



## יישום קומפוסט בגידול ירקות

**אורי אדלר - מועצת הצמחים;**  
**דוד סילברמן, אשר איזנקוט, ואריה יצחק - שירות ההדרכה והמקצוע;**  
**אפרים ציפליץ, שירות שדה, מו"פ בקעת הירדן;**  
**משה זאבי, מדריך לחקלאות אורגנית**

הקומפוסט הוא תוצר מיוצב של פירוק חומר אורגני בסביבה אווירנית (אירובית). פעולת הפירוק מבוצעת על ידי מגוון גורמים חיים, כמו: חיידקים, פטריות, פרוטוזואה ושלשולים, ובעטיה עולה הטמפרטורה. תהליך הפירוק גורם לייצוב החומר האורגני למצב המאפשר שחרור מושהה של יסודות הזנה וחומרים חשובים לטיוב הקרקע, כמו חומצות הומיות ופולביות, וכן לנטרול חומרים וגורמי חיים בעייתיים. היתרון הבולט ביישום קומפוסט בגידול ירקות, לעומת היישום של זבל טרי, מתבטא במניעת העברת מחלות קרקע וזרעי עשבים. כמו כן, זבל אורגני טרי צורך חנקן זמין מהקרקע במהלך התפרקותו, ולכן עשוי להתחרות בגידול על מקורות החנקן.

### מטרות יישום הקומפוסט

**היבטים חקלאיים:** עידוד פעילות מיקרואורגניזמים בקרקע; אספקת יסודות הזנה בשחרור איטי; יצירת עמידות בפני פגעי קרקע; הגדלת שטח הפנים הסופח של הקרקע; מניעה של יצירת קרום; שיפור ניקוז הקרקע, ובקרקעות קלות גם שיפור תאחיזת מים בקרקע; הפחתת נזקי בורון.

**היבטים סביבתיים מקומיים וגלובליים:** מיחזור - הפיכת פסולת למשאב; נטרול גורמי מחלה לאדם, לחי ולצומח; קיבוע חומר אורגני בקרקע - הקטנת פליטות גזי חממה, שיפור מבנה הקרקע והקטנת סחף, הקטנת הצורך בחומרי הדברה וחיטוי.

קומפוסט ניתן להכין ממגוון פסולות אורגניות. בארץ מקובל השימוש בקומפוסט העשוי מתערובות של זבלי בעלי חיים, בעיקר מזבל פרות ועופות, בתוספת גזם מרוסק וקש כמקור פחמן. בנוסף, מתפתחת לאחרונה תעשייה של קומפוסטים העשויים מאשפה ביתית ומבוצת שפכים כתחליף לזיהום הסביבה שהיא גורמת בהזרמתה לים. קומפוסט מפסולות תעשייתיות וביתיות מותר לשימוש בחקלאות רגילה, בהתאם למגבלות ולתקנות, אך נאסר בחקלאות אורגנית וליצוא לאירופה, על פי תקן GLOBAL GAP.

חומרי המוצא של הקומפוסט משפיעים מאוד על איכות המוצר הסופי, בעיקר על איכותו ההזנתית ועל תכולת המינרלים שבו, במיוחד החנקן. כמו כן, לתהליך ייצור הקומפוסט, לשיטת הייצור ולמידת הבשלתו יש השפעה רבה על איכותו ועל זמינות המינרלים לצמח.

### עיקר שלבי תהליך הקומפוסטציה

- ✓ **התחממות ראשונית;** שלב הנמשך ימים אחדים.
- ✓ **שלב תרמו-פילי** - זהו השלב החשוב ביותר, ובמהלכו נצרכות מרבית התרכובות הזמינות בקלות על ידי המיקרואורגניזמים. שלב זה אורך בין כמה שבועות לכמה חודשים, בהתאם לסוג החומר.
- ✓ **שלב מזופילי** - שלב זה מתחיל כאשר הטמפרטורה יורדת אל מתחת ל-40 מ"צ - טמפרטורה שבה יכולים להתחיל תהליכי ניטריפיקציה (מעבר חנקן מאמון לחנקה).
- ✓ **הבשלה** - שלב זה מתרחש בטמפרטורה הקרובה לטמפרטורת הסביבה. הוא נמשך כחודש, ובמהלכו מתאכלס הקומפוסט במיקרואורגניזמים המאפשרים את התפתחות תופעת דיכוי מחלות הצמחים.

## גורמים המשפיעים על הצלחת תהליך הקומפוסטציה ועל קבלת מוצר מוגמר בעל תכונות רצויות

- ✓ **טמפרטורת התהליך וקצב סילוק החום** - טווח הטמפרטורה האופטימלי בשלב התרמו-פילי הוא 55-60 מ"צ; טמפרטורה מעל 70 מ"צ עשויה לגרום לבערה עצמית ולהרס התוצר.
- ✓ **תכולת רטיבות** - חלקיקי הקומפוסט חייבים להיות עטופים במעטפת מים שבה פעילים המיקרואורגניזמים. הרטיבות נדרשת גם לצורך צינון הקומפוסט ולמניעת הגעתו לטמפרטורות גבוהות שאינן רצויות, משום שסילוק החום מתרחש ברובו בדרך של נידוף מים. בשלב התרמו-פילי תכולת הרטיבות הרצויה היא 55%, ולאחר מכן היא יכולה להיות נמוכה יותר.
- ✓ **אוויר** - הערמה חייבת להיות מאווררת. תהליך הקומפוסטציה תלוי חמצן. קירור הערמה מחייב חילוף גזים חופשי בין פנים הערמה לסביבתה החיצונית.
- ✓ **היחס הרצוי בין פחמן לחנקן (C/N)** - בתחילת התהליך הוא 25 ל-30; ובהבשלה - 10 ל-15.
- ✓ **ריכוז אוכלוסייה מיקרוביאלית** - דרך יעילה להעלאת ריכוז האוכלוסייה והמגוון שלה בקרקע היא באמצעות הוספת קומפוסט פעיל, אדמה פורייה או קומפוסט בשל בשיעור של עד 10% בתחילת התהליך.

## איכות הקומפוסט ובשלותו

הקומפוסט המקובל והמומלץ הוא קומפוסט בשל (קומפוסט שעבר תהליך קומפוסטציה במשך כ-3 חודשים), אשר סיים את תהליכי הפירוק המהירים ושהה במשך כחודש להתייצבות. קומפוסט בשל מתאפיין בטמפרטורה הדומה לטמפרטורת הסביבה (הוא לא יחזור להתחמם, גם אם יושם שוב בתנאי קומפוסטציה), בצבע חום כהה, בריח אדמה לאחר הגשם (אין לו ריח רע) ובהיותו פריך, לח ולא רטוב. קומפוסט שאינו בשל ועדיין חם עשוי להתחרות בצמח על מקורות חנקן וחמצן ועלול להכיל חומרים רעילים לצמחים, גורמי מחלות לאדם ולצמחים, וכן זרעי עשבים, ובפרט זרעי עשבים טפילים, כמו כשות ועלקת. קיים בשוק גם קומפוסט שעבר תהליך חומני חלקי וקורר בצורה יזומה. קומפוסט כזה יכול לשמש לתגבור הזנה, אך הוא חסר את תכונות הקומפוסט הנוספות, כמו תרומתו להתמודדות עם פגעי קרקע.

## בדיקות איכות קומפוסט

מומלץ לבקר באתר הקומפוסט ולבדוק את איכות הקומפוסט העתיד להגיע למשק. יש לדרוש תיעוד של תהליך הייצור ושל חומרי הגלם ומקורותיהם, וכן בדיקות ממעבדה מוסמכת של התוצר הסופי ומעקב אחר טמפרטורת הערמה.

### חשוב שהמגדל יבצע את הבדיקות שלהלן:

- ✓ **טמפרטורה** - מומלץ להצטייד בטרמומטר ידני ולבדוק את הטמפרטורה, אף כי גם בדיקה ידנית תספק תשובה סבירה (הטמפרטורה הרצויה של קומפוסט מוכן היא עד 10° מעל טמפרטורת האוויר).
  - ✓ **נוכחות זבובים** - ערמה המתופעלת כראוי תהיה נקייה מזבובים, אך ערמה שלא התחממה תמשוך אליה זבובים.
  - ✓ **רטיבות** - הקומפוסט בערמה חייב להיות לח - כ-60% לחות במהלך הייצור, ו-30%-40% לחות עם סיום הייצור בקומפוסט המוכן. במהלך הייצור ניתן לבחון את שיעור הלחות באמצעות נטילת חופן ליד ודחיסתו; אם מבצעות טיפות מים לאחר הדחיסה בכף היד, הרי שהלחות מתאימה (בקומפוסט מוכן לא תופענה טיפות המים).
  - ✓ **ריח** - לערמה צריך להיות ריח של אדמה פורייה לאחר הגשם. אם ריח הערמה אינו נעים ואף מסריח, הרי שהתפתחו בה תנאים אנאירוביים ותוצרה אינו מתאים לשימוש חקלאי.
  - ✓ **מרקם** - הקומפוסט צריך להיות מפורר לחלקיקים קטנים אך לא אבקתי. חומר המקור אינו צריך להיראות לעין.
  - ✓ **קומפוסט אשפה עירונית** - רצוי לוודא את ניקיון המוצר משברי זכוכיות ומחומרים רעילים (סוללות).
  - ✓ **קומפוסט בוצת שפכים** - רצוי לוודא מהו מקור הבוצה, מכיוון שקיימים הבדלים באיכות הבוצה, בעיקר כשהיא מאזורים תעשייתיים. לפיכך, בדיקה מקיפה של ריכוז המינרלים, כולל מתכות כבדות, היא חיונית ותבצע לפני רכישת הקומפוסט.
- קומפוסט מבוצת שפכים אסור לשימוש בחקלאות אורגנית ולחקלאים העומדים בדרישות היצוא בתקן GLOBAL GAP (קיימים ספים לכל המתכות הכבדות המותרות בקומפוסט; ראה טבלה בהמשך).**

## בדיקת מעבדה של קומפוסט בשל ("מוכן")

כדאי לבדוק בשטח את המשקל הנפחי באמצעות שקילה של 10 ליטר קומפוסט. קביעת המשקל הנפחי מאפשרת לייחס את בדיקות המעבדה לכמויות של יסודות הזנה שניתנו בקומפוסט. המדדים שלהלן הם התחומים המומלצים למדדים שונים בקומפוסט שאיכותו טובה. רצוי להיצמד ככל הניתן לערכים שבטבלה בבחירת הקומפוסט. כמו כן, ניתן לעיין בתקן ישראלי 801 של מכון התקנים משנת 2000, הניתן להורדה מאתר מכון התקנים.

### טבלת מדדי קומפוסט בשל

הערות	טווח ערכים מומלץ	מדד
יחס הגבוה מ-1 ל-20 מעיד על חומר שאינו מומלץ לשימוש	1/10-15	יחס פחמן לחנקן (N/C)
פחות מ-25% אינו מומלץ לשימוש	50%-40%	תכולת חומר אורגני
ככל שרמת החנקן יותר גבוהה, כך החלק הזמין למינרליזציה יותר גבוה. פחות מ-1.5% אינו מומלץ לשימוש.	4.0%-1.5%	חנקן כללי
רצוי שרמת החנקן תהיה גבוהה מרמת החנקן האמוניקאלי, אף שזה אינו מתקיים תמיד.	לפחות 100 ח"מ של חנקן חנקתי (N-NO <sub>3</sub> )	חנקן חנקתי (N-NO <sub>3</sub> )
נוכחות ניטריט - משמעה תהליך חסר חמצן (אנאירובי). הניטריט הוא חומר רעיל העלול לפגוע בשורשי הצמחים.	0 ח"מ	ניטריט (N-NO <sub>2</sub> )
בחקלאות אורגנית רצוי שערכי הזרחן לא יהיו גבוהים במיוחד, כדי למנוע הצטברות גדולה של זרחן בקרקע.	1.8%-0.8%	זרחן (P)
כשערכי האשלגן נמוכים, יש צורך לספק אשלגן במהלך הגידול גם לאחר יישום קומפוסט.	3.0%-0.4%	אשלגן (K)
כשרמת המוליכות גבוהה, מומלץ להיוועץ במדריך. סמן לתנאים אנאירוביים.	12-4 דציסימנס למטר	מליחות
	0 ח"מ	סולפיד
	8.5-7	pH
	פחות מ-1%	גופים זרים

בדיקת הקומפוסט לניקיון ממחלות, לפני יישומו בגידולים הרגישים למחלות, תיעשה במאמץ נגב - לאה צרור, טל' נייד: 050-6220133.

בדיקות כימיות מבוצעות בכל מעבדות שירות השדה ברחבי הארץ. מתכות כבדות ניתן לבדוק במעבדות שירות שדה בגילת ובנווה יער וכן במעבדות כמו בקטוכם.

### מתכות כבדות בקומפוסט

מתכות כבדות מהוות גורם זיהום המסכן את הסביבה ואת הגידול. כשנעשה שימוש בבוצות, יש להבטיח שרמת המתכות הכבדות תהיה נמוכה מהתקן. תכולת המתכות הכבדות עשויה להיות בעייתית, בעיקר בקומפוסטים שמקורם בבוצה ממתקני טיפול בשפכים המקבלים גם שפכי ביוב ממפעלי תעשייה. במקרה שנמצאו בקומפוסט מתכות כבדות - יש להיוועץ במדריך.

## טבלת ערכי מקסימום למתכות כבדות בקומפוסט (לפי תקן ישראלי 801, 2000)

מתכת	סמל	ריכוז מרבי (ח"מ)
אבץ	Zn	2500
כספית	Hg	5
כרום	Cr	400
נחושת	Cu	600
ניקל	Ni	90
עופרת	Pb	200
קדמיום	Cd	20

### יישום קומפוסט

כמות הקומפוסט המיושמת תלויה בהיסטוריה החקלאית של החלקה - כמה קומפוסט קיבלה ומתי; בתוצאות בדיקות הקרקע, בסוג הגידול המתוכנן להישתל או להיזרע בחלקה ובייעוד של הגידול (אורגני או רגיל). בגידולי שורה ניתן ליישם את הקומפוסט על פני הערוגות ולהצניע הצנעה שטחית בשכבת הקרקע העליונה לעומק של 10-20 ס"מ; כשלא ניכר כל יתרון להצנעה עמוקה יותר. בגידולי שדה בשטח פתוח נהוג לפזר את הקומפוסט על פני כל השטח בהצנעה שטחית בלבד. שימוש בכמויות גדולות של קומפוסט גורם להצטברות זרחן ואשלגן בקרקע. הצטברות הזרחן עלולה לגרום לתחרות בקליטת מיקרו-אלמנטים. מומלץ ליישם את הקומפוסט בתיחוח אחרון לפני חיטוי הקרקע ולאחר שטיפה מעודפי מלחים, כדי למנוע צורך בעיבודים העלולים לזהם את הקרקע המחוטאת, על אף שחיטויי הקרקע (כולל סולרי) עשויים לפגוע במיקרו-אורגניזמים של הקומפוסט, אך הם מתחדשים במהרה. אם יש חשש שהקומפוסט והקרקע מלוחים, מומלץ לבצע בדיקות קרקע ושטיפות בהתאם לתוצאות ובהמלצת מדריך.

### הכמויות המומלצות ליישום

בקרקע שלא הייתה בעיבוד חקלאי נדרשת כמות קומפוסט של כ-10 מ"ק לדונם; בקרקעות בממשק גידול אורגני יידרשו כ-5 מ"ק לדונם, כשהכמות ליישום תיקבע בהתאם למצב פוריות הקרקע, כפי שנצפה מתוצאות גידולים קודמים ומבדיקות קרקע; בקרקעות שאינן אורגניות נדרשים כ-5 מ"ק לדונם קומפוסט אחת ל-3-4 שנים.

### גידול בתעלות קומפוסט

לאחרונה הולך ומתפתח גידול מסחרי בתעלות קומפוסט כשיטה המאפשרת גידול בקרקעות שנחשבות בעייתיות. במקרים אלה חשוב להקפיד על יישום קומפוסט איכותי בכל המדדים שנידנו בדפון זה. כמו כן, יש להקפיד על הנקודות שלהלן:

- יש חשיבות גדולה לאנליזה עדכנית של מכסת הקומפוסט הנרכשת.
- עקב החשש מכך שהקומפוסט הנרכש עלול להיות בשל, מומלץ לרכשו לפחות חודשיים לפני מועד היישום בתעלות. ריכוזי החנקן (ניטרט) בקומפוסט המשמש כמצע בתעלות הזנה צריכים להיות לפחות 150 מיליגרם לליטר (או יותר מריכוז אמון).
- לפני השתילה בתעלות הקומפוסט יש לשטוף במנת מים של פי 3-5 מנפח המצע, ולוודא שערך המוליכות החשמלית ירד מתחת ל-2.0 E.C. במי משאב תמיסה המוצב בתחתית התעלה.

כל ההמלצות הכלולות בפרסום זה הן בגדר עצה מקצועית בלבד  
הוצל"א שה"מ \* המח' להמחשה \* עריכה: עדי סלוניקו \* גרפיקה: לובה קמנצקי