

בחינת גידול מנגו בחממה בתנאי בקעת הירדן

רוני מיכאלובסקי, אפרים צפליביץ', אבי סטרומזה - חוקר מטעים, מו"פ בקעת הירדן
שי צעדי - שה"מ, משרד החקלאות וביטחון המזון

תקציר

מחקר זה בחן לאורך שלוש שנים (2023–2025) את היתכנות גידול מנגו מזן "שלי" בחממה בתנאי בקעת הירדן, בהשוואה לבית רשת, תוך התמקדות בשתי מטרות מרכזיות: הבכרת הפרי והגנה מפני נזקי חום וקרינה. בשנת המחקר הראשונה (2023) הוקם מבנה החממה והעצים היו בשלב ערלה, ולכן לא בוצעה השוואה בין הטיפולים והגידול התמקד בהתפתחות וגטטיבית. ההשוואה בין חממה לבית רשת התבססה על שתי עונות הניבה, 2024 ו-2025.

נתוני המיקרו אקלים הראו כי כיסוי הפלסטיק בחממה יצר סביבה חמה יותר בתקופת הפריחה והחנטה, עם פערים בטמפרטורה בעיקר בשעות היום, בעוד שלאחר הסרת הכיסוי התנאים בין המבנים היו דומים. הקדמת הפריחה בחממה (כ-15–20 ימים) הייתה עקבית והביאה להקדמת התפתחות הפרי ולאפשרות לקטוף חלק משמעותי מהיבול מוקדם יותר בעונה.

בעונת 2024 התקבל יתרון ברור לחממה ביבול ובמשקל הפרי, בעוד שבעונת 2025 היבול הכולל היה דומה ואף מעט נמוך יותר לעומת בית הרשת. עם זאת, בשתי העונות נצפתה מגמה עקבית של פרי גדול יותר בחממה והתפלגות גדלים טובה יותר, עם שיעור גבוה יותר של פרי בגודל 15. בנוסף, בשנת 2025 נצפתה חלוקת קטיף מאוונת יותר, כאשר חלק משמעותי מהיבול נקטף במועדים מוקדמים לעומת ריכוז היבול במועד מאוחר בבית הרשת.

בהיבט הכלכלי, בעונת 2025 התקבל פדיון גבוה משמעותית בחממה לעומת בית רשת, בעיקר בשל התאמה טובה יותר לחלון שיווק מוגבל שנוצר בעקבות תנאי שוק חריגים. ממצא זה מדגיש כי בגידול מנגו, לאיכות הפרי ולעיתוי השיווק עשויה להיות השפעה משמעותית על הפדיון, יותר מהיבול הכולל. לסיכום, בגידול מנגו "שלי" בתנאי בקעת הירדן, החממה הביאה להבכרת הפרי, תרמה לשיפור תנאי הגידול בשלבים המוקדמים, להגדלת הפרי ולהפחתת סיכון לנזקי חום.

רקע ותאור הבעיה

פרנסת מתיישבי בקעת הירדן מתבססת בעיקר על חקלאות. משימה ראשונה של מערכת ההדרכה הציבורית ומו"פ אזורי הינה הרחבת מגוון הגידולים, הן גידולי המטע והן גידולי הירקות. מגוון זנים מתקדם שפותח מאז ואגרוטכניקה חדשה פותחים בפנינו את האפשרות לבחינה מחודשת של גידול מנגו בבקעת הירדן. ב-2014 ניכנס לניבה בבקעת הירדן, מטע מנגו ראשון במושב נתיב הגדוד. כיום, נטועים בבקעת הירדן למעלה מ-600 דונם מנגו.

ההצלחה השיווקית, העכשווית, של מנגו שגדל בבקעת הירדן בעיקר מהזנים "מאיה", "שלי" ובכמות קטנה יותר מהזן "עומר", מבוססת על פרי בכיר, שנקטף ומובחל מתחילת יוני, מופנה לשוק מקומי, בתקופה בה אין בשוק המקומי פרי ממקור אחר. כניסת מטעים צעירים שכבר ניטעו לניבה והגדלת היקף הנטיעות, עשויים/עלולים להקטין את התמורות ממכירות בשוק המקומי בחלון הזמן העכשווי.

עתיד ענף המנגו בבקעת הירדן מותנה בגיוון ושיפור הזנים, ביצוא וביכולת להקדים את מועד הקטיף. בנוסף, הפרי הגדל בבקעת הירדן, (ובערבה), חשוף למכות חום הפוגעות בפרי וגורמות לפסילתו משיווק.

1. בחינת גידול מנגו הנטוע בצפיפות, בחממה בהיבטים גידוליים וכלכליים, לקבלת פרי בכיר, בתנאי בקעת הירדן.
2. בחינת השימוש בחממה ככלי להגנת הפרי מנזקי קרינת אור וחום.

גידולי מטע בחממה בכלל, ומנגו בפרט, מאופיין בקיצור כל שלבי הגידול, כשתוצאת הלוואי היא הקטנת גודל הפרי וירידה במספר פירות באופן שמפחית את היבול לדונם. לגידול בחממה אפקטים שליליים נוספים, כמו פגיעה בצבע. להתמודדות עם פחיתה ביבול, מוצע נטיעה צפופה. האגרוטכניקה המוצעת, עשויה להבכיר את הפרי ובכך להאריך את עונת השיווק ובמקביל להגן על הפרי מנזקי קרינת אור וחום.

מהלך המחקר ושיטות העבודה



המטע ששימש לניסוי, ניטע ב-15 לספטמבר 2020. השתילים מון "שלי", מורכבים על כנת 13/1 (משתלת דוד גבאי, כורזים). העצים נטועים בתעלות הזנה ברוחב 30 ס"מ ובעומק 30 ס"מ, מדופנות ביריעות PVC וממולאות בטוף (M 0-8). מרווחי הנטיעה הם: 2.75X5 (73 עצים לדונם, בשונה מהצפיפות המקובלת של 66 או 50 עצים לדונם). 4 שורות של 135 מ', ס"ה נטוע 2.7 דונם: 1.8 ד' בחממה, 0.9 ד' בבית רשת (איור 1).

כל המטע מכוסה ברשת "קריסטל 10%" ובתוך מבנה החממה גם פרוסה רשת, כך שכשמסירים את הפלסטיק, המבנה נשאר מכוסה ברשת (איור 2). כיסוי גג החממה בפלסטיק (ערבה IR, "גניגר") וסגירת הדפנות, בוצעה מזמן שיא הפריחה בפברואר, במטרה להאיץ את התפתחות וגדילת הפירות. פתיחת הדפנות והחזיתות התבצעה באופן ידני (מנואלה) לפי הצורך, תוך מעקב צמוד אחר הטמפרטורות, כך שלא יעברו את ה-35°C בתקופת החנטה ו-45°C בזמן גדילת הפירות.

איור 1: תצלום אוויר של חלקת מנגו "שלי", 2023, מו"פ בקעת הירדן. מתוך מערכת המידע הגיאוגרפי (GIS) של מועצה אזורית בקעת הירדן.



איור 2: מבנה החממה (גג ודפנות פתוחים) לצד בית-רשת, מנגו "שלי", יולי 2024, מו"פ בקעת הירדן.

קטיף

מועד הקטיף נקבע לפי גודל הפירות. מנגו מזן "שלי" הוא לא זן מקדים באופן טבעי. למרות פגיעה בטעמו ובאיכותו, רוב הפרי נקטף לפני שהוא מגיע לבשלות טבעית, ומובחל בבית אריזה בעזרת אתילן. הפרי הקשיח



איור 3: קטיף ראשון של מנגו "שלי" מחלקת החממה ובית הרשת, יוני 2024, מו"פ בקעת הירדן.

נקטף לתוך דולבים (איור 3), נשטף במים והובל לחדר הבחלה מבוקרת בבית האריזה ("גולד פפר בע"מ-הפלפל של פסטרנק"), במושב נתיב הגדוד). לאחר הבחלה של 24-72 שעות, הפרי מתרכך, רמות הסוכר עולות והצבע משתנה מירוק לצהוב ומכתום/אדום לאדום/סגול, ומשווק בשוק המקומי.

מדדי יבול

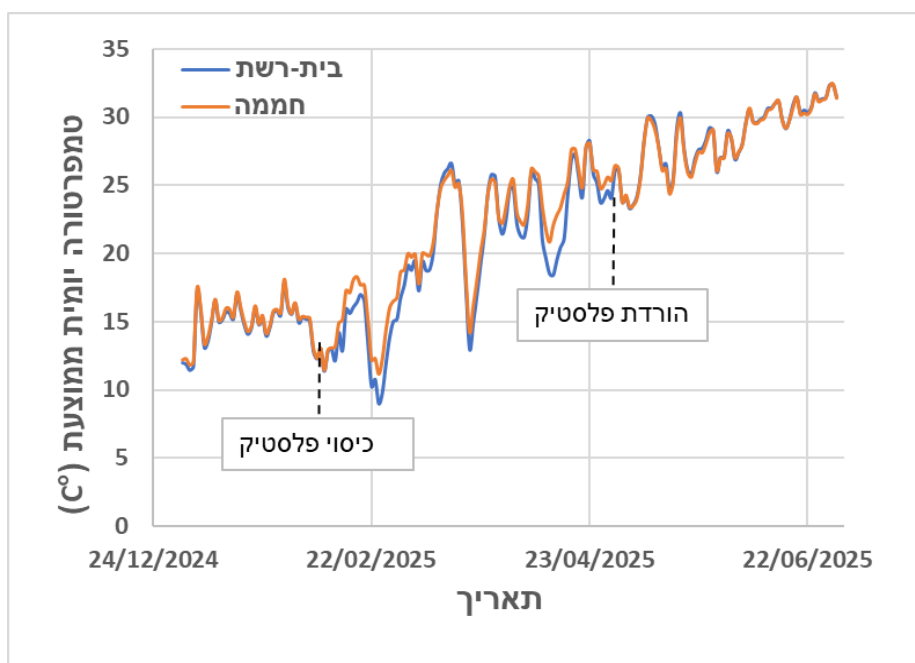
המדדים: יבול לעץ/דונם, משקל פרי, מספר פירות לעץ ואחוז פרי פגוע מנזקי חום- חושבו מתוך כלל הפרי שנקטף ונשקל בבית האריזה. בעונת 2024, המדדים: משקל פרי והתפלגות צבע הפרי חושבו לפי ממוצע ממדגם של 20 פירות מכל טיפול (חממה ובית רשת) בכל אחד ממועדי הקטיף.

ציר-זמן לאורך עונת הגידול:

- 12/02/25 - כיסוי פלסטיק בחממה
- 25/02/25 - שיא פריחה בחממה
- 05/03/25 - שיא פריחה בבית-רשת
- 03/05/25 - הסרת פלסטיק במבנה החממה
- 12/06-02/07/25 – קטיף

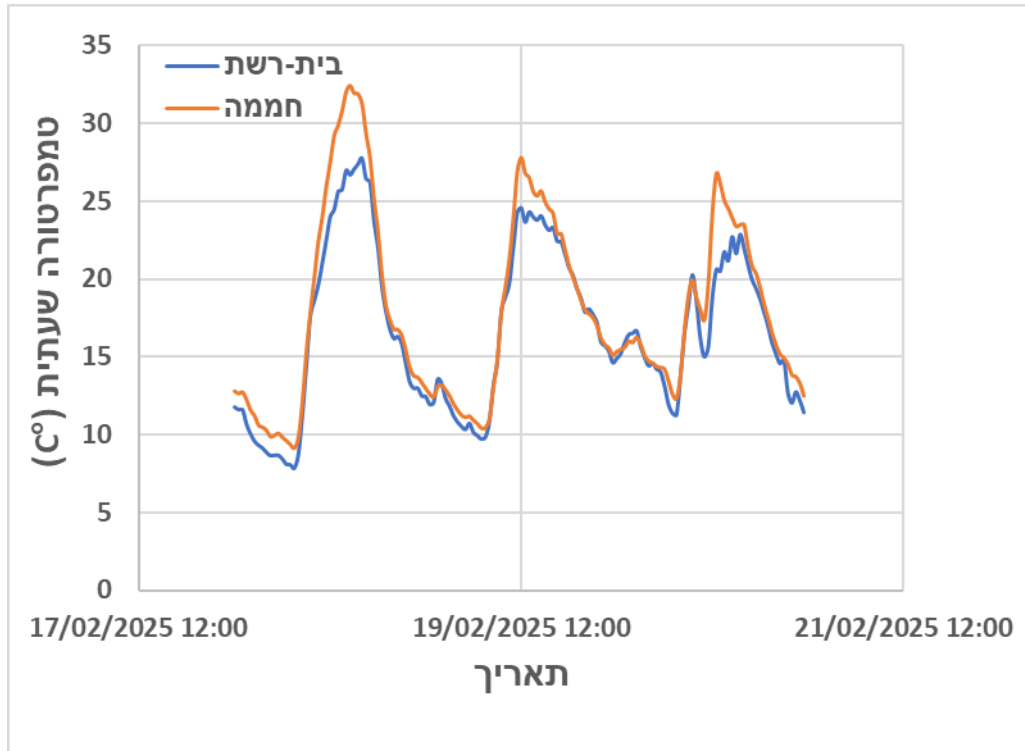
מדידות טמפרטורה

מבנה החממה היה מכוסה בפלסטיק במשך כחודשיים- מתחילת הפריחה ועד כחודש לפני הקטיף. כיסוי בפלסטיק הביא לעלייה מתונה בטמפרטורת החממה. הפער נראה בעיקר בימים מעוננים/קרים שבהם מבנה החממה נשאר סגור למשך כל שעות היום. בזמן עליית טמפרטורות ופתיחות תכופות של דפנות החממה, הפער בין המבנים קטן. מיד לאחר הורדת הפלסטיק, התקבלו תנאי טמפרטורה זהים בין שני המבנים (איור 4).



איור 4: השוואה של טמפרטורה יומית ממוצעת (C°) בין שני סוגי מבנים – בית רשת (קו כחול) וחממה (קו אדום), בין התאריכים 01 לינואר ל-30 ביוני 2025, מו"פ בקעת הירדן.

בהשוואה לטמפרטורה היומית הממוצעת- פערים משמעותיים יותר נצפו במהלך שעות היום (בין 5 ל-8 מעלות הבלדל) כאשר יש כניסה של קרינת אור ושמירת אפקט חממה (איור 5). במהלך הערב והלילה, הטמפרטורות כמעט משוות, אך גם כאן נשמר פער נמוך (בין 0.5 ל-2 מעלות) של טמפרטורת מינימום גבוהה יותר בחממה, משום שהפלסטיק חוסם קרינת IR ארוכת-גל ומוגדר כסוג של "יריעה תרמית" התורמת לאיבוד חום איטי יותר בהשוואה לבית-רשת רגיל.



איור 5: השוואת טמפרטורות שעתיות בין שני סוגי מבנים – בית רשת (קו כחול) וחממה (קו אדום), בין התאריכים 18 ל-20 בפברואר 2025, מו"פ בקעת הירדן.

מאפייני יבול

בטבלה 1 מופיעים נתוני עונת 2024, בה ניתן לראות כי היבול בחממה היה גבוה פי-2 בהשוואה לבית רשת, עם 30 ק"ד לעץ בממוצע, לעומת 15.5 ק"ג בבית רשת. בהתאם לכך, היבול בחממה היה גבוה פי-2 בהשוואה לבית רשת, ועמד על 2.2 טון/דונם לעומת 1.1 טון/דונם. בהתאמה. בחממה התקבלו 86 פירות לעץ בממוצע לעומת 53 פירות לעץ בבית רשת. משקל/גודל הפרי הממוצע בחממה היה גדול יותר בצורה מובהקת בהשוואה לבית רשת: 350 גרם בממוצע, לעומת 294 גרם לפרי שגדל בבית רשת. נצפתה שונות בהתפלגות צבע הפרי בקטיף (טרם כניסה להבחלה): אחוז הצבע הירוק בפירות שגדלו בחממה היה נמוך יותר (12.5%) לעומת בית רשת (33.8%). אחוז הצבע הצהוב בפירות שגדלו בחממה היה גבוה משמעותית (73.6%) לעומת בית רשת (37.3%). אחוז הצבע האדום בפירות שגדלו בחממה היה נמוך יותר (13.9%) לעומת בית רשת (28.8%).

טבלה 1: נתוני יבול ואיכות פרי במבנה חממה לעומת בית-רשת. סימון (--) מייצג נתונים שחושבו על בסיס כל הפרי שנשלח לבית האריזה, ללא חזרות סטטיסטיות. אותיות שונות באנגלית מייצגות מובהקות סטטיסטית עפ"י מבחן Student's t, מו"פ בקעת הירדן, 2024.

טיפול	יבול לעץ (ק"ג)	יבול לדונם/73 עצים (טון)	מספר פירות לעץ	משקל פרי (גר')	אחוז ירוק	אחוז צהוב	אחוז אדום	אחוז נזקי חום
חממה	30.0	2.2	86	350A	12.5 B	73.6 A	13.9 B	1.2
בית רשת	15.5	1.1	53	294 B	33.8 A	37.3 B	28.8 A	3.4
<i>p-value</i>	--	--	--	<i>p</i> <0.01	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.01	<i>p</i> <0.05	--

בטבלה 2 מוצגים נתוני עונת 2025. בעונה זו, כלל המדדים התקבלו או חושבו מנתוני בית האריזה, ללא מבחנים סטטיסטיים. בשונה מהעונה שעברה, יכול לעץ היה נמוך מעט בחממה ועמד על 26.0 ק"ג לעץ, לעומת 27.1 ק"ג לעץ בבית רשת. בהתאם לכך, היבול בחממה היה מעט נמוך יותר בהשוואה לבית רשת, ועמד על 1900 ק"ג לעומת 1980 ק"ג לדונם, בהתאמה. מספר הפירות הממוצע לעץ היה 69 פירות לעץ בחממה, לעומת 74 פירות לעץ בבית רשת.

טבלה 2: נתוני יכול ואיכות פרי במבנה חממה לעומת בית-רשת. מו"פ בקעת הירדן, 2025.

טיפול	יבול לעץ (ק"ג)	יבול לדונם/73 עצים (ק"ג)	מספר פירות לעץ	משקל פרי (גר')	אחוז גודל 15	אחוז גודל 18	אחוז גודל 21	אחוז פרטנוקרפי
חממה	26.0	1900	69	341	52%	39%	5%	7%
בית רשת	27.1	1980	74	333	40%	47%	13%	6%

* הנתונים המוצגים מבוססים על כל הפרי שנשלח לבית האריזה, ללא חזרות סטטיסטיות.

משקל הפרי הממוצע היה גבוה יותר בחממה ועמד על 341 גרם, לעומת 333 גרם בבית-הרשת. מגמה זו באה לידי ביטוי גם בהתפלגות הגדלים: בחממה התקבל אחוז גבוה יותר של פירות בגודל 15 שעמד על 52%, לעומת 40% בלבד בבית-רשת. מנגד, בבית-רשת התקבל שיעור גבוה יותר של פירות בגדלים הקטנים יותר, עם 47% פרי בגודל 18 לעומת 39% בחממה, ו-13% פרי בגודל 21 לעומת 5% בחממה. אחוז הפרי הפרטנוקרפי היה דומה יחסית בין הטיפולים, ועמד על 7% בחממה לעומת 6% בבית-הרשת. באופן כללי, ניתן לראות כי אף שבית רשת הניב יכול גבוה מעט יותר, בחממה התקבל פרי גדול יותר, כפי שמשקל הפרי הממוצע והן בשיעור הגבוה יותר של פירות בגודל 15. בנוסף, נתונים אלו הינם הנתונים הגולמיים כפי שהתקבלו מבית האריזה ולכן לא בוצע ניתוח סטטיסטי.

פריחה



איור 6: השוואת מצב הפריחה במנגו מזן "שלי" בין חממה (ימין) לבית רשת (שמאל) 06/03/2024, מו"פ בקעת הירדן.

בעונת 2024 נצפתה הקדמה ברורה של כ־20 ימים במועד תחילת הפריחה בעצי המנגו שגדלו בחממה בהשוואה לבית הרשת (איור 6). בזמן שבמבנה החממה הפריחה הייתה בשיאה, עצי בית הרשת היו עדיין בשלבים מוקדמים של תחילת פריחה.

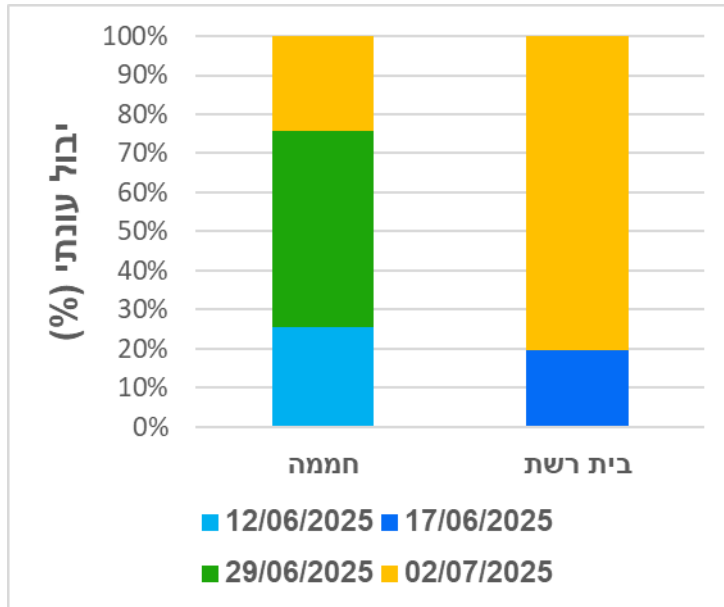
מהתמונות ניתן להבחין כי בחממה התקבלה פריחה מפותחת ואחידה יותר, עם מספר גבוה של תפרחות, בעוד שבבית הרשת הפריחה הייתה דלילה ומעוכבת יותר בהתפתחותה.

בעונת 2025 כיסוי הפלסטיק במבנה החממה בוצע במועד המומלץ, לאחר תחילת יציאת ניצני הפריחה, בניגוד לעונת 2024 בה הכיסוי הוקדם.

למרות זאת, נצפתה גם בעונה זו הקדמה, כאשר שיא הפריחה הוקדם בכ-15 ימים בהשוואה לבית הרשת.

ממצא זה מצביע על כך שהשפעת החממה על הקדמת הפריחה אינה תלויה רק בעיתוי הכיסוי, אלא נובעת גם מהתנאים התרמיים שנוצרים בתוך המבנה במהלך תקופת ההתפתחות המוקדמת של התפרחות. הקדמה זו של הפריחה והאצת ההתפתחות של הפרי בחממה מתורגמות בהמשך העונה להבדלים בהתפתחות הפרי, אשר באים לידי ביטוי בהתפלגות מועדי הקטיף ובזמינות מוקדמת יותר של פרי בגודל מסחרי.

מועדי קטיף

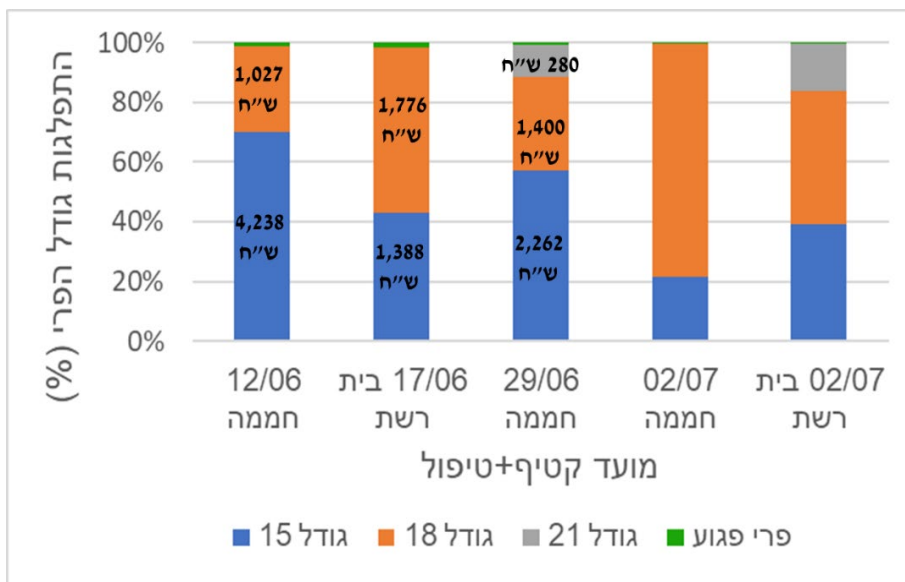


איור 7: התפלגות אחוז הפרי הנקטף לפי מועדי הקטיף השונים, מנגו "שלי" 2025, מו"פ בקעת הירדן.

איור 7 מציג את התפלגות אחוז היבול לפי מועדי הקטיף בשני הטיפולים. הקטיף בחממה התפרס על פני מספר מועדים, כאשר כבר במועד הראשון (12/06) התקבל חלק מהיבול הכולל. בהמשך, בקטיף של סוף יוני (29/06) נקטף החלק המשמעותי מהיבול, ורק יתרת היבול נקטפה במועד המאוחר ביותר (02/07). לעומת זאת, בבית רשת ניכרת ריכוזיות גבוהה יותר של היבול במועד הקטיף האחרון. חלק קטן יחסית מהיבול התקבל באמצע חודש יוני, בעוד שעיקר היבול נקטף במועד המאוחר (02/07), אשר היווה כ-80% מהיבול הכולל בטיפול זה. יש לציין כי הפרי שנקטף ב-02/07/2025 לא

שווק, זאת על רקע מגבלות קיבולת בבית האריזה והיעדר ביקוש לפרי בשוק המקומי, בין היתר בשל קשיים ביצוא בתקופה זו.

ניתן לראות כי בחממה מתקבל שיעור גבוה של פירות בגודל 15 בקטיפים המוקדמים, בעוד שבבית הרשת התפלגות הגדלים מתקדמת בעיקר במועד המאוחר. שילוב נתוני הפדיון מדגיש כי ההקדמה בחממה תורמת לפדיון גבוה יותר במועדים מוקדמים (איור 7). במועד הקטיף הראשון בחממה (12/06) התקבל שיעור גבוה של פירות בגודל 15 (כ-70%), לצד כ-30% פירות בגודל 18, דבר המעיד על הקדמה משמעותית בהתפתחות



איור 7: התפלגות אחוז גודל פרי ופרי פגוע/פרטנוקרפי, לפי מועדי קטיף בחממה ובית רשת, כולל פדיון לדונם, משויך לכל מועד וגודל פרי. מנגו "שלי" 2025, מו"פ בקעת הירדן.

הפרי. בקטיף הראשון בבית רשת (17/06) נצפתה התפלגות מאוזנת יחסית בין גודל 15 (כ-45%) לגודל 18 (כ-55%). במועד הקטיף השני בחממה (29/06) שיעור הפירות בגודל 15 היה כ-60%, כ-30% פירות בגודל 18 וכ-10% פירות בגודל 21.

במועד הקטיף האחרון (02/07) בולט ההבדל בין הטיפולים: בחממה נצפה שיעור גבוה במיוחד של פירות בגודל 18 (כ-80%), בעוד ששיעור הפירות בגודל 15 ירד לכ-20% וכמעט ולא נצפו פירות בגודל 21.

הפירות הגדולים יותר בחממה כבר נקטפו במועדים מוקדמים יותר ולכן לא נותר הרבה פרי גדול למועד הקטיפה המאוחר. לעומת זאת, בבית הרשת במועד זה נצפתה התפלגות רחבה יותר של גדלים, עם כ-40% פירות בגודל 15, כ-45% בגודל 18 וכ-15% בגודל 21. יש לציין כי הפרי שנקטף במועד המאוחר לא שוקק בפועל, מאחר שמחירי השוק באותה תקופה לא הצדיקו את עלויות הקטיפה והאריזה.

דיון

מחקר זה בחן לאורך שלוש שנים את ההיתכנות של גידול מנגו מזן "שלי" תחת כיסוי חממה בתנאי בקעת הירדן, תוך התמקדות בשתי מטרות מרכזיות: **הבכרת הפרי לצורך הארכת עונת השיווק והגנה על הפרי מפני נזקי קרינה וחום קיצוניים**. לאחר שנת הקמה (2023) ושתי עונות ניבה (2024–2025), ניתן לגבש תמונת מצב מקיפה על השפעות המיקרו אקלים בחממה על היבול ואיכותו. חשוב להבהיר כי מחקר זה אינו מוגדר כמחקר מדעי קלאסי המבוסס על חזרות סטטיסטיות במערך ניסוי מבוקר, אלא מהווה "תצפית מורחבת" הבוחנת את היתכנות הגידול בתנאי שטח מסחריים. בשל כך, עבור מרבית פרמטרי היבול והמדדים הכמותיים לא בוצע ניתוח סטטיסטי, ולא ניתן לקבוע עבורם מובהקות סטטיסטית כמקובל במחקר אקדמי. עם זאת, עוצמת הנתונים המוצגים נובעת מכך שמדובר בנתונים סופיים ומוחלטים שהתקבלו לאחר מיון ועיבוד בבית אריזה מסחרי. עובדה זו מחזקת את הממצאים, שכן הם משקפים נאמנה את התוצאות הריאליות שהתקבלו מהשטח ואת איכות הפרי כפי שהיא נמדדת ומסווגת בשרשרת השיווק בפועל.

השפעת מבנה החממה על המיקרו אקלים

בחינת נתוני 2024–2025 מצביעה על כך שכיסוי הפלסטיק יצר בחממה סביבה חמה ויציבה יותר בעיקר בתקופת הפריחה, החנטה ותחילת גדילת הפרי. פערי הטמפרטורה שנמדדו בין החממה לבית הרשת היו עקביים בתקופת הכיסוי, ובולטים במיוחד בשעות היום, בעוד שלאחר הסרת הפלסטיק ההבדלים בין המבנים נעלמו. דפוס זה מצביע על כך שהשפעת תנאי הכיסוי הייתה ממוקדת בעיקר בשלבי ההתפתחות המוקדמים של הפרי, ופחתה ככל שהתקדמה עונת ההבשלה עד הסרת הפלסטיק. ממצא זה עולה בקנה אחד עם מחקרים קודמים המראים כי שינויים בתנאי המיקרו אקלים, ובעיקר במאזן הקרינה והטמפרטורה סביב הפרי, משפיעים על תהליכים פיזיולוגיים מרכזיים כמו טרנספירציה, יחסי מים ומערכות נוגדות חמצון, כאשר עוצמת התגובה תלויה הן בתנאי הסביבה והן בשלב ההתפתחות הפנולוגי של הפרי (Léchaudel et al., 2013). לפיכך, ניתן להניח כי השפעת החממה אינה אחידה לאורך העונה, אלא מתבטאת באופן בולט יותר בשלבים מוקדמים בהם הפרי רגיש במיוחד לשינויים סביבתיים. לכן, גם בניסוי הנוכחי נראה כי תרומת החממה הייתה בעיקר ביצירת תנאים מיטביים יותר בראשית העונה, ולא בהכרח ביצירת יתרון קבוע עד שלב הקטיפה. ממצאי שנת 2025 הראו כי יתרון החממה בא לידי ביטוי בצורה המשמעותית ביותר בימים מעוננים או קרים, בהם המבנה נותר סגור ושמר על טמפרטורה גבוהה יותר מבית הרשת. לעומת זאת, בימים חמים שבהם נדרשה פתיחה תקופה של הדפנות והחזיתות לצורך אוורור, הפער בין המבנים הצטמצם משמעותית.

ניהול טמפרטורה למניעת עקות

ממשק הגידול בחממה דרש ניטור צמוד כדי למנוע נזקי חום עודפים בתוך המבנה הסגור. נקבעו ספי טמפרטורה קפדניים: אוורור ידני בוצע כך שהטמפרטורה לא תעבור את ה-35°C בתקופת החנטה ואת ה-45°C בזמן גדילת הפירות. יכולת השליטה הזו, בשילוב עם רשת "קריסטל 10%" הפרוסה בתוך המבנה, העניקה הגנה משופרת גם באירועי קיצון, כפי שנצפה ביוני 2024 כאשר הטמפרטורה באזור הגיעה ל-48°C.

לסיכום הפן האקלימי, החממה יוצרת סביבה מוגנת הממתנת את תנודות הטמפרטורה החיצוניות. בעוד שהטמפרטורות הגבוהות יותר באביב עודדו את גדילת הפרי והביאו למשקל ממוצע גבוה יותר. היעדר פער טמפרטורות משמעותי בשלבי ההבשלה המאוחרים עשוי להסביר מדוע לא הושגה הקדמה דרמטית במועדי הקטיף המסחריים.

פריחה

הקדמת הפריחה שנצפתה בעונת 2024 מצביעה על כך שהתנאים שנוצרו במבנה החממה, ובעיקר הטמפרטורות הגבוהות יותר בתקופת החורף והאביב המוקדם, האיזו את קצב ההתפתחות של הפירות. הקדמה זו מתבטאת בהתקדמות מהירה יותר של התפתחות התפרחות ובהמשך גם בהתפתחות הפרי. ממצא זה חשוב במיוחד, שכן הקדמת הפריחה מהווה את הבסיס להקדמת כלל רצף ההתפתחות של הפרי, ובכך יוצרת פוטנציאל ממשי להקדמת הקטיף בפועל. יש לציין כי בעונת 2024 כיסוי הפלסטיק בוצע במועד מוקדם מהמומלץ, טרם תחילת תפיחת ניצני הפריחה. על פי הפרקטיקה המקובלת, הכיסוי אמור להתבצע לאחר תחילת תפיחת הניצנים, במטרה לצמצם סיכון לבלוב וגטיבי על חשבון התמיינות לפריחה. למרות הקדמת הכיסוי בעונה זו, לא נצפה לבלוב וגטיבי מוקדם ולא נראתה פגיעה בהתמיינות לפריחה, דבר המצביע על כך שבתנאי הניסוי הספציפיים לא נגרמה פגיעה בתהליך הפנולוגי התקין. בעונת 2025, למרות שיושם ממשק כיסוי מדויק יותר בהתאם להמלצות (כיסוי לאחר תחילת יציאת ניצני הפריחה), התקבלה הקדמה של כ-15 ימים בשיא הפריחה. ממצא זה מחזק את ההבנה כי השפעת החממה על הקדמת הפריחה אינה תלויה רק בעיתוי הכיסוי, אלא נובעת מהתנאים התרמיים הכלליים הנוצרים במבנה לאורך תקופת ההתפתחות המוקדמת של התפרחות. שחזור התופעה בשתי עונות עוקבות, מצביע על כך שמדובר באפקט יציב של מערכת הגידול. הקדמה זו של הפריחה מתורגמת בהמשך העונה להאצת קצב גדילת הפרי ולהקדמת זמינותו לקטיף, ובכך תורמת ליצירת יתרון שיווקי פוטנציאלי, כפי שבא לידי ביטוי בהתפלגות מועדי הקטיף וביכולת לשווק פרי מוקדם יותר.

השפעת החממה על היבול ואיכות הפרי

תוצאות שתי עונות הניבחה מציגות תמונה מורכבת יותר מאשר יתרון חד-כיווני של החממה. בשנת 2024 נראה יתרון ברור בחממה הן ביבול לעץ והן במשקל הפרי. ממצא זה מחזק את ההנחה כי לתנאי הגידול בחממה יש פוטנציאל לשיפור ביצועי היבול, במיוחד בשלבים הראשונים של כניסת המטע לניבחה. בשנת 2025 היבול לעץ היה דומה ואף מעט נמוך יותר בהשוואה לבית הרשת. עם זאת, גם בשנת 2025 נשמרה מגמה של פרי גדול יותר בחממה, כפי שבא לידי ביטוי במשקל הפרי הממוצע ובהתפלגות הגדלים, עם שיעור גבוה יותר של פרי בגודל 15 ושיעור נמוך יותר של פרי בגדלים הקטנים.

יש להתייחס בזהירות להשוואת היבול הכולל בין הטיפולים, שכן הבדלים במועדי הקטיף השפיעו באופן ישיר על התוצאה. בבית הרשת, עיקר היבול (כ-80%) נקטף במועד המאוחר בתחילת חודש יולי, לאחר תקופת גדילה ממושכת יותר על העץ. לעומת זאת, בחממה חלק משמעותי מהפרי נקטף במועדים מוקדמים יותר, טרם מיצוי מלא של פוטנציאל הגדילה שלו. עובדה זו עשויה להסביר את היבול הגבוה מעט יותר שנמדד בבית הרשת בעונת 2025. ניתן להניח כי אילו גם הפרי בחממה היה נשאר על העץ למשך פרק זמן דומה, היבול לעץ ולדונם היה גבוה יותר, אך הדבר היה בא על חשבון ההקדמה ויתרון השיווק המוקדם. ממצא זה מדגיש כי ההבדל בין הטיפולים אינו רק תוצאה של תנאי הגידול, אלא גם של אסטרטגיית הקטיף ותזמון השיווק.

נראה כי בתנאי הניסוי החממה הביאה לקבלת פרי בעל ערך שיווקי גבוה יותר. בהקשר זה חשוב לזכור כי בגידול מנגו, נטיעה צפופה עשויה לשפר את היבול ליחידת שטח בשנים הראשונות, אך ההצלחה תלויה מאוד בניהול נוף, חדירת אור ואיזון בין צימוח וגטטיבי לניבה (Menzel & Le Lagadec, 2017).

הבכרת הפרי

אחת ממטרות המחקר המרכזיות הייתה הקדמת מועד הקטיף. בפועל, הושגה הבכרה של הקטיף, המתבטאת בהקדמת חלק משמעותי מהיבול הנקטף בחממה למועדים מוקדמים יותר. תוצאה זו מצביעה על כך שהאצת ההתפתחות בשלבי הגידול המוקדמים אינה מספיקה בהכרח כדי להסיט באופן משמעותי את חלון השיווק, במיוחד כאשר לאחר הסרת הפלסטיק תנאי המיקרו אקלים בשני המבנים נעשים דומים. עם זאת, בשנת 2025 נרשם יתרון שיווקי עקיף לחממה, בכך שהיבול התפרס באופן מאוזן יותר לאורך מספר מועדי קטיף, בעוד שבבית הרשת עיקר היבול התרכז במועד מאוחר שבו נוצרו מגבלות שיווק. גם בספרות קיימים ממצאים סותרים לגבי השפעת מערכות כיסוי על פנולוגיה והבשלה במנגו. לדוגמה, Scuderi et al. (2022) לא מצאו השפעה של רשת צל או כיסוי פלסטי חלקי על התפתחות הפרי, הפעילות הפוטוסינתטית ואיכות הפרי, בהשוואה לגידול בתנאי שדה פתוח. ממצא זה מחזק את ההבנה כי תגובת המנגו למערכות כיסוי אינה אחידה, ותלויה בזן, בתנאי הסביבה ובמאפייני הכיסוי.

הגנה אקלימית ועמידות לחום

הפחתת נזקי החום בחלקת החממה אינה מוסברת כהשפעה ישירה של כיסוי הפלסטיק בזמן אירועי השרב, שכן בשלב זה הפלסטיק כבר הוסר ותנאי הטמפרטורה בשני המבנים היו דומים. לכן, סביר יותר להניח שהיתרון שנצפה נבע מהשפעה מצטברת של תנאי החממה בשלבים מוקדמים יותר של העונה, אשר תרמו להתפתחות נוף עץ מפותח יותר ולסביבה נוחה יותר סביב הפרי, לרבות הצללה טובה יותר ולחות גבוהה יותר בתוך הנוף. פרשנות זו מתיישבת עם ההיגיון הגידולי שלפיו מבנה נוף צפוף ומפותח עשוי להפחית עומסי קרינה וחום על הפרי. בנוסף, ברור כי חשיפה לקרינה וטמפרטורות גבוהות היא גורם מרכזי לנזקי חום במנגו (Legave et al., 2013) אך מאחר שהדבר לא נמדד ישירות במחקר זה, יש לראות בו הסבר אפשרי ולא מנגנון שהוכח באופן חד משמעי.

פדיון ושיווק

לצורך הערכת הפוטנציאל הכלכלי של שיטות הגידול, בוצעה השוואת פדיון לדונם בין חממה לבית רשת, תוך הסתמכות על נתוני שיווק בפועל בעונת 2025 ועל הערכה עבור עונת 2024. בעונת 2025 התקבלו נתוני שיווק מלאים, מהם עולה כי הפדיון לדונם בחממה עמד על כ-9,500 ש"ח, לעומת 3,200 ש"ח בלבד בבית הרשת. עם זאת, יש להדגיש כי פער זה אינו נובע רק מהבדלים גידוליים בין הטיפולים, אלא הושפע באופן ישיר מתנאי השוק באותה עונה. במהלך תקופת הקטיף שררו תנאי מלחמה, בנוסף להצפת השוק האירופאי במנגו מברזיל, מה שהביא לכך שהייצוא נעצר כמעט לחלוטין, דבר שגרם לעודפי פרי ולהצטברות מלאים בבתי האריזה בארץ. כתוצאה מכך, למרות רצון לקטוף ולשווק, השוק המקומי לא היה מסוגל לקלוט את כלל הפרי שיוצר. בתנאים אלו, ניכר יתרון ברור לחממה: כ-75% מהיבול בה נקטף במועדים מוקדמים ושיווק בפועל, בעוד שבבית הרשת כ-80% מהיבול התרכז במועד קטיף מאוחר, שבו כבר לא הייתה כדאיות כלכלית בשיווק, ולכן חלק גדול מהפרי לא הניב פדיון. כלומר, היתרון של החממה בעונת 2025 לא נבע רק מאיכות הפרי או מהתפלגות הגדלים, אלא גם מהקדמת התפתחות הפרי ומהתאמתו לחלון שיווק קצר ומוגבל.

עבור עונת 2024, בה לא בוצע מעקב שיווק נפרד לכל טיפול, בוצעה הערכה על בסיס פדיון כולל לפי גדלי פרי. ניתוח התפלגות הפדיון מראה כי עיקר ההכנסה התקבל מפרי בגודל 18 (כ-73%), אך גם לפרי בגודל 15 תרומה משמעותית (כ-17%), בעוד שלפרי קטן יותר תרומה נמוכה יחסית. ממצאים אלו, בשילוב עם נתוני אותה שנה שהצביעו על משקל פרי גבוה יותר בחממה, מחזקים את ההנחה כי גם בשנת 2024 לחממה היה יתרון פוטנציאלי בפדיון, למרות היעדר נתונים ישירים לפי טיפול (מיכאלובסקי וחובריו, 2024). ממצא זה מדגיש כי בגידול מנגו, לשינוי בהתפלגות גדלי הפרי עשויה להיות השפעה משמעותית על הפדיון, לעיתים אף יותר מאשר לשינוי ביבול הכולל.

לשם מסגור כלכלי רחב יותר, ניתן להשוות ממצאים אלה גם לתחשיב שה"מ של משרד החקלאות לזן "שלי" (בקישור זה), המשמש נקודת ייחוס כללית לענף. עם זאת, יש לזכור כי תחשיב זה אינו משקף במדויק את תנאי הגידול הייחודיים בניסוי הנוכחי, שכלל נטיעה צפופה, השוואה בין חממה לבית רשת, וכן תנאי שוק חריגים בעונת 2025. לפיכך, התחשיב יכול לשמש ככלי עזר, אך אינו מהווה בסיס חלופי לנתוני הפדיון בפועל, שהתקבלו במחקר זה. יש להדגיש כי חישוב זה מתייחס לפדיון גולמי בלבד ואינו כולל עלויות הקמה ותפעול, הגבוהות משמעותית במבנה חממה. לפיכך, אין לראות בו ניתוח כלכלי מלא, אלא אינדיקציה לפוטנציאל השיווקי של כל שיטת גידול.

השלכות המחקר וכיווני המשך

ממצאי המחקר מצביעים כי הפוטנציאל של החממה להבכרת פרי בזן "שלי" מוגבל במידה מסוימת בשל מאפייניו הפנולוגיים של הזן, אשר אינו מקדים באופן טבעי והקטיף בו מתבסס על הגעה לגודל פרי מסחרי ולא על הבשלה מלאה. כיוון אפשרי להמשך הוא בחינת גידול בחממה של זני מנגו מקדימים מטבעם. במסגרת מבחן הזנים שבוצע במו"פ בקעת הירדן נבחנו מספר זנים בעלי מועד הבשלה מוקדם יותר בהשוואה לזן "שלי", אך אף אחד מהזנים שנבחנו לא התקרב לרמת היבול המתקבלת במטעים מסחריים שלו (סריג וחובריו, 2022). גידול זני מנגו מבכירים בחממה עשוי לאפשר האצה נוספת של התפתחות הפרי וקבלת פרי מוקדם יותר בעונה ואף פרי בשל או מוכן לאכילה במועד הקטיף. גם במקרה של יבול נמוך יותר, מוצר מוקדם ואיכותי כזה עשוי להיות בעל יתרון שיווקי משמעותי.

כיוון מחקר נוסף עשוי להתמקד בהגדלת גודל הפרי בזן "שלי", שהוא הזן הדומיננטי במטעים המסחריים באזור. בפועל, חלק ניכר מהפירות בתחילת העונה אינם מגיעים לגודל המסחרי הנדרש לקטיף מוקדם ובכך מאבדים חלק מחלון השיווק המוקדם. הגדלת הפרי כבר בשלבים מוקדמים של העונה עשויה לאפשר קטיף מוקדם יותר של פירות בגודל מסחרי, גם אם הם עדיין אינם בשלים באופן טבעי ומיועדים להבחלה לאחר הקטיף. מחקרים רבים מצביעים על כך ששימוש במוסתי צמיחה, כגון ציטוקינינים, אוקסינינים וגויברלינים, עשוי להגדיל את משקל הפרי באמצעות עידוד חלוקת תאים והתרחבותם בשלבי ההתפתחות הראשונים של הפרי (Bezerra et al., 2021; Sahu & Sahu, 2020). לפיכך, פיתוח פרוטוקול יישומי להגדלת פירות המנגו בתנאי בקעת הירדן עשוי להוות כלי נוסף להשגת הקדמת קטיף ולשיפור הפוטנציאל הכלכלי של המטעים הקיימים.

בתנאי בקעת הירדן גידול מנגו מזן "שלי" בחממה הביא להקדמה בפועל של הקטיף, המתבטאת בהקדמת חלק משמעותי מהיבול למועדים מוקדמים יותר בעונה. הקדמה זו באה לידי ביטוי בזמינות מוקדמת יותר של פרי בגודל מסחרי. בגידול מנגו מזן "שלי", בו הקטיף מתבצע לפי הגעה לגודל פרי מתאים ולא לפי הבשלה מלאה, הקדמה זו מהווה למעשה הבכרה שיווקית של הפרי.

בנוסף, בעונת הניבה הראשונה (2024), התקבל יתרון ברור לחממה גם בהיבט כמות היבול, לצד משקל פרי גבוה יותר. בשנת 2025 היבול הכולל היה דומה בין הטיפולים, אך בחממה נשמר יתרון בפרי גדול יותר. כמו כן, נמצאה עדות להפחתה מסוימת של נזקי חום, ככל הנראה כתוצאה מהשפעה עקיפה של תנאי הגידול בחממה על מבנה הנוף ועל תנאי הסביבה בתוך העץ.

לפיכך, הערך המרכזי של החממה במערכת זו הוא בהקדמת זמינות הפרי לשיווק, בשיפור גודל הפרי ובהפחתת סיכון לנזקי חום. בתנאי שוק משתנים, יתרון זה עשוי להיות בעל משמעות כלכלית גבוהה. לאור העלויות הכרוכות בהקמה ובתפעול של חממה, מומלץ לבחון את השימוש בה בעיקר באזורים החשופים לעקות חום או כחלק מאסטרטגיה למיקסום איכות הפרי ופיזור מועדי הקטיף. בנוסף, בחינה עתידית של זני מנגו מקדימים מטבעם במסגרת גידול בחממה עשויה להעצים את אפקט ההבכרה ולהרחיב את חלון השיווק.

רשימת ספרות

מיכאלובסקי, ר., צפליביץ', א., סטרומזה, א., וצעדי, ש. (2024). בחינת גידול מנגו בחממה בתנאי בקעת הירדן להבכרת הפרי- דוח מסכם 2024. מו"פ בקעת הירדן. [קישור לדוח](#).

סריג, פ., צפליביץ', א., וסטרומזה, א. (2022). בחינת זני מנגו בתנאי בקעת הירדן- דוח מסכם. מו"פ בקעת הירדן. [קישור לדוח](#).

Bezerra, J. B. N., Jesus, P. R. R. D., Souza, I. D., Bezerra, W. C., Martins, G. C. S. B., & Ribeiro, V. G. (2021). Plant regulators on the growth, quality and production of 'Tommy Atkins' mango fruits. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43, e-546.

Léchaudel, M., Lopez-Lauri, F., Vidal, V., Sallanon, H., & Joas, J. (2013). Response of the physiological parameters of mango fruit (transpiration, water relations and antioxidant system) to its light and temperature environment. *Journal of plant physiology*, 170(6), 567-576.

Legave, J. M., Normand, F., & Lauri, P. E. (2013, June). Climate change and its probable effects on mango production and cultivation. In X International Mango Symposium 1075 (pp. 21-31).

Menzel, C. M., & Le Lagadec, M. D. (2017). Can the productivity of mango orchards be increased by using high-density plantings? *Scientia Horticulturae*, 219, 222-263.

Scuderi, D., Gugliuzza, G., Di Salvo, G., Priola, F., Passafiume, R., & Farina, V. (2022). Shading net and partial covering plastic film do not affect phenology, photosynthetic activity or fruit quality traits of Kensington pride mango. *Plants*, 11(24), 3510.

Sahu, C., & Sahu, D. K. (2020). Effect of plant growth regulators on yield and yield attributing characteristics of mango (*Mangifera indica* L) cv. Dashehari. *Int J Horti Food Sci* 2020, 2(1): 52-54. DOI: [10.33545/26631067.2020.v2.i1a.39](https://doi.org/10.33545/26631067.2020.v2.i1a.39)