

יעול השימוש באתפון בעזרת סודיום ביקרבונט*

י. שולמן, ב. אבידן, י. בן-טל, ש. לביא, המחלקה לזית וגפן, מרכז וולקני

מבוא

אתפון הוא חומר מפריש אתילן שניתן לטפל בו בצורת ריסוס בשדה. טיפולים באתפון ניתנים במינים שונים למטרות שונות כמו זירוז הבשלה, ויסות צמיחה, החלשת עוקץ הפרי ועוד. טווח הריכוזים היעיל שונה בכל מקרה ונע בין 100 עד 1250 ח"מ ואף יותר. כמו ברוב החומרים העלאת הריכוז מגבירה את הפעילות, אבל לעתים בטיפולים אשר עבורם דרוש ריכוז גבוה, כמו בהחלשת העוקץ של זיתים לצורך יעול מסיק (1) או בעצירת צימוח בגפן (2,6) עלולה העלאת הריכוז להיות בלתי רצויה בגלל תופעות לוואי מזיקות ויוקר הטיפול. בן-טל וחבריו (1) מצאו שאפשר ליעל את פעולת האתפון ע"י העלאת pH שלו מחומצי לניטרלי. העלאת pH מגדילה את קצב שחרור האתילן ובמקביל את האפקטיביות של הטיפול. עם זאת pH בסיסי שחרור האתילן מהיר מדי והאפקטיביות של הטיפול באתפון שוב יורדת (7,3).

החומרים היעילים לייצוב pH נקראים בופרים אך השימוש בהם בשדה יקר מאוד. לכן פותחה שיטה (4,3) להעלות את pH בשדה בעזרת בסיס הנתרן NaOH (סודה קאוסטית) כאשר שינויי pH נמדדים בעזרת ניר pH או ניר לקמוס. מאחר ו-NaOH הוא בסיס חזק התגובה של תמיסות אתפון, אפילו לריכוזים נמוכים של בסיס הנתרן, חזקה מאוד, כך ששינויי pH מהירים מאוד וקשה לווסת את התמיסה ל-pH הרצוי. יתר על כן, בסיס הנתרן הוא חומר מעכל חריף הגורם לצריבות במגע עם העור, לכן נעשה ניסיון למצוא חומרים מתונים יותר אשר יוכלו לשמש להעלאת pH בתנאי שדה. החומר סודיום ביקרבונט (NaHCO₃) (סודה לשתייה), הוא

מלח בעל תגובה בסיסית חלשה, זול ומותר לשימוש למאכל. בעבודה זו בדקנו את האפשרות להשתמש בסודיום ביקרבונט כאמצעי להעלאת pH של האתפון, ליעולו ולהגברת פעולתו.

חומרים ושיטות

השפעת בסיס הנתרן (NaOH) וסודיום ביקרבונט (NaHCO₃) על שינויי pH של תמיסות אתפון נבדקה ע"י הוספת החומרים בכמויות מדודות לתמיסות אתפון בריכוז 720–1200 ח"מ (0.005–0.008 M) ומדידת החומציות של התמיסה, בעזרת מכשיר למדידת pH. שינויי pH נבדקו במים מזוקקים ובמי השקיה. לפי התוצאות מבדיקות אלו קבענו תחום ריכוזים של סודיום ביקרבונט שנבדק בטיפולים בשדה.

נסיון עצירת צימוח בגפן נעשה עם גפנים מהזן פרלט שהיו בצימוח חזק מאוד בחודש אפריל בתקופת החנטה, כאשר אורך השריגים היה 100–120 ס"מ. טיפול אתפון בריכוז 720 ח"מ (0.005 M) בתוספת ביקרבונט בריכוז 0.15% (0.03 M) וטיפולים באתפון ללא ביקרבונט ניתנו בריסוס ל-40 ס"מ העליונים של השריגים. כביקורת שימשו גפנים לא מטופלות. בכל טיפול היו 4 קבוצות של 10 גפנים. 25 ימים לאחר הטיפול נמדדה תוספת הצימוח. ניסויים להחלשת עוקץ פרי הזית נעשו בעצים מהזן מנזנילו. בחודש אוקטובר נבחרו ענפי זית בגודל כשמינית עץ עם זיתים ירוקים על סף השחרה. ענפים אלו קיבלו ריסוס אתפון בריכוז 720–1200 ח"מ בתוספת בסיס הנתרן (NaOH) או ביקרבונט (NaHCO₃) בריכוזים 0.05%–0.3% (0.04–0.06 M). בחלק מהניסויים הוספנו את החומרים בהדרגה ומדדנו את pH עד שהגיענו ל-pH רצוי, בד"כ 6.7. בניסויים המאוחרים יותר הוספנו כמויות מדודות של סודיום ביקרבונט ללא תיקון pH, מעבר לנקבע כמותית ע"י הביקרבונט. כביקורת שימשו ענפים לא מטופלים

* תרגום מעבודה שהוגשה לפרסום ב-J. Amer. Soc. Hort. Sci מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, סדרה ה', 1981, מס' 1029.

אותו ריכוז של אתפון ו-NaOH יכול להיות גדול (ציור 1) כאשר עלית ה-pH במי ברז היתה באופן בולט מוקדמת יותר (קוים F, D).

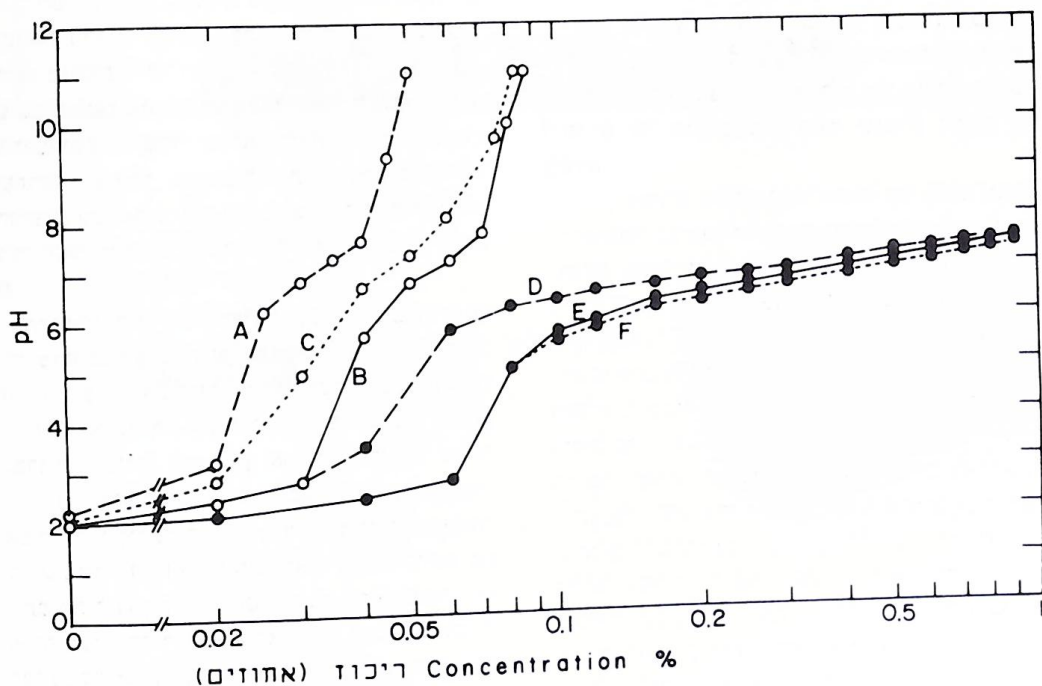
הוספת כמויות גדולות של סודיום ביקרבונט (NaHCO_3) לתמיסות האתפון גרמה לירידה חזקה בחומציות עד שה-pH הגיע לערכים 5.5–6 וריכוז הביקרבונט היה 0.15% (0.013 M). הוספת כמויות נוספות של ביקרבונט גרמה לעליה מתונה ב-pH. בין הריכוזים 0.23% ו-0.5% של ביקרבונט ה-pH כמעט לא משתנה ועולה באיטיות רבה בתחום הניטרלי (ציור 1). מקור המים בריכוז אתפון שווה לא השפיע על היחס בין ריכוזי ביקרבונט והשתנות ה-pH. בריכוז אתפון נמוך יותר (720 ח"מ) היה צורך גם בריכוז נמוך יותר של סודיום ביקרבונט כדי להגיע ל-pH ניטרלי, אולם בתחום הניטרלי תוספת של סודיום ביקרבונט השפיעה אך מעט, ללא קשר לריכוז האתפון.

וענפים מטופלים באתפון בלבד. כל טיפול ניתן ב-5 חזרות.

10–5 ימים לאחר הטיפול נקבע הכח הדרוש לניתוק הזימים מהעץ בעזרת דינמומטר Chatillon ונעשתה הערכה של נשירת פרי ונשירת עלים.

תוצאות

הוספת בסיס הנתרן (NaOH) במספר ריכוזים נמוכים 0.02%–0.08% (0.005–0.02 M) לתמיסות אתפון בריכוז 720 או 1200 ח"מ (0.008–0.005 M), במים רגילים או מזוקקים, גרמה לירידה מהירה בחומציות ועליה בבסיסיות מ-pH 2 ל-pH 9–10. pH ניטרלי נמצא בריכוז NaOH 0.03%–0.06% אולם בתחום זה שינויים קטנים מאוד בריכוז NaOH גרמו לשינויים גדולים ברמת החומציות. ההבדל בדרגות pH בין מים רגילים ומים מזוקקים המכילים



ציור מס' 1: השתנות ה-pH של תמיסות אתפון שונות, בהשפעת ריכוזים שונים של בסיס הנתרן (NaOH) וסודיום ביקרבונט (NaHCO_3).

D – אתפון 720 ח"מ במים מזוקקים
E – אתפון 1200 ח"מ במים מזוקקים
F – אתפון 1200 ח"מ במי ברז
עליה בריכוז NaHCO_3 .

A – אתפון 720 ח"מ במים מזוקקים
B – אתפון 1200 ח"מ במים מזוקקים
C – 1200 ח"מ במי ברז
עליה בריכוז NaOH.

טיפולים לעצירת צימוח נעשו בכרם מהזן פרלט בתקופת הצימוח החזקה באפריל כשהשריגים הגיעו לאורך 100–120 ס"מ. ריסוסי אתפון לקצות הצימוח בריכוז 720 ח"מ (pH 2.2) גרמו לעצירת צימוח חלקית; כאשר הוספנו לטיפול סודיום ביקרבונט בריכוז 0.15% וה-pH עלה ל-6.4, נגרמה עצירת צימוח מלאה (טבלה 1).

טיפולים להחלשת העוקץ של זיתים בהבשלה הירוקה נעשו בעזרת אתפון בריכוז 1200 ח"מ ברמות pH שונות ונבדק הכח הדרוש לניתוק הפרי (טבלה 2). בניסוי זה נמצא pH 6.7 היעיל ביותר; אח"כ נבדקה יעילות האתפון (1200 ח"מ) ב-pH 6.7 על ניתוק הפרי כאשר העלאת ה-pH נעשתה ע"י בסיס הנתרן או סודיום ביקרבונט (טבלה 3).

שני הטיפולים גרמו להחלשת הקשר בין הפרי לענף בצורה דומה. כח הניתוק לאחר 4–5 ימים

בטיפול בביקרבונט היה 208 ג' לעומת 212 ג' בבסיס הנתרן בטיפולים של 30/9; ו-201 ג' לעומת 183 בטיפולים של 20/10. בטיפולים של 30/9 גרמה הוספת ביקרבונט לנשירת עלים ופרי רבה יותר מאשר הוספת בסיס הנתרן. לעומת זאת בטיפולים שניתנו ב-20/10 גרמו שני החומרים לנשירה מעטה של פרי ועלים.

ביצענו מספר ניסויים בהם הגברנו את פעולת האתפון ע"י הוספת כמויות מדודות של סודיום ביקרבונט. השתמשנו בריכוזים אשר בהם ה-pH של התמיסות בתחום הניטרלי נמצא יציב וקבוע. בחלק מהניסויים היתה הצלחה ועוקצי הפרי נחלשו יותר מביקורת המטופלת באתפון בלבד. בחלק ההצלחה היתה חלקית בלבד ותוספת הביקרבונט השפיעה אך מעט.

השפעת כמויות שונות של סודיום ביקרבונט על

טבלה מס' 1: השפעת אתפון בלבד ובתוספת סודיום ביקרבונט על הצימוח בשריגי גפן. (טיפול ב-25/4, אורך השריגים 100–120 ס"מ, מדידות תוספת צימוח ב-20/5).

התפלגות תוספת הצימוח (%)			תוספת צימוח (ס"מ)
אתפון 720 ח"מ ביקרבונט 0.15%	אתפון 720 ח"מ	ביקורת	
100	50	0	0–10
0	40	30	10–40
0	0	30	40–70
0	0	40	70–100
5	18	65	ממוצע
12	13	18	±SE

טבלה מס' 2: השפעת אתפון ברמות pH שונות על כח הניתוק של זיתים מהזן מנויל. (ריכוז אתפון 1200 ח"מ, ה-pH ווסת בעזרת NaOH, הבדיקה 5 ימים לאחר הטיפול).

כח הניתוק (ג')	pH	טיפול
531	—	ביקורת ללא טיפול
320	2.0	אתפון בלבד
272	5.2	אתפון + NaOH
194	6.2	אתפון + NaOH
103	6.7	אתפון + NaOH
279	7.5	אתפון + NaOH
40	—	± MSE

טבלה מס' 3: השפעת בסיס הנתרן וסודיום ביקרבונט על יעילותו של אתפון בהחלשת כח הניתוק של זיתים ונשירת עלים מזן מונזילו. (ריכוז אתפון 1200 ח"מ, pH הובא ל-6.7, ריכוז סופי של בסיס הנתרן כ-0.04% ושל ביקרבונט כ-0.3%. כח הניתוק מבוטא בגרם).

השפעה על	מועד הבדיקה	ביקורת (ללא טיפול)	NaHCO ₃ (ביקרבונט)	NaOH	±MSE
טיפול 30/9					
כח ניתוק (ג)	5/10	523	208	212	31
נשירת פרי	9/10	מעטה מאוד	בינונית	מעטה	
נשירת עלים	9/10	מעטה מאוד	בינונית	מעטה	
טיפול 20/10					
כח ניתוק (ג)	24/10	490	201	183	32
נשירת פרי	27/10	מעטה מאוד	מעטה	מעטה	
נשירת עלים	27/10	מעטה מאוד	מעטה	מעטה	

טבלה מס' 4: השפעת ריכוזים עולים של סודיום ביקרבונט (NaHCO₃), על פעילות אתפון להחלשת תאחיזת פרי ירוק ועלים מזן הזיתים מונזילו (ריכוז אתפון 1200 ח"מ, טיפול באוקטובר, בדיקה לאחר 6 ימים).

% NaHCO ₃	pH צפוי	כח ניתוק (ג)	נשירת פרי	נשירת עלים
ביקורת ללא אתפון	—	676	אין	אין
0	2.20	340	מעטה מאוד	בינונית
0.05	2.65	260	מעטה	בינונית
0.1	5.6	205	מעטה	בינונית
0.2	6.4	180	מעטה	רבה
±MSE		30	—	—

יעילות פעולת האתפון להחלשת עוקצי פירות נבדקה עם פרי מונזילו ירוק (טבלה 4). נמצא יחס ישר בין כמות הסודיום ביקרבונט לפעולת האתפון. בניסוי זה עלינו עד ריכוז של 0.2M סודיום ביקרבונט, המתאים ל pH 6.4.

דיון

ביטול החומציות של האתפון לפני הפעלתו הביאה להגברת יעילותו בהחלשת אחיזת פרי הזית לעץ (4,1) ובויסות הצמיחה הגסטטיבית בגפן (6,2). ביטול חומציות זו בעזרת סודיום ביקרבונט נמצא בעבודה הנוכחית יעיל, הן מבחינת הגברת פעולת האתפון והן מבחינת נוחיות ובטחון השימוש בו.

למרות שבעבודות המקוריות ויסות pH נעשה בעזרת בופרים אשר גורמים ליציבות בתחום הרצוי, הועבר השימוש לשדה כאשר הויסות נעשה בעזרת בסיסים כמו בסיס הנתרן ובסיס האשלגן. השימוש

בבופרים בתנאי שדה היה בלתי מעשי בגלל מחירו הגבוה. השימוש בבסיסים, על אף יעילותם, קשה בשדה בגלל חוסר היציבות בתחום הניטרלי. מכאן ששינוי קטן בכמותו עשוי להקפיץ את pH התמיסה של האתפון מחומצי לבסיסי מדי. הודגש כבר בעבר, והודגם בעבודה זו, שסוגי מים שונים יגרמו לקצב שונה בשינוי pH ויש הכרח במדידה ובהתאמה מחדש בכל מיכל ריסוס. מקום שינוי pH בהשפעת סודיום ביקרבונט מגיע ליציבות בתחום הניטרלי ובדומה לבופרים pH נשאר בתחום זה גם בשינוי ניכר בריכוז הסודיום ביקרבונט. שינוי pH של האתפון בעזרת בסיס הסידן הראה גם הוא יציבות רבה יותר מהבסיסים האחרים בתחום הניטרלי, כן נמצא יעיל החומר קלציום אציטאט (5). אולם לחומרים אלו השפעות נוספות על פעילות האתפון המונעות את שימושם בחלק מהמקרים, חומרים אלו גם מאוד בלתי נוחים לשימוש מבחינה טכנית. בגלל

סודיום ביקרבונט נמצא בתנאים שלנו בין 0.2% ו-0.4% כאשר ריכוז האתפון בסביבות 1000mg/l. יתרון נוסף לסודיום ביקרבונט במחירו הזול, בנוחות השימוש בו ובחוסר רעילותו.

ספרות

1. בן-טל י., א. חסקל, ש. לביא (1977) שיפור יעילות האתרל כחומר הגורם להקלת המסיק. עלון הנוסע ל"א, 733-736.
2. שולמן י., ש. לביא (1979). עצירת צימוח בעזרת אתפון. עלון הנוסע ל"ג, 303-311.
3. Ben-Tal Y., I. Klein and S. Lavee (1979). The role of the source of ethylene on the development of an abscission layer in olive pedicels. In "Advance in pesticide science" part 2 Geisbuhler H. es. 2: 347-350. Pergamon Press Oxford and New-York.
4. Ben-Tal Y. and S. Lavee (1976). Increasing the effectiveness of ethephon for olive harvesting. HortScience 11: 489-490.
5. Martin G.C., S. Lavee and G.S. Sibbett (1981). Chemical Loosening agents to assist mechanical harvest of olive. J. Am. Hort. Sci. (in Press).
6. Shulman Y., G. Hirshfeld and S. Lavee (1980). Vegetative growth control of six grape vine cultivars by spray application of 2-chloroethylphosphonic acid (Ethephon). Amer Jour. Enol. Vitic. 31: 288-293.
7. Warner, H.L., and A.C. Leopold (1969). Ethylene evolution from 2-Chloroethylphosphonic acid. Plant Physiol. 44: 156-158.

חוסר היציבות של ה-pH בשימוש בבסיס הנתרן, יכולים להיגרם שינויים לא רצויים ב-pH בזמן התנדפות המים לאחר הריסוס ובהשפעת שאריות חומרי הדברה. מאחר שתחום הרגישות לריכוז של תמיסת האתפון בטווח ה-pH הניטרלי קטן, ניתן להשתמש ברוב המקרים במדד כמותי לסודיום ביקרבונט, ללא צורך במדידות pH, בהכנת כל טנק לריסוס, למרות שרצוי בתחילת כל יום ריסוס לודא, בבדיקת מדידה אחת, את כמות הסודיום ביקרבונט הדרוש כדי להגיע ל-pH הרצוי לריסוס באותו יום במטע. תוספת יתר של בסיס לאתפון גורמת לפירוקו המהיר ביותר כך שלעיתים עשוי להיות איבוד פעילות רב תוך תהליך התאמת ה-pH עם הבסיס, לפני שנספיק לתקן את בסיסיות היתר חזרה לתחום הרצוי ע"י חומצה. הסיכוי לנזק מסוג זה ע"י סודיום ביקרבונט כמעט בלתי אפשרי. חשוב לציין כי בעוד כל הבסיסים אשר בשימוש הם חומרים אשר בצורתם המרוכזת ארסיים וצורבים וכך, אם כי במידה פחותה, גם הקלציום אציטאט הרי שסודיום ביקרבונט בלתי צורב אף בצורתו המרוכזת.

מסקנות

נמצא שניתן ליעל את פעולת האתפון בעזרת סודיום ביקרבונט (סודה לשתייה) ביתר קלות מאשר ע"י בסיס הנתרן כמקובל. יציבות ה-pH בהשפעת הסודיום ביקרבונט גדולה יותר והסכנה לעליית יתר של ה-pH אפסית. כן ניתן, אחרי בדיקה ראשונית, להוסיף את הסודיום ביקרבונט באופן כמותי ללא מדידות pH נוספות. תחום הריכוז המתאים של