

שיטה חדשה למעקב אחר מליחות תמיסת הקרקע

מאת **אריה נדלר**, המחלקה לפיסיקה של
הקרקע, המכון לקרקע ומים, מינהל המחקר
החקלאי*

העבודה מדווחת על שש שנות מחקר ויישום של שיטה חדשה לקביעת מליחות תמיסת הקרקע. יתרונה של השיטה החדשה, שיטת "ארבע אלקטרודות", נובע מאי הפרת מבנה הקרקע או שינוי רטיבות הקרקע בעת המדידה. בשיטה זו מתאפשרות מדידות במספר בלתי מוגבל באותו מקום ממש.

מבוא

לא ניתן להפריז בחיבור הצורך לדעת את מליחות תמיסת הקרקע בקשר עם תופעות קרקעיות כגון שטיפה בעת טיוב קרקעות, הצטברות מלחים בבית-השרשים, ופחיתת יכולת תוצאה מהמלחת תמיסת הקרקע.

מבין השיטות הנהוגות כיום למדידת מליחות — מספקות שלוש את מירב התוצאות (ראה להלן). מכיון שהמלחים המומסים בכל תמיסה מוליכים זרם חשמלי בעת שמופעל עליהם מתח — יש קשר ישיר בין כמות המלחים המומסים בתמיסה לבין המוליכות החשמלית ליחידת נפח של תמיסה.

מקורה של השיטה החדשה, שיטת "ארבע אלקטרודות", הוא בשיטה גיאופיזית נפוצה לאיתור גופי מים או מרבצים הקבורים בעומק רב בקרקע. השיטה אומצה בידי רודס ואינגבלסון (1) כקנה-מידה שימושי בקרקע עד עומק 2 מ'.

יתרונות וחסרונות של השיטות הנפוצות למדידת מליחות

1. **מיצוי קרקע**, שיטה נפוצה. יתרונות: פשטות בביצוע הבדיקה, התוצאות ניתנות להשוואה בקלות עם תוצאות קודמות. חסרונות: הנתונים אינם מייצגים את ריכוזי המלחים בתמיסת הקרקע, אלא את כמות המלחים במדגם הקרקע; ככל שמדגם הקרקע פחות לח — ההפרש גדל; כמו כן תלוי הפרש זה בנוכחות מלחים קשי תמס מוצקים כגון גבס, גיר ודולמיט. משאבים. השיטה נפוצה מעט. יתרונות: מדידה בלתי אמצעית של תמיסת הקרקע; קיימת אפשרות לאנאליזה כימית מלאה. חסרונות: קשיים טכניים בעצם קבלת המדגם; שאיבת המדגם לתוך החרס משפיעה על זרימת המים בחתך הקרקע, ואז תיתכן קבלת מדגם בלתי מייצג.

* פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1983, מס' 1321.

3. **חיישני מליחות**. השיטה נפוצה מעט. יתרונות: נוחות במדידות שדה; המדידה מתייחסת ישירות למליחות תמיסת הקרקע. חסרונות: מחיר גבוה; כ-50% מהחיישנים הופכים לבלתי שמישים תוך שנה-שנתיים; מתחת לסף רטיבות מסוים — אין החיישן חש בהמלחה נוספת.

השיטה הנדונה מתאימה למדידות חוזרות של מליחות בחתך הקרקע, ללא הריסת המדגם, בזמן קצר ובדיוק רב. מטרת עבודה זו היא להציג את הגישה החדשה למדידת מליחות תמיסת הקרקע, על יתרונותיה וחסרונותיה.

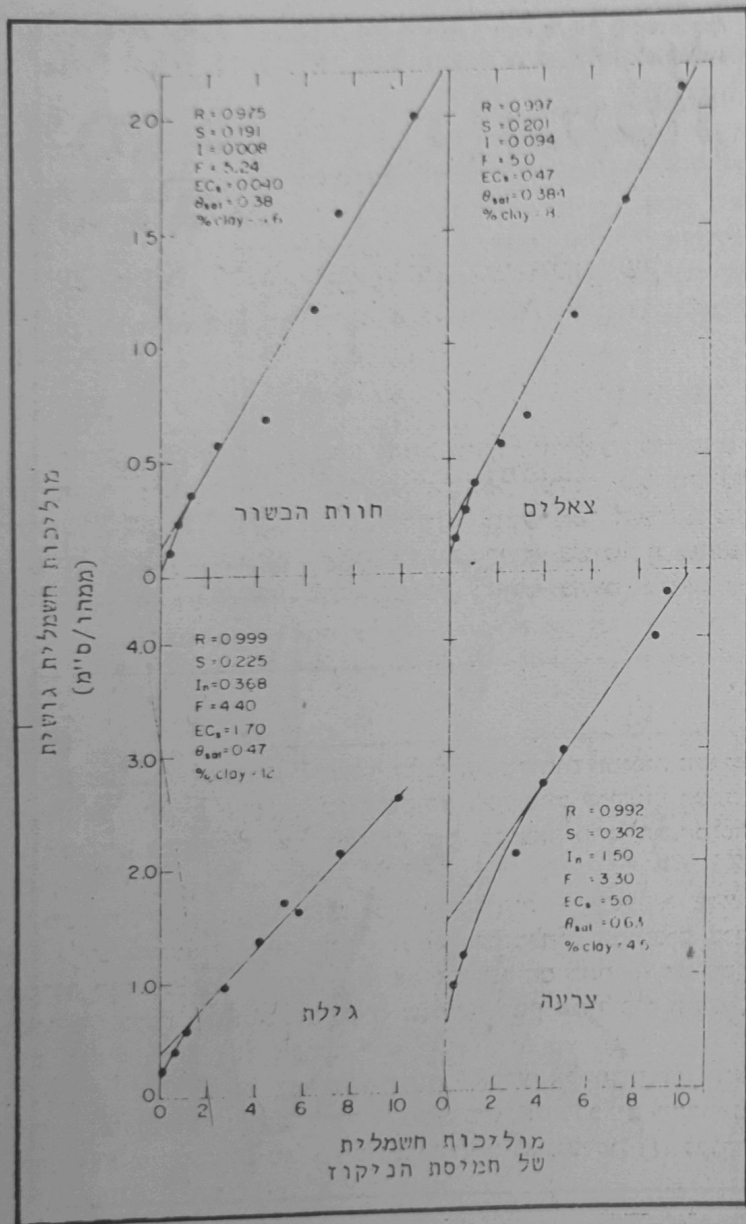
חמרים ושיטות

בבסיס השיטה, ומכאן אף שמה, מצויות ארבע אלקטרודות המסודרות על חומר בלתי מוליך בסידור גיאומטרי כלשהו, בדרך-כלל על קו ישר, בדיוק קבועים זה מזה. לאחר החדרת האלקטרודות לקרקע — מפעילים מתח חילופין על שתי האלקטרודות החיצוניות ומודדים את הזרם המושרה בין שתי האלקטרודות הפנימיות.

השיטה מנצלת את העובדה, שהמלחים המומסים בתמיסת הקרקע הם יונים טעונים מטענים חשמליים (חיובים ושליילים), וכל גוף טעון יכול להוליך זרם חשמלי. ככל שמליחות תמיסת הקרקע מרובה — משמע שמצויים בה יותר יונים, ולכן רבה יותר המוליכות החשמלית של גוש הקרקע.

גוש הקרקע יכול להוליך זרם חשמלי: א. דרך המלחים המומסים בתמיסת הקרקע; ב. דרך יונים חליפיים היושבים על שטח הפנים של חלקיקי הקרקע הטעונים חשמלית. את ערך המליחות של תמיסת הקרקע אפשר לחלץ מתוך התרומה של א' למוליכות החשמלית — כאשר ב' הוא כעין "רקע" אפייני לכל קרקע, ואשר אותו יש להפחית מסך כל המוליכות החשמלית.

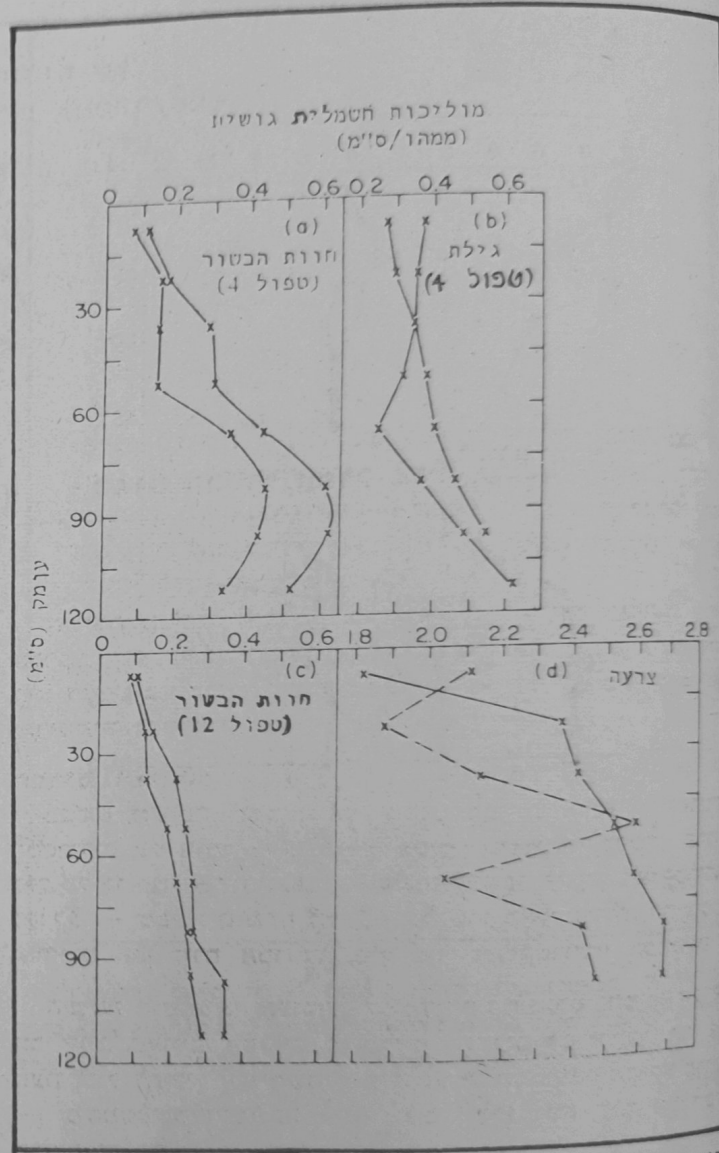
מדידות שדה. נבחרו חמישה מקומות בארץ, שבהם קרקעות מטיפוסים שונים ואשר הושקו במים בעלי מליחות שונה. בכל חלקה נערכו המדידות הבאות: בעזרת חיישן ארבע אלקטרודות נמדדה המוליכות החשמלית הגושית כפונקציה של עומק חתך הקרקע ברור-חיים של 15 ס"מ (דיאגרמה 1). מדגמי הקרקע שהוצאו בעת החדרת החיישן נאספו ושימשו לקביעת רטיבות הקרקע ולקביעת המליחות מתוך מיצוי המלחים ביחס של 1:1 (משקלית) מים:קרקע. משקלים שווים של אדמה יבשה ומים מזוקקים עורבבו כהלכה. באו במגע במשך כמחצית השעה, תוך גיעור מדי פעם בפעם. נמדדה המוליכות החשמלית של התמיסה שהופרדה מהמוצק על-ידי צנטריפוגה.



דיאגרמה 2. מוליכות חשמלית גושית של הקרקע (בממהו לס"מ) כפונקציה של ציה של מוליכות חשמלית של התמיסה המתנקזת מתחתית העמודה. ככל שאחוז החרסית גדל — נקודת החיתוך של ריכוז 0 ושיפוע הקו עולים.

שמונה אלקטרודות עשויות פלדת אל-חלד באורך 1.7 ס"מ ובקוטר 0.3 עם קצה מחודד סודרו ברווחים שווים ביניהן בהיקף עמודת הפרספקס. על-ידי בחירת צירופים שונים של ארבע האלקטרודות (למשל — ראשונה, שנייה, שלישית ורביעית; או שנייה, שלישית, רביעית וחמישית) — אפשר לקבל 5 מדידות בלתי תלויות של מוליכות חשמלית גושית של מדגם הקרקע הנבדק. המוליכות החשמלית הגושית נמדדה כאשר הושג מצב של הפרש יציב בין המוליכות החשמלית של תמיסת הכניסה ובין המוליכות החשמלית של התמיסה המתנקזת מן העמודה (דיאגרמה 2).

(המשך בעמוד הבא)



דיאגרמה 1. מדידות מוליכות חשמלית גושית בקרקע כפונקציה של העומק, לגבי 4 טיפולים. שתי החזרות שנמדדו בכל טיפול דומות — כאשר הקרקע אחידה יותר בתכונותיה (1, a, b, c) ושונות כאשר תכונות הקרקע שונות (1, d).

מדידות מעבדתיות. כיול הקרקע נעשה על-ידי מציאת הקשר בין מוליכות חשמלית של תמיסת הקרקע ובין מוליכות חשמלית גושית.

עמודות גליליות מפרספקס (בקוטר 5 ס"מ ובגובה 16 ס"מ כל אחת) מולאו באדמה יבשה ומנופה (נפה של 2 מ"מ) שנלקחה מחלק הניסוי בשדה. צפיפות האדמה הארוזה בעמודה היתה דומה לזו שבשדה, ובכל מקרה נמדדה בנפרד. האדמה בעמודות נשטפה בתמיסת סידן כלורי בריכוזים שונים (בקירוב 5, 10, 20, 25, 50, 75, 100 מילי-אקוואלנט לליטר). נפח השטיפה היה, בקירוב, פי 3 או 4 יותר גדול מנפח הנקבובים.

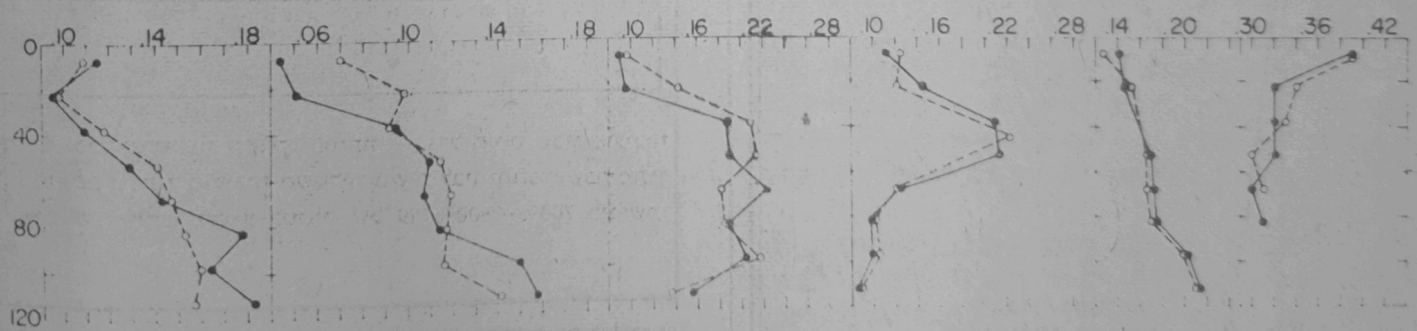
שיטה חדשה למעקב אחר מליחות תמיסת הקרקע

(המשך מעמוד קודם)

מוליכות חשמלית של
תמיסת הקרקע (ממהו/סמ)



רטיבות נפחית



העומק לגבי הטיפולים השונים. בכל טיפול נמדדו שתי חזרות, וה' מסומן בעומק 0 (כלומר שטח פני הקרקע) מייצג את המוליכות החשמלית של מיההשקיה.

שורת עקומים אמצעית: כמ"ל, להוציא העובדה שהמוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע חושבה מתוך מדידות מוליכות חשמלית של מיצוי 1:1 של מדגם הקרקע.

שורת עקומים תחתונה: התפלגות הרטיבות הנפחית כפונקציה של העומק באותם קידוחים שבהם נעשו המדידות שדווחו לעיל. בולטות שתי עובדות: א) ב-40 ס"מ העליונה, המוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע קרובה יותר לזו של תמיסת מיההשקיה מאשר זו המחושבת מתוך מיצוי; ב) ככל שהרטיבות מרובה — גדל הדמיון בין המוליכות החשמלית המחושבת בשתי השיטות.

דיאגרמה 3. שורת עקומים עליונה: מוליכות חשמלית של תמיסת הקרקע מחושבת מתוך מוליכות חשמלית גושית, מדודה בקרקע כפונקציה של

תוצאות

האדמות שבהן נעשו המדידות הושקו במי ברז, במים מליחים ובמי קולחים מטופלים, שהיו בעלי תחום מליחות רחב. בכל טיפול נעשו שני קידוחים להחדרת חישן ארבע האלקטרודות, ברווח כדי מטר אחד ביניהם. ערכי המוליכות החשמלית הגושית שנמדדו דומים בשתי החזרות, כשחתך הקרקע הומוגני (דיאגרמה 1-c), והם שונים זה מזה כשהקרקע בלתי אחידה (d1).

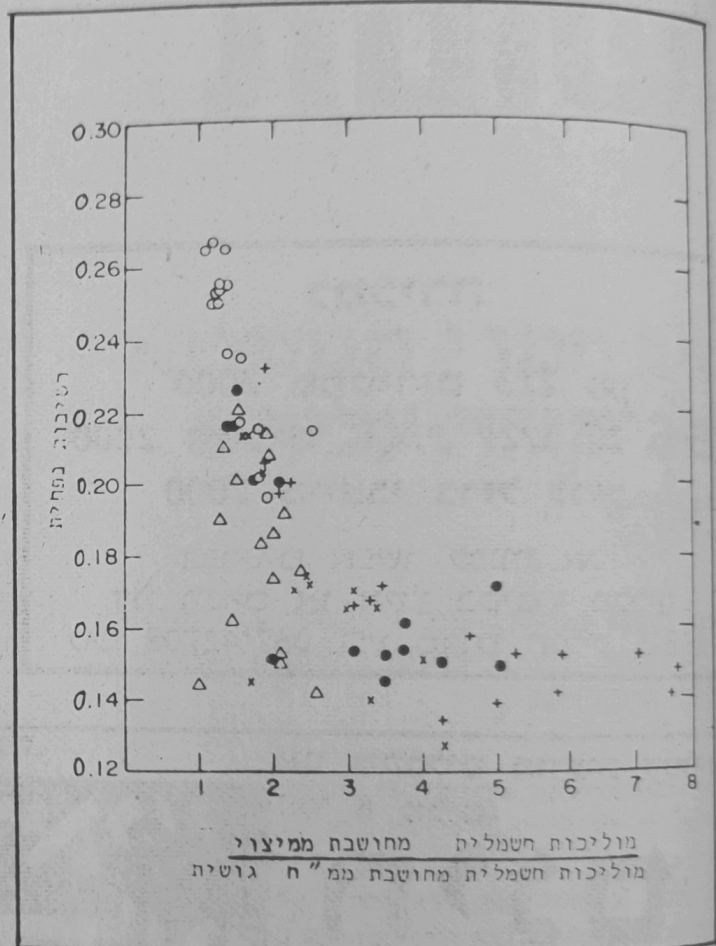
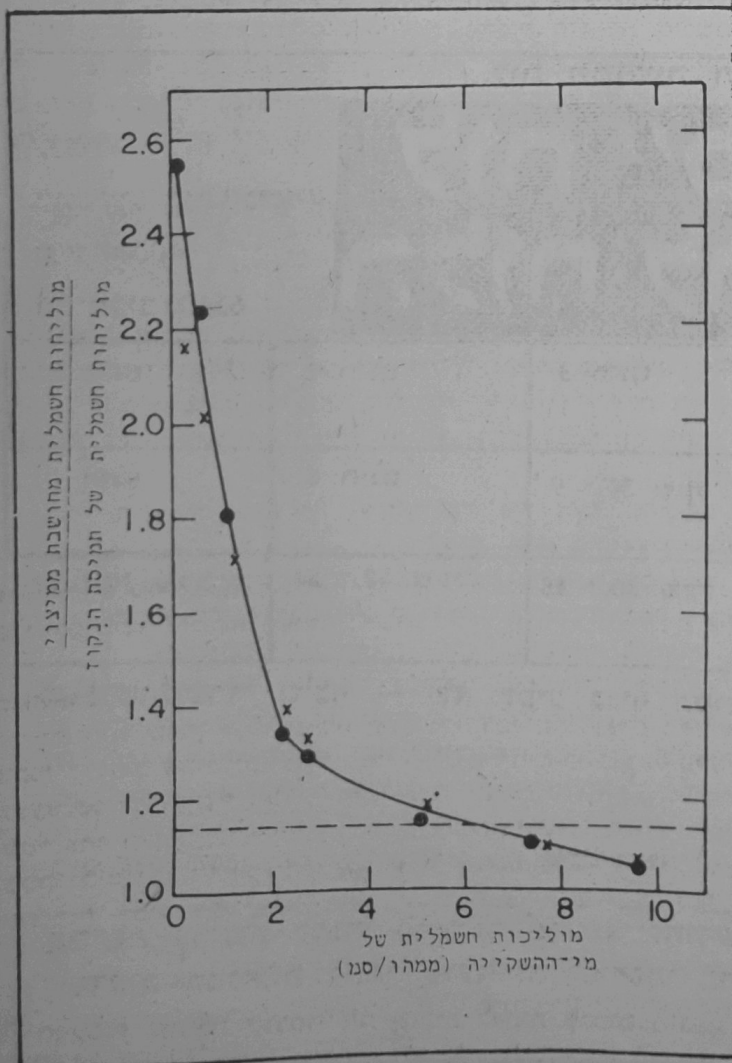
מוליכות חשמלית של תמיסת הקרקע, שחושבה ממדידות שדה של מוליכות חשמלית גושית בהשוואה למוליכות חשמלית של תמיסת הקרקע שחושבה ממיצוי 1:1, מוצגת יחד עם התפלגות הרטיבות עם העומק — בדיאגרמה 3.



המחושבים על-פי שתי הדרכים אפשר לקבל בהשוואת אותם ערכים לגבי השכבות הקרובות לשטח הפנים של הקרקע — לערכי מוליכות חשמלית של מי ההשקיה.

ככל שהשכבה רדודה יותר — כמויות המים השוטפות אותה גדולות יותר, ולכן גובר הסיכוי שהתמיסה בין גרגרי הקרקע תהיה דומה יותר בהרכבה למי-ההשקיה. ואכן, בכל המקרים שנעשתה מדידה, המוליכות החשמלית של תמיסת הקרקע המחושבת ממוליכות חשמלית גושית — קרובה בערכה למוליכות חשמלית של מי ההשקיה, בהשוואה למוליכות חשמלית מחושבת מתוך מיצוי.

דיאגרמה 5. ככל שגדלה המוליכות החשמלית של מי-ההשקיה — גדלים ההפרשים בין זו המחושבת, זו הגושית וזו שנמדדה בתמיסת הניקוז. בערכי מי-ההשקיה של מי מודל ההפרש הוא 100%, בקירוב.



דיאגרמה 4. ככל שרטיבות הקרקע פוחתת — גדל היחס שבין מוליכות חשמלית מחושבת מתוך מוליכות חשמלית גושית לבין זו המחושבת מתוך מיצוי. שים לב, שיתכן להגיע לסטייה של עד 600%–700% בין שתי השיטות.

דיון

ערכי מוליכות חשמלית של תמיסת הקרקע שחושבו ממוליכות חשמלית גושית — תמיד קטנים מאלו שחושבו ממוליכות חשמלית של מיצוי. ההפרש מוסבר בשני גורמים:

1. סך כל תכולת המלחים בקרקע;
 2. תכולת רטיבות הקרקע בעת המדידה החשמלית.
- היחס בין מוליכות חשמלית של תמיסת הקרקע מחושבת מתוך מיצוי הקרקע לבין זו המחושבת מתוך מוליכות חשמלית גושית — מתקרב ליחידה ככל שהרטיבות מרובה ומתקרבת לרוויה (דיאגרמה 4). היחס הזה הולך וגדל עם ההגדלה בתכולת המלחים (השווה בין צאלים מלוח לצאלים מתוק, דיאגרמה 5).

פחיתה בתכולת רטיבות בגלל התאדות וצריכת מים על-ידי הצמח — מלווה בהגדלת תמיסת הקרקע. לזה יכולה להתלוות שקיעת מלחים מוצקים ויצירת זוגות-יונים ניטרליים (חשמלית), ובכך להקטין את המיתאם בין מליחות תמיסת הקרקע האמיתית לבין המליחות על-ידי מיצוי. השפעה זו הולכת וגדלה ככל שהמליחות ההתחלתית של הקרקע מרובה יותר. אמת-מידה מוחלטת לבדיקת טיב הערכים

שיטה חדשה למעקב אחר מליחות תמיסת הקרקע (המשך מעמוד קודם)

סיכום

הוצגה שיטה חדשה למדידת התפלגות המליחות בחתך הקרקע. לאחר השקעת מאמץ לא מבוטלת להבנת השיטה, רכישת ציוד (2) וכיול הקרקע — אפשר לקבל במהירות ובמאמץ מזערי תוצאות העולות בדיוקן ובמהימנותן על אלו המתקבלות בשיטות המקובלות (3).

לשיטה יתרון במקרים של נוכחות גבס, מליחות מרובה, או כאשר יש דרישה לדיוק רב (בחממות, למשל). מעל לכול, לשיטה עדיפות בעת הצורך לערוך מדידות חוזרות-ונשנות בקרבת בית השרשים ללא גרימת שום נזק לגידול. פרטים טכניים בקשר עם אפשרות בנייה או רכישת הציוד — אפשר לקבל אצל המחבר.

ספרות

1. Rhoades J.D. and R.D. Ingvalson (1971). S.S.S. Am. Proc. 35: 54—60.
2. Nadler Arie, M. Magaritz, Y. Lapid and Y. Levy (1982). S.S.S. A.J. 46: 661—663.
3. Nadler Arie (1981). S.S.S. A.J. 45: 30—34.

למכירה

2000 ממטירים 213 נען
2000 זקיפים P.V.C. 20 1/2" ס"מ
2000 מייצבי ברזל לנ"ל.

בפרטים אפשר לפנות אל:
דני תמים או אילן בקיבוץ מלכיה
טל' 067-42708 ד"נ מרום הגליל 13845

לוח המודעה הקטנה.

אנו מקבלים מודעות קטנות
(עד 8 מלים)

חינם

כל מלה נוספת - 30 שקל,
כולל מע"מ.

לוח "כדאי" הלוח לחקלאי

לכבוד

"השדה" לוח "כדאי"

ת"ד 40044

תל-אביב 61400

| 1 חינם | 2 חינם | 3 חינם | 4 חינם | 5 חינם | 6 חינם |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 7 חינם | 8 חינם | 9 - 30 שקל | 10 - 30 שקל | 11 - 30 שקל | 12 - 30 שקל |
| 13 - 30 שקל | 14 - 30 שקל | 15 - 30 שקל | 16 - 30 שקל | 17 - 30 שקל | 18 - 30 שקל |

לשמוש משרדי בלבד — לא יופיע בגוף המודעה

שם:

טלפון:

רצ"ב שיק מס' ע"ס שקל בעבור מלים נוספות לפי - 30 שקלים (עד 8 מלים חינם).

מודעות צריכות להגיע למערכת עד 15 לחודש, לפרסום באותו חודש
(מודעות המגיעות לאחר מועד זה יפורסמו בחודש הבא)
המערכת שומרת לעצמה את הזכות לדחות פרסום מודעה מבלי לנמק את הסיבה (במקרה זה התשלום יוחזר למזמין).