

תגובה של עצי אבוקדו מזן האס לדישון חורפי: סיכום ארבע שנות ניסוי

רן אראל¹, הדר כהן², יעל סוזן בר נוי², תמיר פורת², גלעד כץ³, דביר טלר³

¹מרכז מחקר גילת, מנהל המחקר החקלאי (מכון וולקני), ²מו"פ גליל מערבי, ³דשנים וחומרים כימיים'

תקציר

ענף האבוקדו הוא גידול היצוא המוביל בארץ כאשר הזן האס הוא הזן המבוקש והמוביל בעולם. פוריות הזן נמוכה בהשוואה לזנים "ירוקים" ולכן נעשה מאמץ מחקרי משמעותי לשפר את היבול בזן מרכזי זה באמצעים אגרוטכניים כמו דישון. מחקרים קודמים מרמזים שהאבוקדו צורך מנה משמעותית של חנקן בחורף. לדישון חנקן חורפי יש מספר מגבלות טכניות וסכנה של שטיפת חנקות תחת בית השורשים. מטרת מחקר זה הייתה לבחון את התרומה של דישון חנקן חורפי לפוריות ולבחון את סוג החנקן האופטימלי. במשך ארבע שנים סיפקנו שש יחידות חנקן בשלוש צורות חנקן שונות מול ביקורת ללא דישון חורפי. בממוצע של ארבע שנים, הדישון החורפי תרם כ-200 ק"ג פרי לדונם, ללא פגיעה בגודל הפרי הממוצע. רק תוספת היבול של טיפולי החנקן החורפי לעומת הביקורת היו מובהקים. אם כך, המסקנה שלנו היא שיישום של 5-6 יחידות חנקן בארבע פעימות מאמצע נובמבר עד אמצע פברואר בעל פוטנציאל להגדיל יבול בכ-10%. את החנקן מומלץ ליישם בתקופות של עצירת הגשמים כדי לצמצם סכנת שטיפה של החנקות. כל סוגי החנקן מסתמנים כאפקטיביים עם יתרון מסוים (ולא מובהק) לדשן אמוניאקלי עם מעכב ניטריפיקציה.

מבוא

פרי האבוקדו מכיל ערך תזונתי רב ונחשב כמוצר בריאות, תכונה שמובילה לעלייה משמעותית ורציפה בביקושים בארץ ובעולם. תנאי הגידול בארץ מאפשרים ממשק נקי מריסוסים, דבר המקנה יתרון גדול לפרי ישראלי בעולם, ולכן האבוקדו הוא ענף היצוא החקלאי המוביל בארץ. בשל טעמו וצורתו החיצונית הזן האס הוא המוביל ביצוא. אולם, הפוריות של הזן נמוכה בהשוואה לזנים "ירוקים" ונעשה מאמץ מחקרי לפתח ממשקים אגרוטכניים להגביר את הפוריות הזן.

אחד האמצעים המתבקשים הוא אופטימיזציה של דישון חנקן. מספר עבודות בנוגע להזנה של אבוקדו נעשו בארץ (Lahav and Kadman 1980; Silber et al. 2013; Silber et al. 2018). דישון מאוזן בחנקן נחוץ על מנת לתמוך בצמיחה הנמרץ של האבוקדו ובהתפתחות האיברים הרפרודוקטיביים, כאשר הן עודף והן מחסור מלווים בפגיעה משמעותית בפוריות (Embleton and Jones 1964; Lahav and Kadman 1980).

בניסוי מבוקר במכלים (בגילת) מצאנו שאיכות הפרי הייתה נמוכה בתנאים של מחסור בחנקן והובילה לפרי אדמדם, קטן ורגיש לנזקי צינה, בעוד שעודפים בחנקן גרמו להאפרות פנימיות וריבוי ריקבונות (דואניס-אסף et al. 2023). בנוסף, מצאנו בניסוי המכלים המבוקר שריכוז החנקן בנקז בתקופת החורף נמוך מאוד (Sperling et al. 2022), דבר המעיד על קליטת חנקן מוגברת בחורף. מחקרים של ד"ר אבנר זילבר וחוב' גם כן מרמזים שדישון חנקני בחורף תורם ליבול באבוקדו בעונה הבאה. אולם, קיימים קשיים טכניים ואחרים לדישון בחורף גם בהיבט של תפעול מערכת ההשקיה והדישון שנהוג היה להשביט בתקופת הגשמים.

אתגר נוסף בדישון חורפי הוא שהגשמים עלולים לשטוף ולהדיח את החנקן (בעיקר החנקות = ניטרט) מתחת לבית השורשים ולגרום לבזבז ונזק סביבתי. בנוסף, קיים אתגר טכני באחזקת מערכת דישון

והשקיה עובדת תקינה בתנאי הבוץ, פעילות האפרונים בשטח וכמובן פעילות בעלי חיים. לכן, הגישה שלנו הייתה לבחון דישון מעט פעמים (ארבע יישומים), בריכוז גבוה, ולאשש שאכן דישון חנקני בחורף מעלה יכול.

עולה השאלה איזה הרכב חנקן יעיל יותר? דשנים מבוססי אמון עמידים יותר בפני שטיפה, כיוון שהאמון נספח לקרקע ואינו נוטה להישטף. חסרון הדשנים מבוססי האמון הוא המחיר והריכוז הנמוך יחסית לאלטרנטיבות (אוראה). גם דשן על בסיס אמון עלול להישטף בגלל שבתהליך הניטריפיקציה חיידקים ממירים את האמון לחנקה תוך ימים או שבועות ספורים. כדי להאט ניטריפיקציה קיימים מעכבים שפוגעים בפעילות החיידקים הללו ומשמרים את החנקן האמוניאקלי בצורתו ובכך מפחיתים שטיפה של חנקות. החומר שנבחן בניסוי זה הוא "גריין" של חברת "דשנים". מול הדשנים האמוניקליים בחנו את האוראן, תערובת של תמיסת אוראה ואמון חנקתי. זהו הדשן בעל ריכוז החנקן הגבוה ביותר (32%) ובהתאם הנוח ביותר לתפעול מבחינה טכנית.

חומרים ושיטות

הניסוי התבצע בחוות המחקר בעכו (מו"פ גליל מערבי) במטע אבוקדו מניסיון 2010 על כנה דגניה 117 בעומד נטיעה של 6 על 4 (אטינגר 11%) הנטוע בקרקע חרסיתית. המטע מושקה במי קולחים ממאגר שומרת (מט"ש כרמיאל ועכו, כ-220 מ"ג לליטר כלור).

נבחנו ארבעה טיפולים:

1. ללא דישון חורפי
2. דישון נוזלי אג"ח 12% (אמון גפרתי חנקתי)
3. דישון נוזלי אג"ח + גריין (מעכב ניטריפיקציה)
4. אוראן (אמון חנקתי ואוראה) 32%

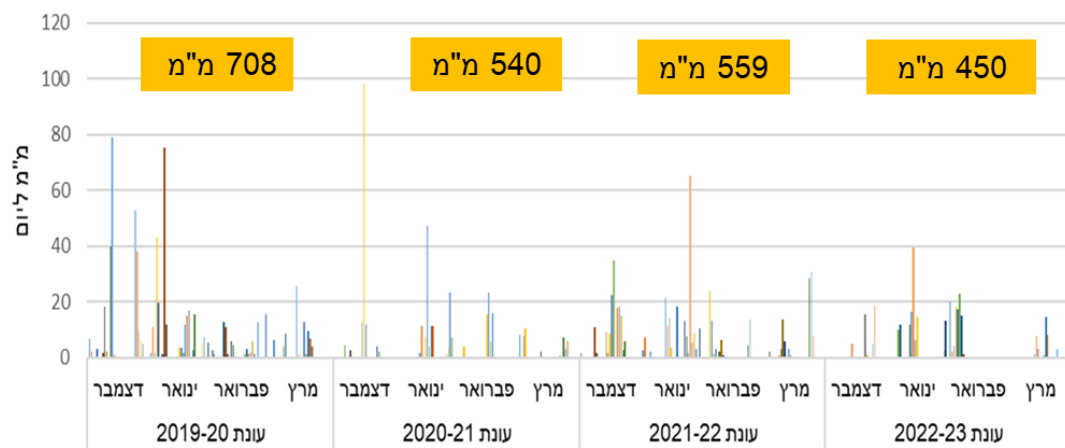
טיפול הדישון קיבלו 6 ק"ג לדונם חנקן צרוף בארבעה יישומים, אחת לחודש, החל מדצמבר ועד מרץ. הדשן יושם בארבע השקיות טכניות ובכל השקיה סופקו 1.5 ק"ג לדונם חנקן. כל טיפול בארבע חזרות, למעט הביקורת, בשלוש חזרות, בכל חזרה שישה עצים (סך הכול 15 חלקות ניסוי ו-90 עצים נמדדים). בעונה, מאפריל ועד סוף נובמבר, קיבלו כל הטיפולים ממשק זהה בהשקיה ובהזנה, שהוא הממשק המשקי המקובל בכל החווה. ממשק הדישון המשקי כלל 28 יחידות חנקן, שתי יחידות זרחן, וכ-15 יחידות אשלגן, בנוסף לדשן שמגיע מהקולחין. סך הכל (דשן + תרומת המים) רמת ההזנה הייתה כ-35 יחידות חנקן, חמש יחידות זרחן, ו-35 יחידות אשלגן.



איור 1: הגמעה של חנקן בחורף בחלקת הניסוי בחוות עכו.

ארבע עונות הגידול נבדלו ברמת המשקעים שלהן. עונת 2020 הייתה ברוכת גשמים, 708 מ"מ, בעוד שבעונות הבאות המשקעים היו מתחת לממוצע הרב-שנתי (600-620 מ"מ), בין 540 ל-450 מ"מ.

כמות ופיזור גשמים 4 עונות - חוות עכו



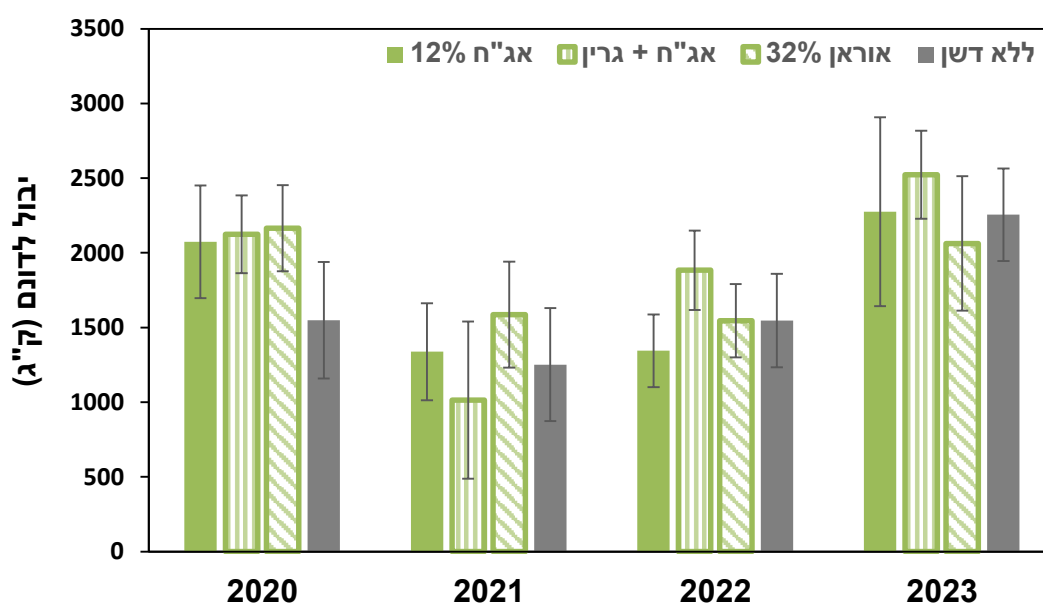
איור 2: כמות ופיזור המשקעים בחוות עכו בתקופת הניסוי

תוצאות

יבול

נדגיש בפתיחה, אף אחד מהמדדים לא מובהק סטטיסטית, למעט התגובה של דישון חורפי (שלושת הטיפולים משולב מול הביקורת) במודל דו-גורמי. ההבדלים משמעותיים, אולם השונות באבוקדו גבוהה ויש צורך במספר חזרות מאוד גבוה כדי להגיע למובהקות סטטיסטית. יחליט הקורא הנבון מה להסיק מהנתונים.

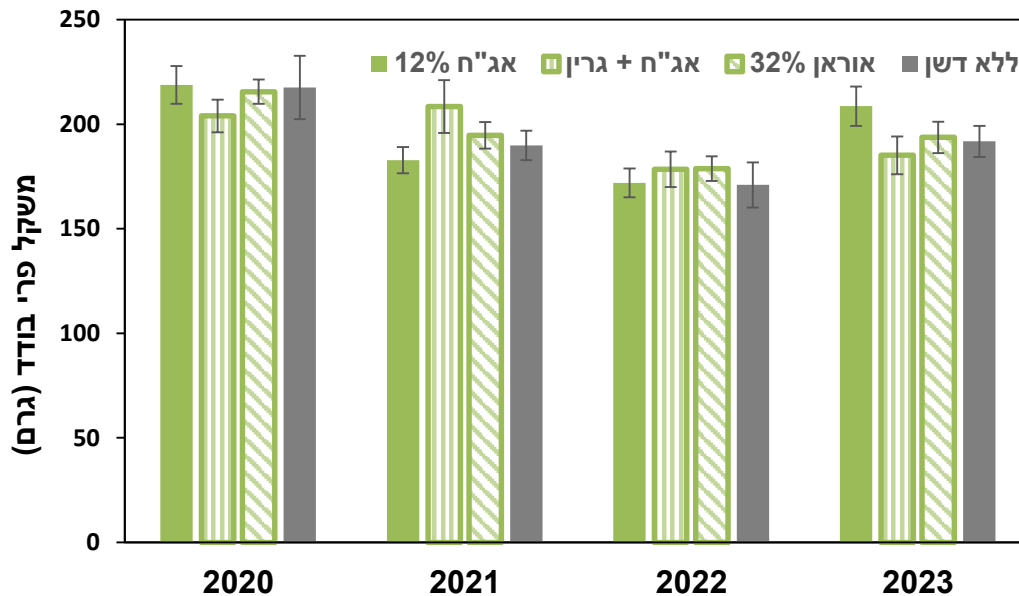
ללא קשר לטיפולים, היבול הרב-שנתי הממוצע בעצים הנמדדים היה 1.78 טון לדונם, יבול סביר עד גבוה (לזן האס) והושפע מתנודתיות עונתית. ב-2023 היה יבול שיא של 2.3 טון לדונם, לעומת עונת 2021, שבה היבול הממוצע היה 1.3 טון לדונם בלבד. בשנה הראשונה היה מספר הפירות לעץ גבוה משמעותית בשלושת הטיפולים שדושונו בחורף לעומת הביקורת (תוספת ממוצעת של 0.5 טון לדונם). אולם, ב-2021 נעשה "תיקון", והיבול בביקורת היה דומה ליבול בטיפולי החנקן החורפי, למעט טיפול האוראן. ב-2022 ו-2023 טיפול האג"ח + גרין הניב את היבול הגבוה ביותר.



איור 3: היבול הממוצע בארבע שנות הניסוי כתגובה לדישון חורפי באמון חנקתי-גופרתי (אג"ח 12%, עמודה ירוקה מלאה), באג"ח עם מעכב ניטרופיקציה (אג"ח + גרין, ירוק + פסים אנכיים), באוראן (עמודה ירוקה עם פסים אלכסוניים) או ביקורת ללא דישון חורפי (עמודה אפורה). כל עמודה מייצגת ממוצע וס"ת של ארבע חלקות ניסוי ושישה עצים בחלקת ניסוי (24 עצים).

משקל פרי ממוצע

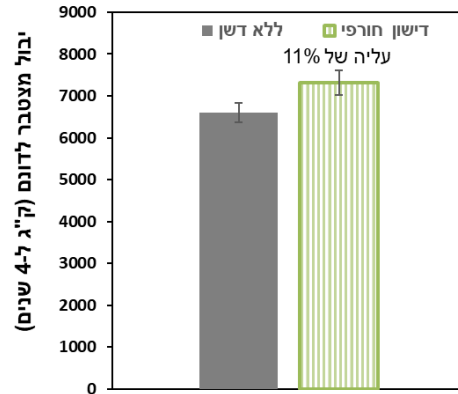
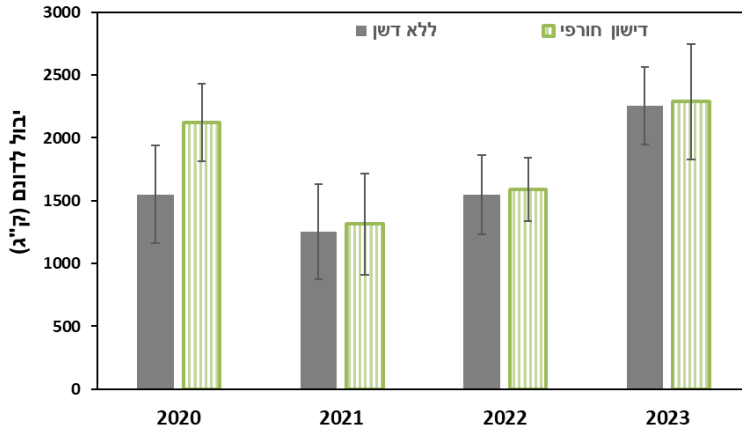
בממוצע לתקופת הניסוי, משקל הפרי נע בין 196 ל-193 גרם ליחידת פרי, עם תוספת פעוטה של 2.5 גרם לפרי לדישון החורפי (195.0 מול 192.5 גרם בממוצע רב-שנתי, לא מובהק).



איור 4: משקל פרי ממוצע בארבע שנות הניסוי כתגובה לדישון חורפי באמון חנקתי-גופרתי (אג"ח 12%, עמודה ירוקה מלאה), באג"ח עם מעכב ניטריפיקציה (אג"ח + גרין, ירוק + פסים אנכיים), באוראן (עמודה ירוקה עם פסים אלכסוניים) או ביקורת ללא דישון חורפי (עמודה אפורה). כל עמודה מייצגת ממוצע וס"ת של ארבע חלקות ניסוי ושישה עצים בחלקת ניסוי (24 עצים).

שילוב שלושת טיפולי הדישון החורפי

כיוון שההבדלים בין סוגי החנקן היו פעוטים ולא מובהקים, בחנו את מדדי הפוריות בשלושת הטיפולים במשולב אל מול הביקורת. על מנת להבין טוב יותר את השפעת הדישון החורפי איחדנו את שלושת סוגי החנקן ובחנו אותם מול הביקורת ללא דישון חורפי בכל שנה בנפרד ובארבע השנים יחדיו (איור 4 ו-5). היבול בק"ג לדונם היה גבוה יותר באופן עקבי בטיפולים שקיבלו דישון חורפי. ההפרש היה גדול ביותר בשנה הראשונה: 570 ק"ג לדונם וכ-50 ק"ג לדונם בשלוש השנים העוקבות, כאשר בממוצע הדישון החורפי תרם 177 ק"ג לדונם לשנה ($p=0.050$).



איור 5: היבול הממוצע (שמאל) והמצטבר (ימין) בארבע שנות הניסוי כתגובה לדישון חורפי (שלושת הטיפולים ביחד, ירוק) מול ביקורת ללא דישון חורפי (עמודה אפורה). כל עמודה מייצגת ממוצע וס"ת של ארבע חלקות ניסוי ושישה עצים בחלקת ניסוי בטיפול הביקורת (24 עצים) ו-12 חלקות ניסוי (72 עצים) בטיפול הדישון החורפי.

דיון וסיכום

הניסוי הדגים שיש פוטנציאל להגדלת היבול בכ-10% בתגובה לדישון חורפי, ללא פגיעה בגודל הפרי הממוצע. הטיפול שבו היבול היה הגבוה ביותר היה אג"ח + גרין, שנתן תוספת שנתית ממוצעת של 236 ק"ג לדונם, בעוד שאוראן תרם 190 ק"ג לדונם לשנה ואג"ח 107 ק"ג לדונם לשנה, לעומת הביקורת ללא דישון חורפי.

בשנת הניסוי הראשונה (2020) התגובה לדישון החורפי הייתה החזקה ביותר (תוספת של כ-500 ק"ג לדונם), בעוד שביתר השנים התוספת הייתה נמוכה בהרבה. כיוון שעונת 2020 הייתה הגשומה ביותר, ניתן להעריך שיש קשר בין כמות המשקעים לתגובה לדישון חורפי בחנקן. בשנים גשומות, שטיפת עודפי החנקן מהעונה היא אפקטיבית מאוד ולפני הפריחה (מרץ) העצים נותרים ללא חנקן כלל בפרופיל הקרקע. בשנים כאלו נצפה לתגובה חיובית לתוספת חנקן שתחליף את החנקן שנשטף. בשנים שכונות, שטיפת החנקות לא משמעותית ולכן מערכת השורשים יכולה ליהנות מעודפי החנקן שנותרו אחרי תקופת הדישון המקובלת. יש לבחון השערה זו בניסויים עתידיים.

השערת המחקר הייתה שדישון בדשן על בסיס אמוניאקלי תהיה אפקטיבית יותר בגלל צמצום השטיפה של החנקן עם גשמי החורף. בשל השונות הגבוהה, ההבדלים בין סוגי החנקן לא היו מובהקים סטטיסטית, רק תוספת היבול של שלושת טיפולי החנקן לעומת הביקורת הביאה לעלייה מובהקת ביבול. יחד עם זאת, התוספת הגבוהה ביותר נתקבלה בטיפול של החנקן האמוניאקלי עם מעכב הניטריפיקציה (אג"ח + גרין, לא מובהק).

אם כך, אנו מסיקים שיישום של 5-6 יחידות חנקן בארבע פעימות מאמצע נובמבר עד אמצע פברואר בעל פוטנציאל להגדיל יבול. את החנקן מומלץ ליישם בתקופות של עצירת הגשמים כדי לצמצם סכנת שטיפה של החנקות. כל סוגי החנקן מסתמנים כאפקטיביים, עם יתרון מסוים (ולא מובהק) לדשן אמוניאקלי עם מעכב ניטריפיקציה.

תודות

המחברים מודים לשולחן המגדלים, לקרן CFPN (Center of Fertilization and Plant Nutrition) של כ"ל (ICL) ומכון וולקני על מימון הפרויקט, ולרעות וגלעד, האגרונומים המסורים של חברת "דשנים", על הסיוע הטכני בביצוע הניסוי.

ספרות

- Embleton TW, Jones W (1964) Avocado nutrition in California. Proceedings of the Florida State Horticultural Society.
- Lahav E, Kadman A (1980) Avocado fertilisation. International Potash Institute.
- Silber A, Israeli Y, Levi M, Keinan A, Chudi G, Golan A, Noy M, Levkovitch I, Narkis K, Naor A (2013) The roles of fruit sink in the regulation of gas exchange and water uptake: a case study for avocado. Agricultural water management 116: 21-28.
- Silber A, Naor A, Cohen H, Bar-Noy Y, Yechieli N, Levi M, Noy M, Peres M, Duari D, Narkis K, Assouline S (2018) Avocado fertilization: Matching the periodic demand for nutrients. Scientia Horticulturae 241: 231-240. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.094>.
- Sperling O, Erel R, Yermiyahu U, Dag A (2022) Ineral mass balances reveal the phenology of evergreen and deciduous tree crops' nutrient uptake. Irrigation science Accepted.
- דואניס-אסף ד, מאור ד, פייגנברג א, אראל ה, אלקן נ (2023) האפרה פנימית בפירות אבוקדו האס. עלון הנוטע.