זרעים כ"א. הקו המקווקו מייצג מתאם לינארי שהתקבל בין טווחי הטמפרטורות של 5-30/25 מעלות צלזיוס.

השפעת מליחות

באזורים רבים בעולם בעיקר במקומות יבשים, או יבשים למחצה, משתמשים במים מליחים להשקיה של צמחי חקלאות. מצב זה גורם מצד אחד לעקת מלח לצמחים ומקטין את כושר הייצור שלהם, ומצד שני גורם להמלחה קשה של קרקעות הגידול ובסופו של דבר לאי-יכולת יותר לגדל בהם צמחים חקלאיים. אחד הפתרונות להשמשה של שטחים אלה מחדש הוא טיפוח של צמחים חדשים עמידים לעקת מלח. הקינואה נחשבת כגידול עם עמידות גבוהה יותר למלח מאשר שעורה, חיטה ותירס (Peterson et al., 2015), וגידולי ירקות, כגון: תרד, גזר, בצל, ואפילו אספרגוס (Shannon et al., 1998). יש לציין כי קיימת שונות גבוהה בעמידות למלח בין קווי קינואה שונים (Aloisi et al., 2016). קינואה יכולה לסבול רמות בינוניות עד גבוהות של מליחות שנעות בין 150-750 מילימולר מלח (Orsini et al., 2011), רמה גבוהה מזו של מי ים (Adolf et al., 2013), בעוד שבגידולי שדה אחרים כחיטה, אורז ותירס ב-40 מילימולר מלח כבר יש פגיעה ביבול (Peterson et al., 2015). אחד השלבים הרגישים בצמחים לעקת מלח הוא שלב

הנביטה וההתבססות הראשונית (Maas, 1986). עקת מלח בשלב הנביטה יכולה להשפיע על אחוז הנביטה, קצב הנביטה והצימוח הראשוני. לכן, עמידות למלח בשלב זה תאפשר צימוח מהיר יותר ועומד גבוה יותר של הצמחים היכולים להביא להתמודדות טובה יותר עם עשבים. בעבר נמצא כי ריכוזים של בין 100 ל- 250 מילימולר מלח גורמים לעיכוב הנביטה ברוב קווי הקינואה שנבחנו (González and Prado, 1992,) (Aloisi et al., 2016, Panuccio et al., 2014). בחלק זה של העבודה זו בדקנו את השפעת ריכוזי מלח על נביטה של זרעי קינואה. השפעת ריכוזי מלח NaCl על נביטת זרעי קינואה מובאת באיור 2. ניתן לראות מאיור 2 שזרעי קינואה נבטו כמעט ב-100% בכל ריכוזי המלח שנבחנו (איור 2א). כמו כן, ניתן לראות מאיור 2ב שזמן הנביטה הממוצע עמד על כיום אחד עד לריכוז של 240 מילימולר מלח, התארך באופן מובהק לכ 2 ימים בריכוז של 360-480 מילימולר מלח (איור 2ב). אורך הנבטים התקצר עם עלייה בריכוזי המלח מכ-9 ס"מ בטיפול הביקורת לכ 2.2 ס"מ ב-480 מילימולר מלח. עוד ניתן לראות שיש מתאם לינארי בין ריכוז המלח ובין אורך הנבטים, כאשר אורך הנבטים מתקצר 1.4 ס"מ לכל 100 מילימולר מלח ומקדם המתאם R הינו 0.98 (איור 2ג). באופן דומה עם העלייה בריכוז המלח הייתה גם ירידה מובהקת במשקל הטרי של הנבטים. המשקל הטרי של הנבטים ירד באופן מובהק עם עלייה בריכוזי המלח מכ-0.32 גרם בטיפול הביקורת לכ 0.18 גרם ב-480 מילימולר מלח. עוד ניתן לראות שיש מתאם לינארי בין ריכוז המלח ובין משקל הטרי של הנבטים, כאשר המשקל הטרי יורד בכ 0.03 גרם לכל 100 מילימולר מלח ומקדם המתאם R הינו 0.95 (איור 2ד).



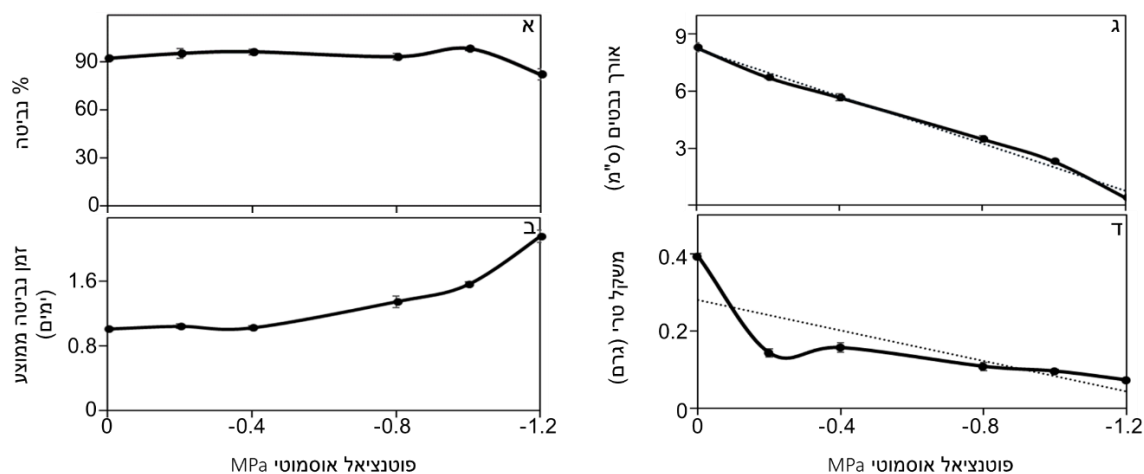
איור 2. השפעת ריכוז המלח על % הנביטה (א), זמן נביטה ממוצע (ב), אורך נבטים (ג) ומשקל טרי של הנבטים (ד). התוצאות מייצגות ממוצע ושגיאת תקן שהתקבלו מארבע חזרות בנות 25 זרעים כ"א. הקו המקווקו מייצג מתאם לינארי שהתקבל בין ריכוזי מלח של 0-480 מילימולר מלח.

השפעת הפוטנציאל האוסמוטי

סלקציה של צמחים לעמידות ליובש היא קריטית לא רק מבחינה של אזורים יבשים אלא כיוון שתופעת המדבור בעולם הולכת וגדלה (Tuberosa & Salvi 2006). אחת הבעיות של סלקציה לעמידות ליובש בתנאי שדה ובתנאים מבוקרים היא שמאד קשה לשלוט בתנאים ולחזור עליהם (Shaheen & Hood- 2005). מצב זה מקשה על סלקציה של טיפוסים עמידים בתוכניות טיפוח (Zeigler & Puckridge 1995). הציע לנצל את שלב הנביטה לסלקציה של צמחים לעמידות ליובש. (Khakwani et al. 2011) בחנו 6 זני חיטה לעמידות ליובש בשיטות שונות ומצאו שהקווים שנבטו בתנאי יובש מבוקרים הראו גם עמידות ליובש בתנאי שדה. נוסף על כך, תופעות דומות התקבלו גם בניסויים עם בטטות (Agili et al.

(2012). אחת האפשרויות לקבל טיפוסים עמידים ליובש בתנאים מבוקרים היא על ידי שימוש בפולי אתילן גליקול במהלך הנביטה (PEG) שמאפשר לשלוט בפוטנציאל האוסמוטי של המים. חשיפה של זרעים ל PEG מאפשר לחקות תנאי יובש כמעט ללא השפעה מטבולית אחרת כפי שמקבלים בשימוש במולקולות קטנות (Hohl & Schopfer 1991). שימוש ב-PEG לסלקציה לעמידות ליובש נוסה בהצלחה במספר רב של גידולים (Manoj and Uday, 2007).
 השפעת פוטנציאל אוסמוטי, כפי שהתקבל באמצעות ריכוזי PEG, על נביטת זרעי קינואה, מובאת באיור 3.

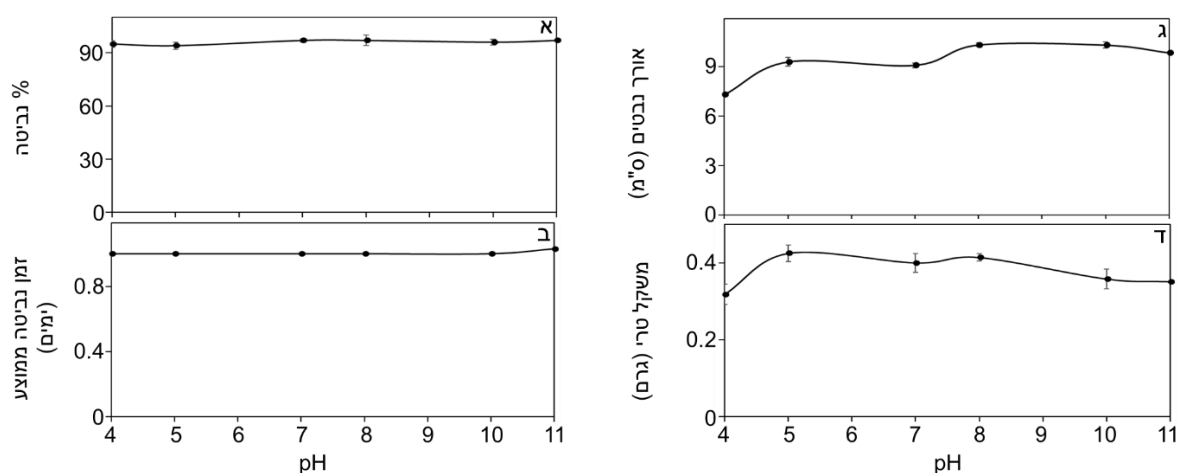
ניתן לראות מאיור 3 שזרעי קינואה נבטו כמעט ב-100% עד לפוטנציאל אוסמוטי של -1 MPa, ורק בפוטנציאל אוסמוטי של -1.2 MPa הייתה ירידה מובהקת באחוז הנביטה ל 82% (איור 3א). זמן הנביטה הממוצע של זרעי הקינואה עמד על יום אחד עד לפוטנציאל אוסמוטי של -0.4 MPa, עלה לכיום וחצי בין -0.8 ל -1 MPa וליומיים ב -1.2 MPa (איור 3ב). אורך הנבטים התקצר עם ירידה פוטנציאל האוסמוטי מכ 89 ס"מ בטיפול הביקורת לכ 0.4 ס"מ ב- -1.2 MPa. עוד ניתן לראות שיש מתאם לינארי בין הפוטנציאל האוסמוטי ובין אורך הנבטים, כאשר אורך הנבטים מתקצר ב- 0.62 ס"מ לכל MPa ומקדם המתאם R הינו 0.996 (איור 3ג). באופן דומה עם הירידה בפוטנציאל האוסמוטי הייתה גם ירידה מובהקת במשקל הטרי של הנבטים. המשקל הטרי של הנבטים ירד באופן מובהק עם הירידה בפוטנציאל האוסמוטי מכ-0.39 גרם בטיפול הביקורת לכ 0.07 גרם ב- -1.2 MPa. עוד ניתן לראות שיש מתאם לינארי בין הפוטנציאל האוסמוטי ובין משקל הטרי של הנבטים, כאשר המשקל הטרי יורד בכ 0.002 גרם לכל MPa ומקדם המתאם R הינו 0.79 (איור 3ד).



איור 3. השפעת פוטנציאל אוסמוטי על % הנביטה (א), זמן נביטה ממוצע (ב), אורך נבטים (ג) ומשקל טרי של הנבטים (ד). התוצאות מייצגות ממוצע ושגיאת תקן שהתקבלו מארבע חזרות בנות 25 זרעים כ"א. הקו המקווקו מייצג מתאם לינארי שהתקבל בין פוטנציאל אוסמוטי של (0-(-1.2) MPa).

השפעת ה-pH

השפעת רמת ה-pH על נביטת זרעי קינואה מובאת באיור 4. רמת ה-pH כמעט ולא השפיעה על נביטת זרעי הקינואה. זרעי קינואה נבטו כמעט ב-100% בכל רמות ה-pH בין 4 ל-11. כמו כן, נמצאו הבדלים מינוריים גם בשאר המדדים שנבחנו (איור 4 א-ד). תוצאות אלה מראות שלקינואה יש כושר נביטה בכל רמות ה-pH, לכן סביר להניח שהוא יוכל לנבט בקרקעות שונות ברחבי הארץ ובעולם. מצב זה יאפשר הרחבת התפוצה של גידול קינואה כצמח מספוא באזורים נוספים בארץ ובעולם.



איור 4. השפעת ה-pH על % הנביטה (א), זמן נביטה ממוצע (ב), אורך נבטים (ג) ומשקל טרי של הנבטים (ד). התוצאות מייצגות ממוצע ושגיאת תקן שהתקבלו מארבע חזרות בנות 25 זרעים כ"א.

סיכום

בעבודה זו בחנו את ההשפעה של תנאים שונים על נביטה (טמפרטורה מלח, יובש ו-pH) על נביטה זרעי קינואה, כחלק מפיתוח מערכות סלקציה לאפיון של טיפוסים עמידים לעקות אביוטיות שונות. נביטה של זרעי קינואה הושפעה מכל העקות האביוטיות שנבחנו, אך לא מערכי ה-pH השונים. אנחנו מניחים שלאור הממצאים הללו בזרעי קינואה, תמצא שונות בעמידות לכל העקות שנבחנו גם בצמחי קינואה בוגרים, מה שיאפשר לנו לברור טיפוס קינואה עמידים יותר לעקות אלה בעתיד.

מקורות

- Adolf VI, Jacobsen S-E, and Shabala S. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental and Experimental Botany* 92: 43-54.
- Agili S, Nyende B, Ngamau K, and Masinde P. 2012. Selection, yield evaluation, drought tolerance indices of orange-flesh sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) hybrid clone. *J Nutr Food Sci.* 2:138.

- Aloisi I, Parrotta L, Ruiz KB, Landi C, Bini L, Cai G, Biondi S, and Del Duca S. 2016. New insight into quinoa seed quality under salinity: changes in proteomic and amino acid profiles, phenolic content, and antioxidant activity of protein extracts. *Frontiers in plant science* 7:656.
- Brend Y, Galili L, Badani H, Hovav R, and Galili S. 2012. Total phenolic content and antioxidant activity of red and yellow quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds as affected by baking and cooking conditions. *Food and Nutrition Sciences* 3:1150-1155.
- Chauhan BS, Gill G, and Preston C. 2006. Factors affecting seed germination of little mallow (*Malva parviflora*) in southern Australia. *Weed Science* 54:1045-1050.
- Daklo-Keren M, Abu-Aklin W, Cohen O, Berger V, Sidan G, Bellalou A, Amir-Segev O, Hovav R, and Galili S. 2018. The Effects of Several Types of Induced Abiotic Stress on *Cephalaria joppensis* Germination under Controlled Conditions. *American Journal of Plant Sciences* 9:1486-1499.
- Elsouhaimy S, Refaay T, and Zaytoun M. 2015. Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences* 60:297-305.
- Foolad MR, Zhang L, and Lin G. 2001. Identification and validation of QTLs for salt tolerance during vegetative growth in tomato by selective genotyping. *Genome* 44(3):444-454.
- González J, and Prado F. 1992. Germination in relation to temperature and different salt concentration in *Chenopodium quinoa*. *Agrochimica* 36:101-107.
- Hinojosa L, González JA, Barrios-Masias FH, Fuentes F, and Murphy KM. 2018. Quinoa abiotic stress responses: A review. *Plants* 7:106-138.
- Hirose Y, Fujita T, Ishii T, and Ueno N. 2010. *Food Chemistry* 119:1300-1306.
- Hohl M, and Schopfer P. 1991. Water relations of growing maize coleoptiles: comparison between mannitol and polyethylene glycol 6000 as external osmotica for adjusting turgor pressure. *Plant Physiology* 95:716-722.
- Jacobsen S, and Bach A. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd. *Seed Science and Technology (Switzerland)* 26:515-523.
- Khakwani AA, Dennett M, and Munir M. 2011. Drought tolerance screening of wheat varieties by inducing water stress conditions. *Songklanakarin Journal of Science & Technology* 33:135-142.
- Konishi Y, Hirano S, Tsuboi H, and Wada M. 2004. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry* 68:231-234.
- Manoj K, and Uday D. 2007. In vitro screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. *African Journal of Biotechnology* 6:691-696.
- Michel BE. 1983. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant physiology* 72:66-70.
- Miranda M, Vega-Gálvez A, López J, Parada G, Sanders M, Aranda M, Uribe E, and Di Scala K. 2010. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products* 32:258-263.
- Orsini F, Accorsi M, Gianquinto G, Dinelli G, Antognoni F, Carrasco KBR, Martinez EA, Alnayef M, Marotti I, and Bosi S. 2011. Beyond the ionic and osmotic response to salinity in *Chenopodium quinoa*: functional elements of successful halophytism. *Functional Plant Biology* 38:818-831.
- Panuccio M, Jacobsen S-E, Akhtar SS, and Muscolo A. 2014. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB plants* 6. plu047.

- Peterson A, and Murphy K. 2015. Tolerance of lowland quinoa cultivars to sodium chloride and sodium sulfate salinity. *Crop Science* 55:331-338.
- Repo-Carrasco R, Espinoza C, and Jacobsen S-E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international* 19:179-189.
- Repo-Carrasco-Valencia R, Hellström JK, Pihlava J-M, and Mattila PH. 2010. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry* 120:128-133.
- Repo-Carrasco-Valencia RA-M, and Serna LA. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Food Science and Technology* 31:225-230.
- Ruales J, and Nair BM. 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 42:1-11.
- Shaheen R, and Hood-Nowotny RC. 2005. Effect of drought and salinity on carbon isotope discrimination in wheat cultivars. *Plant Science* 168:901-909.
- Shannon M, and Grieve C. 1998. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia horticulturae* 78:5-38.
- Tuberosa R, and Salvi S. 2006. Genomics-based approaches to improve drought tolerance of crops. *Trends in plant science* 11:405-412.
- Zeigler R, and Puckridge D. 1995. Improving sustainable productivity in rice-based rainfed lowland systems of South and Southeast Asia. *GeoJournal* 35:307-324.