

פיתוח שיטה ומיכון לטיפול בשאריות צמחי כותנה

דו"ח לעונת 2016, מוגש להנהלת ענף כותנה

י. קשת¹, א. לוי¹, ל. רשף¹, א. קיסר¹, פ. גאולה¹, י. עפגין¹, ר. בריקמן¹, י. כץ², נ. הלפגוט², א. גלבוע²

¹המכון להנדסה חקלאית

²ארגון עובדי הפלחה

מבוא

כותנה היא גידול חד שנתי שנזרע באביב, פירותיו מבשילים בקיץ ונקטפים בסתיו. צמח הכותנה מתאים לגידול בכל הארץ והגידול נחשב משמעותי בגד"ש. הגידול ממושך יחסית, מאתגר מהבחינה המקצועית, עלותו גבוהה ורווחיותו נעה על גבול הכדאיות בעיקר בגלל כמות היבול ותנודות במחיר השוק אך גם בגלל מצוקת מים והתקפות מזיקים. משום כך מושקע בגידול מאמץ יוצא דופן בהשבת זנים, הגנת הצומח, הקטנת תשומות ושיפור רווחיות על מנת לשמור על הגידול.

צמח הכותנה כמו צמחים אחרים מתמודד עם בעיית מזיקים שונים אולם באופן מיוחד הוא חשוף לפגיעה מההלקטית הוורודה שתוקפת רק אותו ומהווה איום משמעותי על הגידול בארץ. לפיכך, מגדלי הכותנה בהנחיית מועצת הכותנה, מפעילים אסטרטגיית סניטציה למיגור ההלקטית הוורודה שבמסגרתה נוקטים בסדרה של פעולות למניעת התפשטות המזיק. אחת מהפעולות שנעשית אחרי הקטיף היא, עקירת שאריות הצמחים, קיצוצם והצנעתם בקרקע, על מנת למנוע מהמזיק לעבור את החורף בשאריות הגידול הקודם ולהגיח באביב הבא ולתקוף שוב את הגידול. בנוסף, המגדלים נדרשים לטפל באופן דומה בכל המוקדים שבחלקות הגידול שבהן נותרו שרידים של כותן, הלקטים ירוקים וחלקי צמח.

הכותנה היא שיח שמתנשא לגובה של כ- 2 מטר בעל שורש שיפודי שיכול להגיע לעומק של 2 מטר. במשך שנים רבות טפלו מגדלי הכותנה בשאריות הצמחיות בעזרת העקרון המקצץ שפותח בארץ לפני למעלה משלושה עשורים ע"י י. בן דור, 1982. העקרון עוקר ומקצץ צמחים משתי שורות במהלך אחד ולהפעלתו בגרירה דרוש טרקטור גדול יחסית. העקרון מיושן, מועד לתקלות וסובל ממחסור חמור בחלפים. בנוסף על כל אלה מחיר הפעלתו גבוה יחסית ועומד על כ- 50 ש"ח לדונם בממוצע (מחירון ארגון עובדי הפלחה). חסרונותיו אלו הניעו זה מכבר מגדלים ועוסקים בענף לחפש בעולם שיטות ומכונות אחרות לטיפול בצמחי כותנה אחרי הקטיף, בעלות תפוקה גבוהה יותר ומחיר הפעלה נמוך. טכנולוגיה חדשה לטיפול בשאריות צמחי כותנה שפותחה בארה"ב בדמות כלי חדש שעוקר ומצניע את הצמח השלם, ובא בעת מכין את התלולית החדשה לזריעת הגידול הבא, דווחה ע"י י. פלש, 2001. על פי מידע שנאסף ממגדלי כותנה בארץ ומהאינטרנט נמצא שבארה"ב ובאוסטרליה משתמשים כיום בכלים חדשים לטיפול בשאריות הצמחיות שרבים מהם פאסיביים במהותם, עובדים מהר, צורכים אנרגיה נמוכה ודורשים תחזוקה מועטה. הכלים הללו יכולים לטפל בצמח השלם או בגדמים ובשורשים אחרי כיסוח הנוף. מהמידע עלה גם שעקרון דיסקים לעקירת גדמים משתי שורות יובא לאחרונה לארץ לצרכי ניסוי ע"י גד"ש חפר ומכונה לטיפול ב- 6 שורות הגיעה לארץ לקראת עונת 2016 ביזמת חברת לנגוס פתרונות טכניים והידראוליים בע"מ. מדיווחי חקלאיים בגד"ש חפר וקבוצת יבנה נלמד שתוצאות הניסויים עם עקרון הגדמים היו מוצלחות מאוד בעקירת גדמים בקרקע כבדה יבשה. חיתוך השורשים בעזרת גליל החיתוך שנגרר על פני הקרקע אחרי הדיסקים לא הצליח.

בשנים האחרונות מגדלים רבים בארץ ובעולם משתמשים במכסחות לכיסוח הנוף במקום העקרון המקצץ בגלל הסיבות שהוזכרו לעיל. פעולת הכיסוח משיגה תוצאה דומה לעבודת העקרון המקצץ מבחינת מספר ההלקטים הירוקים שנשארים על הקרקע אחרי הטיפול ולפני החריש, י. שטיינברג וחובי, 2007. המכסחות

שמותאמות לכיסוח 6 שורות ויותר בבת אחת מופעלות ע"י טרקטור ברתום שלוש הנקודות במהירות גבוהה יחסית ומחיר הפעלתן נמוך משמעותית. כיסוח וריסוק של נוף הצמח משאיר על פני הקרקע צמחים מרוסקים וגדמים שאורכם כ- 10 ס"מ עם שורשים ארוכים בתוך הקרקע. במהלך החריש הצמחים המרוסקים יוצנעו בקרקע. בהמשך, פעולות הקלטור שמבוצעות בתהליך הכנת החלקות לזריעות, מעלות לפני השטח את השורשים הארוכים שמפריעים לעבודה השוטפת של הקלטורות ולפעולת הזריעה שבאה אחריה. בנוסף, חלק מהשאריות מוסעות ע"י הקלטורות לשולי השדה ומהוות מוקד סיכון להפצת ההלקטית הוורודה.

מטרת המחקר

המטרה הכללית של המחקר הייתה לפתח שיטה ומיכון לטיפול בצמחי כותנה לאחר הקטיף בתפוקה גבוהה ובמחיר נמוך. מטרת המשנה הייתה לבצע תצפיות שדה על שיטות ומכונות שונות שמופעלות ע"י חקלאים וקבלנים.

שיטות וחומרים

במהלך העונה בוצעו מספר תצפיות שדה על שיטות ומכונות שונות לטיפול בשאריות צמחי הכותנה אחרי הקטיף. מרביתן יובאו לארץ בעונת 2016 והופעלו בה לראשונה. התצפיות נערכו בשדות שונים ברחבי הארץ ובמסגרתן נלמדו מאפייניהם של המכונות, אופן הפעלתן והוערכו ביצועיהן מבחינת מראה חלקי הצמחים המרוסקים שעל הקרקע אחרי הטיפול. חלק מהתצפיות תועדו בצילום וידאו במהירות רגילה ובמהירות גבוהה של 125 fps לצורך עיבוד וניתוח מאוחר יותר במחשב. המכונות שנבחנו היו: שני דגמים של אבי טיפוס של עקרנים מרסקים מתוצרת אוסטרליה ללא זיהוי יצרן ולכן למען הנוחות הם יכוננו בהמשך עקרון אוסטרלי 1 ו-2; מרסק צמחים על הקרקע מתוצרת ארה"ב; עקרון גלגלים מתוצרת מקומית ומכסחת כותנה טיפוסית.

סקירת מידע אודות שיטות הנהוגות בארץ ובעולם לטיפול בשאריות צמחים בגידולי שורה בוצעה ברשת האינטרנט. מהסקירה עלה שבעולם קיימת זה מכבר מגמת פיתוח של שיטות עבודה חדשות שמתבססות על מכונות פסיביות שעובדות מהר ומטפלות ב-6 שורות צמחים ויותר במהלך אחד וזאת על מנת להפחית תשומות. בהשראת גישה זו פותחה שיטה לטיפול בשאריות צמחי כותנה שמבוססת על פעולה ראשונית של כיסוח הנוף במכסחת כותנה רגילה ולאחריה חיתוך של השורשים בשני עומקים בתוך הקרקע בעזרת מכונה פאסיבית. הנחת העבודה הייתה שחיתוך בשני עומקים בתוך הקרקע ייצר שאריות שורשים בגודל קטן יחסית שלא יפריעו לעיבודי הקרקע והזריעות אחרי החריש. לצורך בחינת ההיתכנות של השיטה נבנה אב טיפוס ראשוני, דור 1 של מכונה לחיתוך השורשים אחרי הכיסוח. אב הטיפוס נבחן בניסוי בשדה כרב נח ליד המכון להנדסה ובשדה כותנה שגדלה בתלוליות בקרקע כבדה בעמק חפר. בניסוי נבחנו כושר החדירה של מכשירי החיתוך לתוך הקרקע, המשקל הדרוש לביצוע העבודה ואיכות החיתוך של השורשים.

תוצאות ודיון

מאפייני העקרון המרסק 1 מתוצרת אוסטרליה, איור 1: העקרון המרסק הוא אב טיפוס של מכונה חקלאית אקטיבית שנמצאת בשלבי פיתוח מתקדמים והיא אינה מיוצרת בייצור סדרתי. המכונה מיועדת לטיפול בשאריות צמחי כותנה מ-4 שורות במהלך אחד. המכונה נגררת בזריעות על גלגלים משוגעים, רוחבה 4 מ', משקלה כ-4.5 טון והיא מופעלת ע"י טרקטור בהספק של 260 כ"ס. המכונה עשויה משלדה אחודה שמוקנות בה 4 מערכות עקירה וריסוק, מערכת אחת עבור כל שורת צמחים. מערכות העקירה והריסוק

מופעלות ע"י מערכת הנעה הידראולית שאף היא מותקנת בשלדת המכונה ומונעת מציר מעביר הכוח בטרקטור. מערכת העקירה מורכבת מזוג גלגלי גומי מלא שמהודקים זה לזה בכוח בעזרת בוכנה הידראולית כאשר אחד מהם פעיל והשני סביל. זוג הגלגלים מוצב במכונה כשצירם אנכי ובזווית של 45 מעלות בקירוב ביחס למישור הקרקע. מערכת הריסוק מורכבת משני גלילים מונעים האחד עם סכינים מלבניות מושחזות שקבועות בהיקפו ולאורכו והשני עם אוגנים (פלנגים) מאוצבעים שקבועים לאורכו. מערכת הריסוק מותקנת באלכסון בזווית של 60 מעלות ביחס למישור הקרקע בקירוב אחרי גלגלי העקירה. הגלילים מקבילים וסמוכים זה לזה ובמהלך פעולתם אצבעות האוגנים משתלבות בסכינים כך שמתקבלת פעולה שדומה יותר לגריסה.

במהלך העונה המכונה הופעלה בשדות כותנה בארץ במהירות ממוצעת של כ- 7 קמ"ש, תפוקתה התיאורטית הייתה כ- 28 דונם לשעה ותפוקתה העונתית עמדה על כ- 3,500 דונם. איור 2 מראה את תוצאות עבודת המכונה בשדה כותנה באזור חנתון. אחרי עיבוד הצמחים במכונה נמצאו על הקרקע חלקי צמחים בגודל לא אחיד ושורשים שלמים. איור 3 מראה שדה באזור עין חרוד אחרי חריש כאשר שאריות צמחי הכותנה שהיו בו טופלו במכונה. יש לציין כי מפאת העובדה שהמכונה מותאמת ל- 4 שורות בעוד שזריעת הכותנה נעשית ב- 6 שורות, עלול להיות לה קושי לנוע בעקבות השורות שעשוי להשפיע על איכות העבודה.



איור 2. מראה השטח אחרי העקרון המרסק 1



איור 1. עקרון מרסק 1 תוצרת אוסטרליה



איור 3. חלקה אחרי חריש שטופלה בעקרון המרסק 1

מאפייני העקרון המרסק 2 מתוצרת אוסטרליה, איור 4: עקרון מרסק זה הוא אב טיפוס של מכונה חקלאית אקטיבית שנמצאת גם היא בשלבי פיתוח ולא מיוצרת בייצור סדרתי. המכונה מיועדת לטפל ב- 6 שורות של שאריות צמחי כותנה במהלך אחד. מכונה זו היא טיפוס של מכונה נגררת בזרועות על גלגלים משוגעים, רוחבה 6 מ', משקלה כ- 7 טון והיא מופעלת ע"י טרקטור בהספק של 210 כ"ס. המכונה הגיעה לארץ בתחילת העונה ולכן היא הופעלה בניסויים רק בשלהי העונה ולא הגיעה למצב עבודה.



איור 4. עקרון מרסק 2 מתוצרת אוסטרליה

מאפייני מרסק צמחים על הקרקע מתוצרת ארה"ב, איור 5: המרסק הוא מכונה חקלאית פאסיבית שמיועדת לטפל ב- 6 שורות של שאריות צמחי כותנה במהלך אחד. המכונה היא תוצר של מגמה עולמית שתכליתה שימוש בכלים עמידים, יעילים שדורשים אחזקה מועטה ובעלי כדאיות כלכלית. המכונה נגרת ביצול על גללים, רוחבה 6 מ', משקלה כ- 4 טון והיא מופעלת ע"י טרקטור בהספק 260 כ"ס ובעלת יכולת להתקפל לצורך נסיעה מנהלתית. המכונה עשויה שלדת קורות אחודה ומותקנות בה מערכות לריסוק נוף הצמחים, מערכות לעקירת הגדמים ומערכות לעיבוד שטחי של הקרקע. מערכת הריסוק מורכבת מגליל בקוטר גדול יחסית שבהיקפו ולאורכו קבועות מספר סכיני חיתוך מושחזות. מערכת העקירה מורכבת מזוג דיסקים קעורים שמותקנים האחד כנגד השני, במרווח זעיר ביניהם, בשיפוע ביחס למישור הקרקע, האחד לימין והשני לשמאל כשצדם הקעור פונה זה לזה. המערכת לטיפול בקרקע עשויה גליל מוטות שטוחים משוננים. לכל שורת צמחים מוקצים גליל סכיניים לחיתוך הנוף, זוג דיסקים לעקירת הגדמים וגליל משונן לעיבוד שטחי של הקרקע שמותקנים בשלדת המכונה בטור אחד אחרי השני. במהלך העבודה המכונה נגרת ע"י הטרקטור כאשר גלילי החיתוך מתגלגלים על נוף הצמחים וחותרים אותם, הדיסקים הקעורים מונעים מהקרקע ותוך כדי גלגולם צובטים את הגדמים ושולפים אותם עם השורשים והגליל המשונן מתגלגל על פני הקרקע ומבצע עיבוד שטחי.

המכונה נבחנה במספר שדות ברחבי הארץ באזורי הגליל, לכיש והנגב הצפוני. המרסק נצפה בעבודה על כותנה לא מפותחת שגדלה בתלוליות בקרקע לס בחלקה של מושבי הנגב. במהלך העבודה נראה שגלילי החיתוך לא חתכו את כל הנוף של הצמחים, הדיסקים מותירים אחריהם גדמים בקרקע ושורשים שנעקרו נשארו שלמים, איור 6. עוד נראה שאחרי מעבר המכונה החומר הצמחי מרוכז על הקרקע במבנה דמוי אומנים. באופן כללי ניתן לומר שהמכונה לא הגיעה לכדי מצב עבודה מניח את הדעת.



איור 6. חלקה אחרי טיפול במרסק הצמחים על הקרקע



איור 5. מרסק צמחים על הקרקע

מאפייני מכסחה מתוצרת Berti איטליה, איור 7: המכסחה היא מכונה חקלאית אקטיבית שמיועדת לכסח ולרסק צמחים מ-6 שורות במהלך אחד. המכסחה מופעלת ע"י טרקטור בהספק של 230 כ"ס ברתום 3 הנקודות ומונעת מציר מעביר הכוח שלו. רוחב המכסחה 6 מ', משקלה כ-3 טון והיא בעלת יכולת קיפול לנסיעה מנהלתית. המכסחה מורכבת מגליל עם סכינים מושחזות או פטישים מושחזים שקבועים בהיקפו ולאורכו, שנמצא בתוך בית בחתך חצי עגול בקירוב. לאורך קיר הבית קבוע שכב שעשוי ממספר סכינים ניחות. בחלקה האחורי קבוע גליל עומק. במהלך העבודה המכסחה נעה על הצמחים ומשכיבה אותם לפני. הסכינים/פטישים שמסתובבים במהירות גבוהה חותכים את הצמחים, מכניסים אותם לתוך המכסחה, מרסקים אותם נגד השכב ופולטים את החלקים המרוסקים מאחור החוצה אל פני הקרקע. המכסחה נצפתה בעבודה בשדה כותנה מפותח מאוד בגד"ש חפר. המכסחה הופעלה במהירות ממוצעת של כ-7 קמ"ש ותפוקתה התיאורטית הייתה כ-42 דונם לשעה. אחרי עיבוד הצמחים במכסחה נמצאו על הקרקע חלקי צמחים מרוסקים בגודל לא אחיד והם היו מפוזרים היטב על פני השטח, איור 8.



איור 8. חלקה אחרי ריסוק במרסקת Berti



איור 7. מרסקת Berti

מאפייני עקרון גלגלים מתוצרת מקומית, איור 9: עקרון הגלגלים נבנה כמכונה חקלאית ניסיונית ע"י חברת בר בעמק בע"מ. העקרון מיועד לעקירת שאריות צמחי כותנה מ-4 שורות. רוחבו 4 מטרים והוא מופעל ע"י טרקטור ברתום 3 הנקודות. העקרון בנוי משלדת קורות אחודה עם מערכת רתום 3 נקודות. בשלדתו מותקנים 4 זוגות של גלגלי עקירה מגומי מלא בשיפוע של כ-40 מעלות ביחס למישור הקרקע. קוטר הגלגלים 425 מ"מ ורוחב החתך שלהם 125 מ"מ. במהלך העבודה הגלגלים מהודקים זה לזה בעזרת בוכנה הידראולית ומסתובבים במהירות היקפית קבועה של כ-40 קמ"ש.

המכונה נבחנה בעקירת כותנה שגדלה בתלוליות בקרקע כבדה בחלקה של קיבוץ אפק. הזריעה בחלקה הייתה בעומד גבוהה יותר יחסית למקובל ולכן הצמחים היו קטנים ובעלי גבעול דק. התצפיות על עבודת המכונה נעשו בתנאי הפעלה שונים מבחינת מהירויות ההתקדמות וזוויות הגלגלים. מהתצפיות עלה שבכל תנאי ההפעלה הצמחים נטו לפני, נאחזו בגלגלי העקירה, נעקרו, ונשארו במקומם שכובים לפני כששורשיהם עדיין בקרקע, איור 10. בדיקה ידנית של העקירה הראתה שנדרשה משיכה קלה נוספת על מנת לעקורם מהאדמה לגמרי. יצוין כי בניגוד לתוצאות הניסוי, הצפי היה שגלגלי העקירה יעקרו את הצמחים ממקומם לגמרי ויטיחו אותם לאחור בגלל יחס המהירויות הגבוה לטובתם.



איור 10. צמחים אחרי עקירה בעקרון הגלגלים



איור 9. עקרון גלגלים מתוצרת בר בעמק בע"מ

פיתוח אב טיפוס של מכונה לחיתוך שורשי שאריות צמחים בעודם בקרקע, איור 11: תכונות אב הטיפוס דור 1 של מכונה לחיתוך שורשי צמחי כותנה בעודם בקרקע הוגדרו כדלהלן: המכונה תחתוך את שורשיהן של שתי שורות צמחים במהלך אחד בעומק של 30 ס"מ בקירוב; היא תופעל ע"י טרקטור ברתום 3 הנקודות ותהיה פאסיבית במהותה (ללא מכלולים מונעים); כלי החיתוך שלה יהיו מסוג סכיני דיסק; לכלי החיתוך יהיו שלוש דרגות חופש (הזזה רוחבית, כוונון זוויתי של מישור הדיסק ביחס למישור האנך והמשקל שעל כל דיסק). על בסיס הגדרות אלו אב הטיפוס של המכונה תוכנן הנדסית ונבנה. המכונה כוללת שלדה אחודה עם מערכת רתום 3 נקודות שבה הותקנו שני דיסקים גדולים אחד לכל שורה. קוטר הדיסקים היה 1000 מ"מ, עוביים 6 מ"מ והם יוצרו מפלדת "קרוזברו 4000" עמידה בשחיקה ששפתיה הושחזו בצד אחד. הדיסקים הותקנו זה מול זה על זרועות אנכיות עם פרקים שמאפשרים לשנות את זווית שפיעתם ביחס לאנך כאשר ערך התכנסותם שלהם קבוע ושווה ל-0. בהתקנה, הצד המושחז היה כלפי חוץ.

בדיקות הקדמיות בשדה כרב נח יבש מאוד הראו שהדיסקים נוטים להתכופף בזווית שמגדילה את זווית השפיעה שמשפיעה על כושר חדירתם לקרקע ולכן הם חוזקו בטבורם בעזרת דיסק נוסף מפלדה פחמימנית בעובי 10 מ"מ שחובר אליהם בריתוך. בהמשך העבודה המכונה נבחנה בקרקע כבדה בכותנה שגדלה על תלוליות בעמק חפר כחודש אחרי הפסקת ההשקיה. בבדיקה, משקלו של כל דיסק הגיע לכדי 250 ק"ג בתוספת של משקולות. בניסוי נצפתה חדירה טובה של הדיסקים לעומק הקרקע עד לטבורם וחיתוך טוב של הצמח. אולם, אב הטיפוס לא עמד בעומס העבודה לאורך זמן, כשל ריתוך התגלה באחת מזרועותיו וכשל ריתוך נוסף נמצא בטבור של אחד מהדיסקים, ולכן הניסוי הופסק. בהסתמך על הממצאים שהושגו עד כה הוגדר מפרט טכני לאב טיפוס דור 2.



איור 11. אב טיפוס דור 1 לחיתוך שורשי כותנה בקרקע

מסקנות

תצפיות שדה בוצעו על שלוש מכונות לטיפול בצמחי כותנה אחרי הקטיף שיובאו לארץ בעונת 2016. שתיים מהן שיובאו מאוסטרליה הן דינמיות מטיפוס עקרון מרסק ואחת שיובאה מארה"ב היא פאסיבית מטיפוס מרסק על הקרקע משולב עם עוקר גדמים.

שתי המכונות שיובאו מאוסטרליה עוקרות את הצמחים עם גלגלי עקירה ומרסקות את הצמחים עם מכסחת סכינים אופקית או כמעט אנכית. שתיהן נמצאות בשלבי פיתוח שונים ואינן מיוצרות בייצור סדרתי.

העקרון המרסק 1 הצליח לפעול וטיפל במהלך העונה ב- 3,500 דונם של צמחי כותנה אחרי קטיף. לקראת העונה הבאה יבוצעו במכונה שיפורים כדי להשיג תוצאה מיטבית.

העקרון המרסק 2 שמיועד לטיפול ב- 6 שורות צמחים החל העונה בניסויי בשדה באיחור ניכר ולא הגיע למצב עבודה. הניסויים להפעילו יימשכו גם בעונה הבאה.

המרסק על הקרקע לא הצליח להגיע למצב עבודה. גם במכונה זו ינסו בעליה לבצע שינויים לקראת העונה הבאה.

פותרה שיטה לטיפול בשאריות צמחי כותנה אחרי הקטיף שמבוססת על פעולה ראשונה של כיסוח הנוף ולאחריה פעולת חיתוך של השורשים בעודם בקרקע בשני עומקים, רדוד ועמוק. פותר אב טיפוס דור 1 לבחינת היתכנות חיתוך השורשים בעומק הגבוה. אב הטיפוס הראה היתכנות טובה להצלחה. במבחן שנערך בקרקע כבדה הושגו חדירה טובה לעומק הקרקע וחיתוך טוב של הצמח. מומלץ להמשיך ולפתח את המכונה ולבנות אב טיפוס דור 2 לחיתוך שורשי צמחים משתי שורות בשני עומקים.

הבעת תודה:

המחברים מבקשים להודות לגד"ש חפר, קיבוץ הזורע, קיבוץ אפק, מושבי הנגב, חברת לנגוס בע"מ ואילן ומשה מרון על עזרתם בביצוע התצפיות, ולמועצת הכותנה על מימון התכנית.

רשימת ספרות

Y. Ben Dor, (1982). Agricultural implement for the extracting and shredding of stalk and root. US patent 4,350,207.

י. פלש (2001). פגוסס כלי חדשני להצנעת צמחי כותנה. <http://drupal->

cotton.migvan.co.il/sites/default/files/ibud001.pdf

י. שטיינברג, ר. יפעה, ד. שדה, י. פלש, א. ניב, א. ליסאי, ג. טל (2007). הפחתת שאריות כותנה בסוף העונה.

<http://cotton.co.il/sites/default/files/yoram0307.pdf>