

השפעת גבס וגודל התלכידים על חידור מים בקרקע גרומוסול נתרנית

ר' קרן, י' מוריץ, י' שינברג

תקציר

ההשפעות של גודל תלכיד הקרקע, רמת הנתרן ושיעור הגבס על פני הקרקע על שיעור חידור המים של קרקע גרומוסול נבחנו בתנאי שדה, במכשיר להדמיית גשם. נמצא כי השפעת הנתרן הספוח על כמות המים (המזוקקים) הדרושה להשגת שיעור חידור של 20 מ"מ לשעה (ערך זה נבחר לצרכי השוואה בלבד), בהעדר גבס, גדולה בקרקע בעלת תלכידים גדולים (2-4 ס"מ) מאשר בקרקע עם תלכידים קטנים (1 ס"מ). לעומת זה, בנוכחות גבס היתה לגודל התלכידים השפעה קטנה בלבד על כמות המים שנדרשה להשגת שיעור חידור זה. שיעור החידור במצב עמיד (Steady state) ובהעדר גבס לא הושפע מגודל התלכידים אך היה תלוי בשיעור הנתרן הספוח. שיעור החידור במצב עמיד ובנוכחות גבס היה תלוי בגודל התלכידים. שיעור זה בקרקע בעלת תלכידים גדולים היה נמוך מזה שהתקבל בקרקע בעלת תלכידים קטנים. שיעור נמוך זה נבע מהרס התלכידים במהלך סופת הגשם ומכיסוי פני-הקרקע בשכבה שאינה מכילה גבס על פניה.

מבוא

שיעור חידור גבוה של הקרקע למי-גשמים חשוב הן בחקלאות בעל והן בחקלאות שלחין. תלכיד קרקע הנמצאים על פני הקרקע משפיעים על שיעור חידור המים שלה. נמצא שכמות המים החודרת לקרקע חרושה, עד תחילת היווצרותו של נגר בקרקע, גדולה פי 20 מזו שחודרת לקרקע שאינה מעובדת (2, 10). הבדל זה נובע מהגדלת יכולת איגום המים של הקרקע החרושה מצד אחד, ומהגדלת שטח פני-הקרקע הבא במגע עם המים מצד אחר (6). תלכידים חסרי-תמיכה המצויים על פני הקרקע נוטים להתמוגג יותר מן התלכידים הנמצאים בתוך הקרקע, בגלל התנגשות טיפות המים בהם. מולדנהאור וקמפר (14) בדקו את השפעת גודל התלכידים על יכולת החידור הסופי של מיני קרקעות ומצאו שזו של קרקע בעלת תלכידים גדולים היתה נמוכה מזו שהכילה תלכידים קטנים, ואלו בקרקע אחרת היתה ההשפעה הפוכה. בעבודתם,

מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, סדרה ע', 1988, מס' 22.

1 המחלקה לכימיה פיסיקלית, המכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית-דגן.

2 התחנה לחקר הסחיף, האגף לשימור הקרקע, עמק חפר.

אין הם מתייחסים כלל להרכב היונים החליפים בקרקעות ולהשפעתם על יציבות התלכידים ועל יכולת חידור המים של הקרקע. יכולת החידור של קרקע יציבה קטנה במהלך חדירת המים בגלל ירידה במפל פוטנציאל המים (3, 16), ואילו יכולת החידור של קרקע בעל מבנה לא יציב מושפעת בעיקר משינויים שחלים בקרקע ומיצירת קרום על פניה (4). למרות שעוביו של קרום זה קטן (מילימטרים אחדים), הקטנת מוליכותו ההידראולית משפיעה במידה משמעותית על יכולת חידור המים של הקרקע.

חדירות הקרקע למים מושפעת מהרכב היונים החליפים הספוחים על פני החרסית ומריכוז המלחים בתמיסה העוברת בקרקע. חדירות זו נוטה להצטמצם עם עליית ריכוז יוני הנתרן בפאזה הסופחת, ועם ירידת ריכוז המלחים בתמיסה החדרת (1, 13, 17). פחיתה זו ביכולת החידור של הקרקע נובעת - מהקטנת קוטר הנקבובים שבה בשל תפיחת חרסית, משקיעתה בנקבובים הצרים, לאחר הסעתה עקב פיזור (7), ומיצירת קרום על פני הקרקע (12). פיזור החרסית מתרחש רק כאשר ריכוז המלחים של תמיסת הקרקע הוא מתחת לערך הפלוקולציה, התלוי בהרכב היונים החליפים. לפיכך, כשמשמשים במי השקיה שריכוז המלחים בהם נמוך מערך הפלוקולציה של חרסית הקרקע, בהרכב נתון של יונים ספוחים, יש לנהוג במימשק קרקע נכון כדי להקטין את הירידה במוליכות ההידראולית של הקרקע ולהפחית את נטייתה ליצור קרום.

גבס המוסף לקרקע נתרנית שהושקתה במים בעלי ריכוז מלחים נמוך מערך הפלוקולציה של החרסית גורם עלייה במוליכות ההידראולית ועלייה בחדירות הקרקע למים (8, 9, 11). השפעת הגבס על יכולת חידור המים של קרקע נתרנית נובעת הן מהעלאת ריכוז המלחים בתמיסת הקרקע והן מחילוף יוני הנתרן הספוחים ביוני סידן שמקורם בגבס המתמוסס. נמצא שפוספוגבס (גבס שהוא תוצר לוואי של תעשיית החומצה הזרחתית) יעיל יותר מגבס מחצבי בשמירת יכולת חידור גבוהה של מים (8). יעילות גבוהה זו היא תוצאה של מקדם שיעור התמוססות גבוה שיש לגבס הזה, שהוא פי עשרה משל גבס מחצבי.

פעולתו של הגבס במניעת התפתחות קרום מותנית בנוכחותו על פני הקרקע. לפיכך, גודל תלכיד הקרקע וקצב הריסתם במהלך ההשקיה או הגשם עשויים להשפיע על יכולתה להחדיר מים. הנחה זו נבדקה במחקר המתואר במאמר זה. מטרת המחקר היתה לבחון את השפעות גודל התלכידים, שיעור הנתרן הספוח ונוכחות גבס במים החדרים לקרקע על שיעור חידור המים של קרקע גרומוסול.

חומרים ושיטות

ניסויי שדה נערך בקרקע גרומוסול בכפר מנחם. מאחר ששיעור החידור של

קרקע מתקרמת נקבע בעיקר על-ידי המוליכות ההידראולית של קרום הקרקע, נבחנו תכונות הקרקע בשכבה 0-30 ס"מ בלבד. הרכבה המכני של הקרקע בשכבה זו הוא: 47.2% חרסית (מונטמורילוניט), 21.8% אבק ו-31.0% חול, ותכולת הגיר היא 15.4%.

שתי חלקות-שדה שהיו מרוחקות כ-50 מטר בלבד זו מזו, והיו שונות בהרכב היוניים הספוחים של הקרקע, נבחרו לניסוי הנ"ל. הקרקע נלקחה מהשכבה העליונה (0-30 ס"מ), מנקודה אחת בכל אחת מחלקות הניסוי, ונופתה דרך שורת נפות כדי להפריד בין תלכידים משני תחומי גודל: פחות מ-1 ס"מ ו-2-4 ס"מ. הכנת מאגרי התלכידים שנלקחו מנקודה אחת בכל חלקת-ניסוי נועדה להקטין את השונות שבין התלכידים מבחינת הרכב היוניים החליפים. ערכי הנתון הספוח שנבחנו היו: 13.8%-23.9%.

בכל חלקת-ניסוי פוזרו על פני הקרקע תלכידים יבשים (ייבוש אוויר) בעלי שיעור נתון ספוח נתון מאותה חלקת ניסוי. הפיזור נעשה בעובי של 15 ס"מ, בחלקות קטנות שגודלן 1.25 מ"ר. הקרקע נחשפה לגשם מלאכותי של מים מזוקקים (דימוי של מי-גשם), בשיעור של 37 מ"מ לשעה, בעזרת דמיון-גשם (15). שיעור הנגר מהחלקות נמדד באופן רציף במהלך הגשם, ושיעור החידור חושב מנתוני הנגר ומשיעור הגשם. שיעור הגשם נמדד מתוך הנגר שהתקבל מחלקות שהיו מכוסות ביריעות פלסטיק.

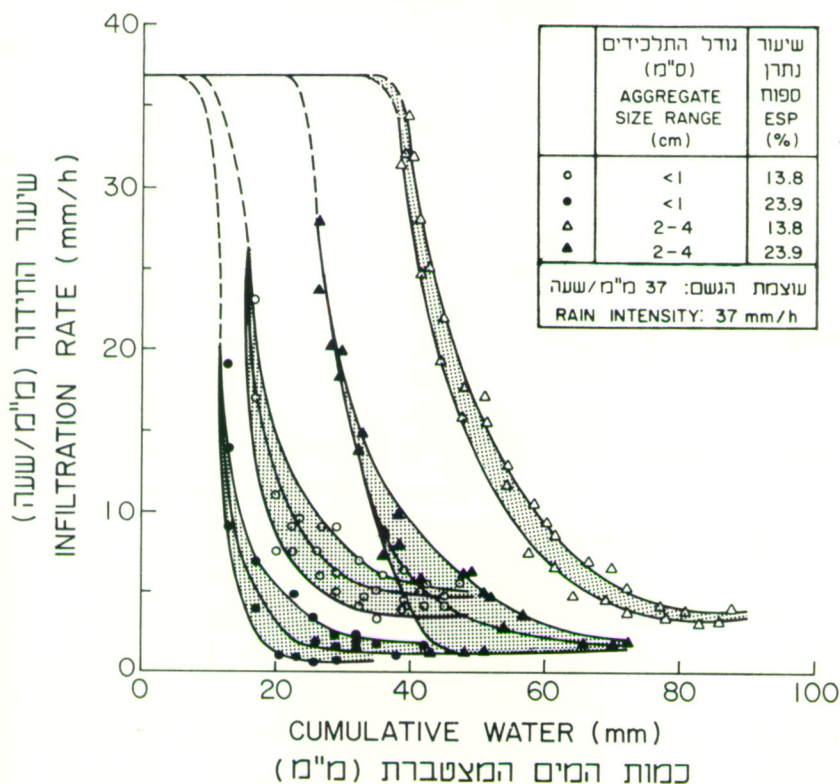
השפעת הגבס על יכולת החידור של הקרקע נבדקה בתלכיד-קרקע משני הגדלים, ובשני ערכים של שיעור הנתון הספוח (טיפול מס' 1-4, טבלה 1 להלן). הגבס (אבקה) פוזר על פני התלכידים לפני חשיפתם לגשם, בשיעור של 2 טון לדונם; זוהי הכמות המתמוססת במים החודרים לקרקע (מי גשם ומי השקיה) במשך שנה. כל טיפול נבחן בשתי חזרות לפחות.

תוצאות ודיון

השפעת גודל התלכידים ושיעור הנתון הספוח (שני"ס) על שיעור חידור המים של הקרקע, בתלות בכמות הגשם, מתוארת באיור 1. כצפוי, כמות המים המזערית הדרושה ליצירת נגר בקרקע בשיעור נתון ספוח נתון, היתה גדולה יותר בנוכחות תלכידים גדולים מזו הדרושה בנוכחות תלכידים קטנים. מאחר שקיים אי-דיוק בקביעת ערך זה נבחרה כמות המים הדרושה להשגת שיעור חידור של 20 מ"מ לשעה במטרה להשוות בין הטיפולים השונים (טבלה 1). השוואה זו התאפשרה משום שהתפלגות טיפות הגשם ועוצמת הגשם נשמרו קבועים במהלך הניסוי. כמות הגשם הדרושה להשגת שיעור חידור של 20 מ"מ לשעה, בשני גודלי תלכידים, בשני שיעורי נתון ספוח ובהעדר גבס נתונה בטבלה 1. התברר שכמות המים הדרושה למיגוג

התלכידים הגדולים גדולה מזו הדרושה למיגוג התלכידים הקטנים. לכן, יכולת האיגום של פני-קרקע המכילה תלכידים גדולים, גדולה מזו של קרקע המכילה תלכידים קטנים.

מים מזוקקים DISTILLED WATER



איור 1: שיעור החידור של קרקע חרסיתית בעלת תלכידים משני תחומי-גודל (2-4 ס"מ, <1 ס"מ) ובשני שיעורי נתרן ספוח, כתלות בכמות המים שהומטרה במכשיר להדמיית גשם.

Fig. 1: Infiltration rate of clay soil at two aggregate size ranges and two ESP levels, exposed to simulated rain, as a function of the cumulative rain.

טבלה 1: כמות הגשם הדרושה להשגת שיעור חידור של 20 מ"מ לשעה,

בשני גדלי תלכידים ובשני ערכי נתון ספוח

Table 1: Amount of rain required to obtain an infiltration rate (IR) of 20 mm/h at two ranges of aggregate size and two ESP values

כמות המים המצטברת עד לשיעור חידור של 20 מ"מ לשעה (מ"מ) Cumulative amount of water up to IR of 20 mm/h (mm)		שיעור הנתון הספוח ESP (%)	תחום גודל התלכידים (ס"מ) Aggregate size (cm)	מס' הטיפול Treatment no.
בנוכחות גבס* Gypsum*	ללא גבס Control			
42	12	23.9	1 - 0	1
42	16	13.8	1 - 0	2
42	29	23.9	4 - 2	3
47	45	13.8	4 - 2	4

* Applied at the rate of 20 t/ha.

* גבס בשיעור של 2 טון לדונם.

אם הכמות הדרושה להשגת ערך חידור של 20 מ"מ לשעה היתה תלויה רק בגודל התלכידים, היא היתה צריכה להיות זהה בשני שיעורי הנתון הספוח. התוצאות מוכיחות (טבלה 1) שגם לשיעור הנתון הספוח יש השפעה רבה על כמות זו, והיא גדלה ככל שקטנים שיעורי הנתון הספוח. השפעת הנתון הספוח על כמות המים הדרושה לקבלת שיעור חידור של 20 מ"מ לשעה נובעת מהרס תלכידים במהלך הגשם ומיצירת קרום על פני הקרקע, שמוליכותו ההידראולית נמוכה מזו של גוף הקרקע.

עוד נמצא שיכולת חידור המים של הקרקע קטנה באופן תלול במהלך הגשם לאחר שבירת התלכידים (איור 1). הירידה התלולה בשיעור חידור הקרקע במצב עמיד (Steady state) הושפעה רק משיעור הנתון הספוח ולא מגודל התלכידים התחילי. ערך החידור במצב עמיד היה 1.5 ו-4.0 מ"מ לשעה בקרקעות בעלות שיעורי נתון ספוח של 23.9% ו-13.8%, בהתאמה. קמפר וקוך (5) מצאו מיתאם בין תכולת החרסית בקרקע ובין יציבות התלכידים. הם סברו שחלקיקי חרסית משמשים כחומר הדבקה וגורמים ליציבות התלכידים. הדבקה זו יכולה להסביר, אולי, את

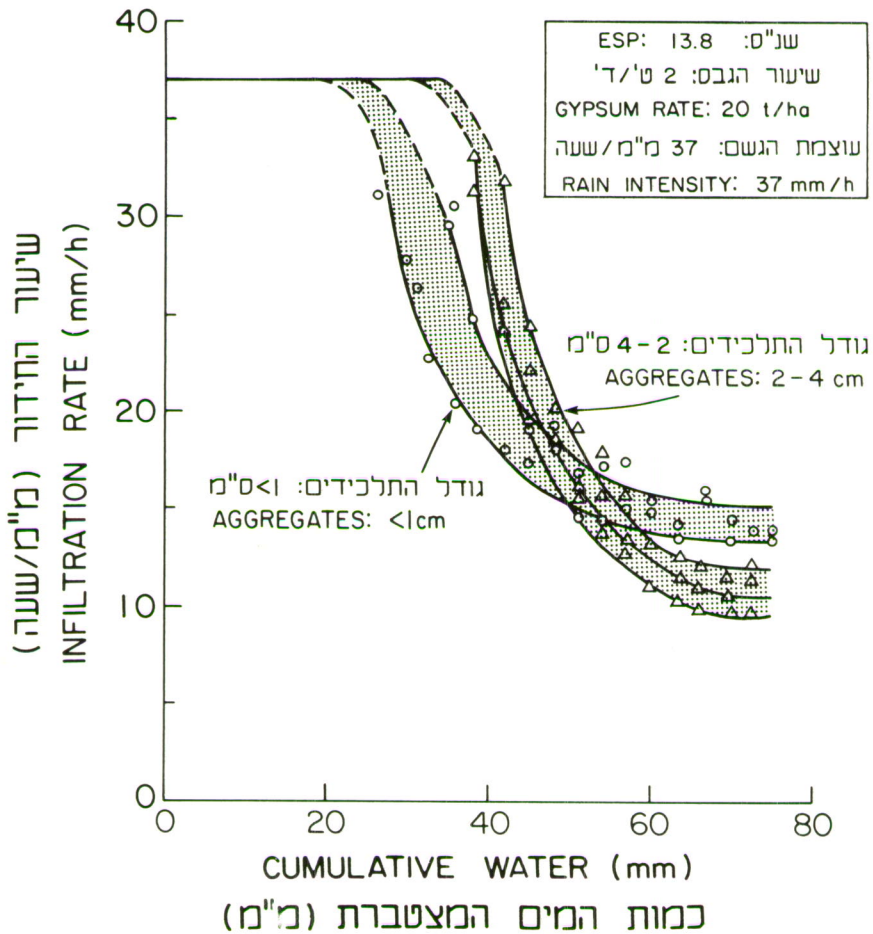
הערך הגבוה באופן יחסי של החידור שהתקבל במצב עמיד כאשר שיעור הנתרן הספוח היה 13.8%. למרות זאת, כאשר שיעור יוני הנתרן הספוח עלה ל-23.9%, היתה השפעת החרסית על יציבות תלכיד הקרקע קטנה בהרבה בגלל כוחות הדחייה שבין חלקיקי החרסית הפועלים בנוכחות יוני נתרן ספוחים; מכאן הערך הנמוך של יכולת חידור המים של הקרקע.

כמות המים שנדרשה להשגת שיעור חידור של 20 מ"מ לשעה, בנוכחות גבס, היתה 42 מ"מ בשלושת הטיפולים הראשונים (ראה טבלה 1), והיא גדולה בהרבה מזו שהתקבלה בהעדר גבס. לעומת זאת, בטיפול הרביעי (גודל חלקיקים בתחום של 2-4 מ"מ ושיעור יוני נתרן ספוחים של 13.8%) לא היה הבדל משמעותי. גבס בתמיסה יכול לייצב את תלכיד הקרקע ולהקטין את קצב הריסותם בגלל הגדלת ריכוז האלקטרוליט בתמיסה החודרת. בעוד שהתלכידים הקטנים התמוגגו במהירות רבה באופן יחסי בהעדר גבס, חלה האטה ניכרת בשיעור ההתמוגגות בנוכחות הגבס. מאחר שחסיפוס פני-הקרקע היה רב בתחילת החשיפה לגשם, ומכיוון שהתלכידים היו יציבים בנוכחות גבס, היתה לגודל התלכידים השפעה קטנה על כמות המים הדרושה להשגת שיעור חידור של 20 מ"מ לשעה. השפעתו הקטנה של הגבס על כמות המים הדרושה להשגת ערך זה בקרקע בעלת התלכידים הגדולים, והשיעור הנמוך של יוני הנתרן הספוחים, נובעים מיציבותם הגדולה באופן יחסי של תלכיד קרקע אלה.

השפעת הגבס על יכולת חידור המים של הקרקעות שהכילו תלכידים משני תחומי גודל ובשני ערכי נתרן ספוח מתוארת באיורים 2 ו-3. מתברר שהגבס העלה את שיעור החידור של הקרקע במצב עמיד; שיעור חידור ממוצע של קרקע בעלת 13.8% יוני נתרן ספוחים היה 14 מ"מ/שעה לתלכידים קטנים ו-11 מ"מ/שעה לתלכידים גדולים (איור 2), לעומת 4 מ"מ/שעה באותה קרקע, בלא גבס ובלא תלות בגודל התלכידים. תגובה דומה התקבלה בקרקע בעלת אחוז גבוה של יוני נתרן ספוחים (23.9%), אך ערכו של שיעור החידור שלה היה יותר נמוך. בקרקע בעלת שיעור יוני נתרן ספוחים של 13.8% היה שיעור החידור 11.6 ו-5.5 מ"מ/שעה לתלכידים הקטנים והגדולים, בהתאמה (איור 3). ערכים אלה גבוהים מהערכים שהתקבלו באותה קרקע אך בהעדר גבס (1.5 מ"מ/שעה).

בעוד ששיעור החידור של קרקע במצב עמיד, בשני שיעורי הנתרן הספוח ובהעדר גבס, לא הושפע מגודל התלכידים התחילי (איור 1), היתה לגודל התלכידים השפעה ניכרת על שיעור החידור בנוכחות גבס (איורים 2-3). הבדל זה נבע מהרס תלכידים ומפיזורם על פני השטח שהיה מכוסה בגבס. בשטח זה חלה ירידה חדה בשיעור החידור כתוצאה מהתפתחות קרום קרקע שמוליכותו ההידראולית היתה נמוכה מזו של פני-הקרקע שהיה בהם גבס.

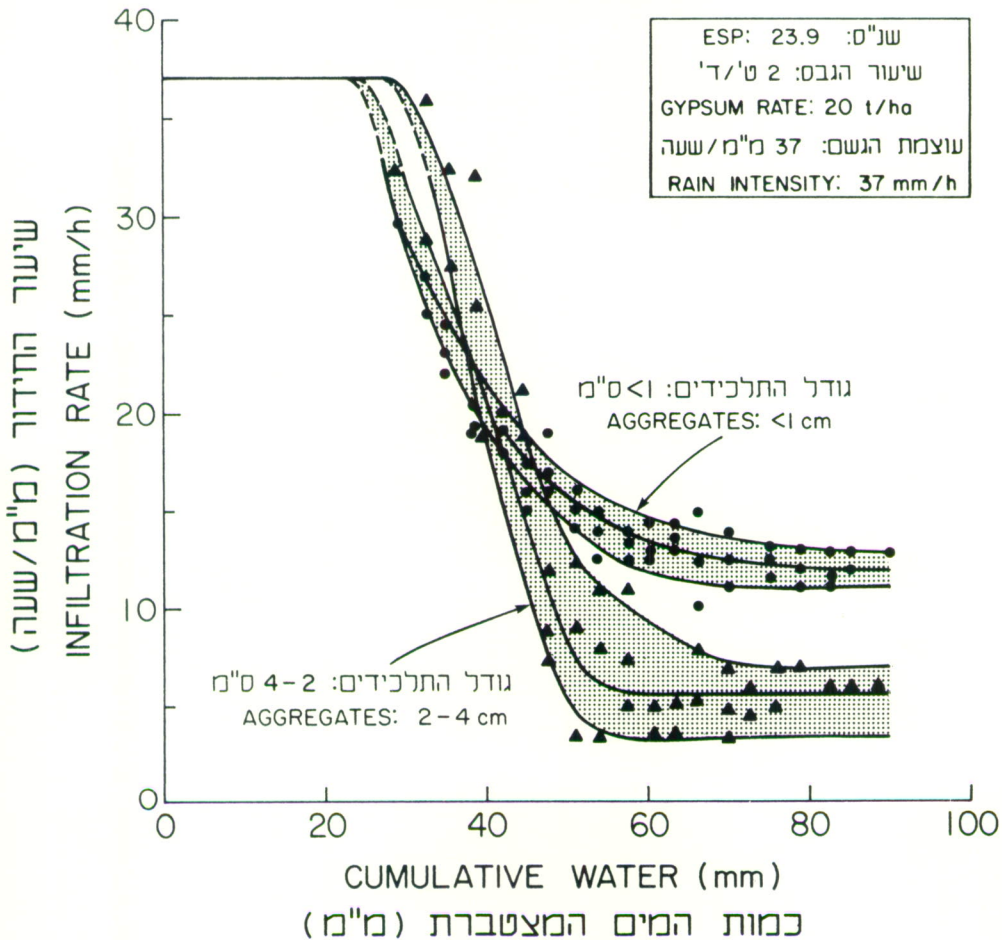
מים מזוקקים DISTILLED WATER



איור 2: השפעת הגבס על שיעור החידור של קרקע חרסית. נ בעלת תלכידים משני תחומי-גודל
4-2 ס"מ, <1 ס"מ) ובשיעור נתון ספוח של 13.8%, כר לות בכמות המים שהומטרה
במכשיר להדמיית גשם.

Fig. 2: Effect of gypsum on infiltration rate of clay soil at two aggregate size ranges and ESP = 13.8, exposed to simulated rain, as a function of the cumulative rain.

מים מזוקקים DISTILLED WATER



איור 3: השפעת הגבס על שיעור החידור של קרקע חרסיתית בעלת תלכידים משני תחומי-גודל (2-4 ס"מ, < 1 ס"מ) ובשיעור נתון ספוח של 23.9%, כתלות בכמות המים שהומטרה במכשיר להדמיית גשם.

Fig. 3: Effect of gypsum on infiltration rate of clay soil at two aggregate size ranges and ESP = 23.9, exposed to simulated rain, as a function of the cumulative rain.

השפעת גודל התלכידים על פעולת חידור המים של קרקע בעלת שיעור נתון ספוח גבוה (איור 3), בנוכחות גבס, היתה גדולה מזו של קרקע בעלת שיעור נתון נמוך. בקרקע בעלת שיעור נתון ספוח גבוה היה קצב הריסת התלכידים מהיר מאשר בקרקע בעלת שיעור נתון ספוח נמוך, ולפיכך, שטחים נרחבים על פני הקרקע היו נותרו בלא גבס, ומכאן הירידה הרבה יותר בערך החידור שלה במצב עמיד.

רשימת הספרות

1. Agassi, M., Shainberg, I. and Morin, J. (1981) Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**:848-851.
2. Burwell, R.E., Allmaras, R.R. and Sloneker, L.L. (1966) Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. *J. Soil Water Conserv.* **21**:6-63.
3. Green, W.M. and Ampt, G.A. (1911) Studies on soil physics. *J. agric. Sci.* **4**:1-24.
4. Hillel, D. and Gardner, W.R. (1970) Transient infiltration and crust-topped profiles. *Soil Sci.* **109**: 69-76.
5. Kemper, W.D. and Koch, E.J. (1966) Aggregate Stability of Soils from Western United States and Canada. *Tech. Bull. U.S. Dep. Agric.* 1355.
6. Kemper, W.D. and Miller, D.E. (1984) Management of crusting soils: Some practical possibilities. in: Cary, J.W. and Evans, D.D. [Eds.] *Soil Crusts. Tech. Bull. Univ. Ariz. Agric. Exp. Stn, Tucson* **214**.
7. Keren, R. and Singer, M.J. (1988) Effect of low electrolyte concentration on hydraulic conductivity of Na/Ca-montmorillonite sand systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **52**: 368-373.
8. Keren, R. and Shainberg, I. (1981) Effect of dissolution rate on the efficiency of industrial and mine gypsum in improving infiltration of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**: 103-107.
9. Keren, R., Shainberg, I., Frenkel, H. and Kalo, Y. (1983) The effect of exchangeable sodium and gypsum on surface runoff from loess soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **47**: 1001-1004.

10. Larson, W.E. (1964) Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **28**: 119-122.
11. Loveday, J. (1976) Relative significance of electrolyte and cation exchange effects when gypsum is applied to a sodic clay soil. *Aust. J. Soil Res.* **14**: 361-371.
12. McIntyre, D.S. (1958) Permeability measurements of soil crusts formed by raindrop impact. *Soil Sci.* **85**: 185-189.
13. McNeal, B.L., Layfield, D.A., Norvell, W.A. and Rhoades, J.D. (1968) Factors influencing hydraulic conductivity of soils in the presence of mixed salt solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **32**: 187-190.
14. Moldenhauer, W.C. and Kemper, W.D. (1969) Interdependence of water drop energy and clod size on infiltration and clod stability. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **33**: 297-301.
15. Morin, J., Goldberg, S. and Seginer, I. (1967) A rainfall simulator with a rotating disk. *Trans. Am. Soc. agric. Engrs* **10**: 74-79.
16. Morin, J., Keren, R., Benjamini, Y., Ben-Hur, M., and Shainberg, I. (1989) Water infiltration as affected by soil crust and moisture profile. *Soil Sci.* **148** (in press).
17. Shainberg, I., Rhoades, J.D. and Prather, R.J. (1981) Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**: 273-277.