

# התהוותם ודלדולם של קרקעות חול חומים-אדומים סולונציים לאורך חוף ים-התיכון בישראל \*

מאת

ש. רביקוביץ

מ ב ו א

קרקע-חול חום-אדום או אדום מצוי בשרון ובשפלה לאורך חוף הים התיכון. קרקע זה התהווה על גבי אבן גירית-חולית (13, 17, 21) באזורים שבהם שורר אקלים סוב-הומידי וסמי-ארידי, בתנאים של חורף גשום וקצר לעומת קיץ יבש וממושך, כלומר, בתנאים של תקופת הרטבה-שטיפה ותקופת יבוש לסירוגין. סברה אחת מעלה את אפשרות התהוותו של קרקע-חול אדום מן המינראלים עכילי-הברזל שבחולות הנודדים המתרכזים בשכבות מסוימות של גבעות החולות (23). במחקר אחר (19) מובעת ההשערה, שקרקעות אלה יכלו להתפתח במישרין מן החולות הנודדים בעזרת הצמחה הגדלה על החולות.

הקרקעות רובם הם מסוג החול, חמרה-חולית או חמרה. קרקעות אלה מנוצלים למטעי הד, לאחר שנמצאו מתאימים במיוחד לגידול זה. תיאור הקרקעות הנדונים מובא במאמרים אחרים (15, 17, 21, 22).

סלע-האם של הקרקעות נוצר מהתלכדות חולות החוף בעזרת פחמת-הסידן, שסופק להם בצורת דו-תחמוצת הסידן על-ידי זרמי מים ועל-ידי מי-תהום קרובים. סלע זה המכונה "קורקר", התהווה מתייחסת, לפי פיקרד ואבנימלך, לתקופת הפליאוסטוקן (12). הגיר שבסלע מהווה בדרך כלל כשליש עד מחצית ממשקלו. סלע-האם סיפק תוך התרווחחותו את השלד לקרקעות—את גרגרי-החול הצורניים. כחומר מלכד שימשו הקולואידים שנוצרו גם הם אגב תהליכי התרווחחות הסלע. החומר הקולואידי התחבר אל גרגרי הצורן, כיסה אותם בשכבה דקה והקנה לקרקע את צבעו האדום או החום-אדום.

הקשר שבין הקולואידים לבין הגרגרים הצורניים אינו יציב, ואגב ההינתקות מעל גרגרי-החול, נודדים הם לעומק. תהליך זה מביא לידי דגרדאציה של הקרקעות. ליסודות החליפין תפקיד חשוב בתהליך דגרדאציה זה; הם קובעים במידה רבה את דרגת יציבות הקשר שבין הקולואידים ובין גרגרי-החול.

מחקר זה, עיקר עניינו לימוד יסודות החליפין בקרקעות והתמורות שחלו בהרכבם ושגרמו שינויים יסודיים בהרכב הקרקעות, במורפולוגיה ובתכונות הפיסיקאיות-כימיות שלהם ובערכם החקלאי.

## הרכב יסודות החליפין בקרקעות

סלע-האם של הקרקעות, הוא בעיקר שקבע את הרכב יסודות החליפין בראשית התהוותם של הקרקעות. היסוד העיקרי ששוחרר אגב התרווחחות הוא הסידן, שמילא תפקיד ראשי בקומפלקס החליפין. שליטתו המכרעת של הסידן המליף היתה מובטחת כל עוד היו שאריות קורקר בקרקע (15). עם אבדנו הגמור של הגיר, כאופיני למרבית הקרקעות הנדונים, הלך ונשתנה הרכב היסודות בקומפלקס. בקרקעות חסרי גיר אנו מוצאים, ליד היסודות המתכתיים, גם מימן חליף. אחוז היסוד-

\* מפרסומי התחנה לחקר-החקלאות, רחובות, סידרת 1956, מס' 142.

דוּת משתנה מקרקע לקרקע, בעיקר בקאטיונים החד-ערכיים. הסידן והמאגניזם הם היסודות שבהם התנודות מוגבלות יותר, הנתרן המצוי בכל הקרקעות, יחסו האחוזי גבוה לעתים למדי; רמתו היא בגבולות 2 עד 19 אחוזים ביחס ליתר היסודות. גם האשלגן מגיע לפעמים לשעורים ניכרים בין היסודות, מ-1 עד 17 אחוזים. לא בכל הקרקעות נמצא המימן, אף כי ברובם כמותו שונה, שיעורו היחסי הוא מ-1 עד 18 אחוזים. במחקר אחר (15) נמצא שיעור היחסי גבוה יותר. מציאות המימן החליף היא תופעה נדירה יותר בקרקעות הארץ שנוצרו מסלע גירי והתדלדלו מהגיר, כגון טרה-רוסה. כן גדול במידה רבה שיעור יסודות הנתרן האשלגן החליפין בקרקעות-החול החומים-אדומים לעומת הקרקעות הנ"ל (18). לצרכי תיאור קרקעות-החול החומים-אדומים, ולקביעת גורמי השינויים בהרכב היסודות על שלבי התפתחות הקרקעות — חילקו הקרקעות לשתי קבוצות: (א) קרקעות המכילים שאריות של גיר, עשירי נתרן חליף ורוויים ביסודות — אלה הוגברו כקרקעות סולונ-ציים; (ב) קרקעות חסרי גיר, המכילים שעורים ניכרים של נתרן ובלתי-רוויים ביסודות — שהוג-דרו כקרקעות-חול חומים-אדומים סולונציים מתדלדלים.

## מיון הקרקעות לפי הרכב יסודות החליפין

### קרקעות סולונציים

הקרקעות שנבדקו, לפי הרכבם המכאני שייכים לסוג חמרה-חולית. לאחר שנשתמרו בהם שאריות של גיר מסלע-האם — רוויי יסודות הם. כמות הגיר בהם נדה מעקבות עד 2.0 אחוזים. תגובתם בסיסית בינונית:  $\text{pH} = 7.6 - 8.1$ .

קיבול היסודות שלהם מוגבל: 9–13 מיליגרם-אקוויבאלנט ל-100 גרם קרקע. הקרקעות מכילים אחוז גבוה של נתרן חליף: 6–19 (טבלה 1). בקרקע מהרצליה מהווה  $\text{Na}^+$  18–19 אחוזים מיתר היסודות. לפי הרכב היסודות ניתן להגדיר את הקרקע הנדון כסולונץ.

### טבלה 1

#### יסודות החליפין בקרקעות סולונציים

Ca CO <sub>3</sub> %	pH	האחוז בין היסודות				ס"ה יסודות, מיליגרם — אקוויבאלנטים ב-100 גרם קרקע	עומק השכבה בס"מ	ה מקום
		K	Na	Mg	Ca			
1.9	8.0	1.9	19.4	19.4	59.3	10.3	0–30	הרצליה (T 220)
0.7	8.0	6.2	19.5	11.3	63.0	9.7	30–60	
0.5	8.1	5.0	18.2	10.1	66.7	9.9	60–90	
עקבות	7.7	4.6	6.1	33.6	55.7	13.1	0–30	נס-ציונה (1)
"	7.6	4.8	7.7	45.2	42.3	10.4	30–60	
"	7.7	4.8	7.6	44.8	42.8	10.5	60–90	
"	7.7	4.4	7.7	41.8	46.1	9.1	90–120	
"	7.7	6.7	12.4	39.3	41.6	8.9	120–150	

בקרקע מנס-ציונה מגיע האחוז היחסי של הנתרן ל-6–12, ואפשר ליחסו לסולונציים. עם זאת מכיל המקרקע גם אחוז גבוה למדי של מאגניזם חליף (33–45) ואפשר להגדירו כסולונץ מאגניזני (24). בייחוד נוכח מציאות כמות ניכרת-באופן-יחסי של נתרן חליף. בתופעה זו של מציאות אחוז גבוה של מאגניזם חליף נתקלים לפרקים בטיפוסי הקרקעות הנדונים.

### קרקעות סולונציים מתדלדלים

הקרקעות הם מסוג החול חמרה-חולית וחמרה; אגב שטיפתם קיפחו קרקעות אלה את כל הגיר. קיבול היסודות שלהם נמוך — בגבולות 3–10 מיליגרם-אקוויבאלנט ל-100 גרם קרקע. הקרקעות



הנדונים מכילים, בין יתר היסודות, אחוז גבוה מן הרגיל של נתרן ואשלגן (טבלה 2). לעומת קר-קעות סולונציים המכילים גיר, מצוי באלה גם מימן חליף (11–1%) ולפעמים במידה ניכרת יותר (15). גם את הקרקעות הבלתי-רזיות האלה אפשר לייחס לסוג הסולונציים. מסתבר, שברצועת החוף היו גורמים שסיפקו יסודות נתרן ואשלגן לקומפלקס, לעתים אף במידה גדושה, ולעומתם פעלו גורמים גם בכיוון החדרת המימן. נציין את הסיבות, שהיו עשויות להביא לידי הרכב ספציפי זה של היסודות

## טבלה 2

יסודות החליפין בקרקעות סולונציים מתדלדלים

pH	האחוז בין היסודות					ס"ה יסודות מיליגרם – אקוואלנטים ב-100 גר' קרקע	עומק השכבה בס"מ	ה מקום
	H	K	Na	Mg	Ca			
7.2	5.6	16.7	8.3	11.1	58.3	3.6	0–7	סביבת רעננה (T. 233)
6.9	4.2	10.4	6.2	14.6	64.6	4.8	7–35	
7.1	2.1	10.4	6.2	10.4	70.9	4.8	35–86	
7.0	1.8	9.2	5.6	16.7	66.7	5.4	0–36	קוביבה (P. 12)
6.5	10.3	8.4	2.8	19.6	58.9	10.7	36–80	
7.3	4.7	15.3	3.5	14.1	62.4	8.5	80–118	
7.6	1.4	16.9	5.6	18.3	57.8	7.1	118–133	עין-זרד
6.6	3.9	13.6	2.9	14.6	65.0	10.3	133–173	
6.7	11.0	4.0	11.0	16.5	57.5	7.3	0–13	
6.6	9.3	5.8	8.1	17.5	59.3	8.6	13–21	
6.2	10.3	6.2	9.6	16.4	57.5	14.6	21–45	
6.4	8.2	5.9	11.9	17.0	57.0	13.5	45–72	

## הגורמים להתהוות הקרקעות הסולונציים

קרקעות החול החומים-אדומים נתהוו כתנאים כאלה שכתהליך התהוותם לקחו חלק גורמים שסייעו להחדרת הנתרן והתאחזותו בקומפלקס. נראה, שפעילותם של הגורמים הללו היתה ממושכת והשפעתם על הקרקע מתמדת. בתוך מיכלול התהליכים שהביאו בסופו של דבר, להתהוות הקרקעות הנדונים היה משולב גם תהליך, או כמה תהליכים, שפעלו במיוחד להבטחת האופי הסולונצי לקר-קעות אלה. הכוונה היא לאפשרות היווצרותם של קרקעות סולונציים כטיפוס עצמאי, ולא מקרקעות סולונציק, אשר הסולונץ מופיע בהם כשלב משלבי האוולוציה, כמתואר על-ידי גדרוויץ (4). שני גורמים היו עשויים לשמש כספקים של נתרן ואשלגן לקומפלקס הסופת של הקרקע – מי-גשם ושאריות צמחים.

## פעולת הגשם

מי-הגשם נושאים, כידוע, מלחים במידות שונות. מלחים אלה חודרים אל מי-הגשם מהים בדרך גשמים מלווי סערות נסחפים נתזים-ממי הים במי-הגשם. כידוע, המלח העיקרי של מי-הים הוא מלח-הבישול (16). לפי בדיקות מי-הגשם בארץ מצא מנצ'קובסקי (10) כי כמות מלחים גדולה יותר מצוייה במשקעים שברצועת החוף. כמות ה- $\text{NaCl}$  הממוצעת במי-גשם היא כ-57 מג"ר לליטר – ריכוז שווה בקירוב לתמיסת מלח-בישול 0.001 נורמאלית. בחדשי-חורף מסוימים, בגבור הסערות, גדל ריכוז המלח במי-הגשם פי-שנים ויותר. בריכוזים אלה של מלח-בישול עשוי הנתרן לחדור לקומפלקס במידה ניכרת. יש לשער, שדרגת הרוויה בנתרן גדולה יותר ככל שהקר-קעות קרובים יותר לחוף.

בהפסקות שבין גשם לגשם (והן לפרקים ממושכות למדי), או בתום עונת הגשמים, ועם התאידות רטיבות הקרקע, עשוי ריכוז מלח הבישול לעלות פי-כמה על המצוי במי-הגשם, ולהגיע לתמיסה 0.01 נורמאלית. קיבול השדה בקרקעות אלה מגיע עד 15 אחוזים ויותר, ועם הפסדם עשויה הרטיבות לרדת כמעט עד לדרגת מים היגרסקופיים בגבולות של 1–3 אחוזים.

#### א) קרקעות חסרי גיר

ניסוי שנעשה בקרקע-חול חום-אדום, מסוג חמרה-חולית וחסר גיר, הראה, כי בשטיפת הקרקע בתמיסת מלח-בישול של 0.001 נורמאלית, נספח 0.15 מ. א. Na ל-100 גראם קרקע, המהווים 3.3 אחוזים מקיבול היסודות (טבלה 3). לפני השטיפה הפכו את הקרקע ל- Ca-קרקע. שטיפת הקרקע במים המכילים מלח-בישול בריכוז של 0.005 נורמאלי הביאה להחזרת נתון במידה ניכרת למדי – 0.40 מ. א. ל-100 גראם קרקע. כמות זו העלתה את הנתון בקומפלסס עד 8.9 אחוזים מקיבול היסוד-דוח. העברה של תמיסת מלח-בישול בת 0.01 נורמאלית דרך הקרקע, הביאה להחזרת הנתון עד כדי יצירת קרקע סלונג. כמות הנתון שנספח הגיעה ל-0.80 מ. א. ל-100 גראם קרקע, ושעורו של הנתון בקומפלסס הוא 17.8 אחוזים. שיעור ה- NaCl, העשוי להתוסף לקרקע מן התמיסה המרוכזת יותר שבניסוי – כלומר מ-0.01 נורמאלית, לפי חישוב קיבול השדה המאכסימאלי – אינו עולה על 0.01%. הקרקע אינו מגיע, איפוא, אף לדרגת המליחות הקטנה ביותר. כתנאים אלה של היעדר כל עודף של מלחים הולך ונוצר קרקע סלונג, כלומר ללא הכרח שהמליחות תגיע לדרגת סלונג.

מי-הגשם המכילים דו-תחמוצת הפחמן פועלים בהתמדה גם בכיוון ההדרת המימן לקומפלסס הסופח. מציאות דו-תחמוצת הפחמן במי-הגשם עשויה, אמנם, להחליש במידת-מה את ספיחת הנתון על-ידי הקרקע, אך אין בכוחה למנוע תהליך זה. פעולת מי-הגשם היא, איפוא, משולבת: היא מובילה את הקרקע לידי סלונגיות מכאן ולהחמצה מכאן. ההדרת המימן אינה אפשרית אלא כשאין הקרקע מכיל פחמת סידן.

#### ב) קרקעות מכילי גיר

כדי לברר, באיזו מידה אפשרית חזירת הנתון ל- Ca-קרקע כתנאי שטיפה בתמיסות NaCl מהולות, בנוכחות גיר – צורף גיר לקרקע בצורת אבקה דקה בשיעור 5 אחוזים; הכוונה היתה לקרקע שעדיין נשאר בו הקורקר. מן הניסוי (טבלה 3) נובע, כי בנוכחות גיר בקרקע, בכמות ניכרת ובצורה פעילה, אין הנתון חוזר באותה מידה לקומפלסס הסופח, כפי שהוא חוזר בהיעדרו. האחוז המאכסימאלי של נתון שנספח בנוכחות גיר הגיע ל-4.7 מקיבול היסודות לעומת 17.8 אחוזים בקרקע מחוסר גיר. את השפעתו של הגיר על עיכוב ספיחת הנתון מריכוזים חלשים הוכחנו גם במחקר אחר (1). תהליך התהוות הקרקע הסלונג או הסלונג היה פעיל, כפי הנראה, כאשר הפסידו הקרקעות חלק ניכר מן הגיר שלהם, ובמיוחד את פרודות הגיר הדקיקות.

### טבלה 3

ספיחת Na על ידי Ca-קרקע תוך שטיפתו בתמיסות NaCl

אחוז Na-ה שנספח, ביחס לקיבול היסודות	כמות ה-Na ב-מ.א. שנספח על ידי 10 גר' Ca קרקע **	ריכוז תמיסת NaCl *	אחוז הגיר בקרקע
3.3	0.015	0.001	אין
8.9	0.040	0.005	אין
17.8	0.080	0.010	אין
			5.0
2.4	0.011	0.001	
2.7	0.012	0.005	5.0
4.7	0.021	0.010	5.0

\* הקרקע נשטף ב-0.5 ליטר תמיסה

\*\* קיבול היסודות של 10 גר' קרקע = 0.45 מ.א.



כמקור נוסף להספקת נתון חליף יש לראות את הצמחיה. הצמחים צברו את הנתון מתרכובות הקרקע ומי-הגשם. בתהליך התפרדותם שוחרר הנתון ובחלקו נספח על-ידי הקולואידים. הנתון הקשור בקולואידים אורגאניים עובר לקולואידים מינראליים על בסיס חילוף יסודות, ואילו הקומפלכס האורגאני מקבל תמורתו את הסידן או את המאגניזם. בניסוי שבו הכאנו Na קומפלכס אורגאני (ככול) במגע עם Ca-קרקע מהטיפוס הנדון, התחלף הנתון של הקומפלכס האורגאני כמעט כולו ב-Ca של הקומפלכס המינראלי (20). אגב מגע בין הקולואידים האורגאניים והמינראליים הולכות, איפוא הרי-אקציות בכיוון יצירת Ca ו-Mg הומאטים. אלה הן תרכובות יציבות, לעומת הומאט Na. הרי שהנתון החליף הולך ומצטבר באופן שיטתי בקולואידים המינראליים ומביא את הקרקע לידי מצב של סולונציות. בטבלה 4 מובאות תוצאות בדיקת הרכב אפרו של הצמח חילף החולות *Eragrostis bipinnata*. צמח-כר זה נפוץ בקרקעות-החול החומים-אדומים (28). אחוז ה-Na ביחס לסכום של Ca, Mg, Na, K שנמצאו באפר ארבעת הצמחים שנבדקו הוא — בגבולות 9 עד 16.

כן פועלות הצמחיה ושאירותיה בכיוון החדרת המימן לקולואידים המינראליים תמורת הסידן והמאגניזם. בדרך זו מסייעים הצמחים לאי-יציבות של הקולואידים המינראליים ולתהליכי הדגרדאציה של הקרקעות הסולונציות.

אשר למציאות שעורים גבוהים של אשלגן חליף בכמה מן הקרקעות, נראה שיש ליחס תופעה זו בעיקר לפעולות הצמחים ושרידיהם. לצמחית-הבר שגדלה בקרקעות הנדונים היו מקורות ניכרים של יסוד האשלגן (17). על ריכוז גבוה של אשלגן באפר של חילף החולות מעידות תוצאות הבדיקה (טבלה 4). היחס של K כלפי סכום הסידן, המאגניזם, הנתון והאשלגן באפר גבוה למדי, ונמצא בצמחי חילף החולות בגבולות של 33 עד 49 אחוזים. עם תהליך המינראליזציה של שרידי הצמחים יכול היה האשלגן להצטרף לקולואידים המינראליים כיסוד חליף מתמיסת הקרקע, או תוך מגע ישיר של K-הומאט עם Ca, Mg קומפלכס מינראלי. הריאקציה בין ה-K הומאט והקולואידים המינראליים יכולה להביא לידי ריכוז האשלגן בהם תמורת היסודות הדר-ערכיים הנספחים להומאט, כמו שצויין ביחס לריכוז נתון חליף בהם. ריכוז האשלגן בקומפלכס נתאפשר במיוחד אחרי התמוססות שרידי ה-CaCO<sub>3</sub> של הקורקר והרחקתם מן הקרקע. בחלקו חוזר האשלגן מן הקומפלכס ונקלט בצמחים בתהליך גידולם. בקרקעות דלי אלקטרוליטים וחסרי גיר, כמו הנדונים חוזר המימן במקום האשלגן החליף לאחר הקלטו בצמח (14). חליפין אלה הם גורם נוסף המסייע לתהליך הדגרדאציה של הקרקעות.

#### טבלה 4

הרכב האפר של חילף החולות (*Eragrostis bipinnata*)

אחוזים בחומר יבש

מספר הדוגמה	ה מ ק ם	סוג הקרקע	אפר	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
1	בית-ליד	חמרה	6.67	5.28	0.11	0.23	0.17	0.16	0.43
2	אלישיב	חול רזה	4.41	2.30	0.07	0.33	0.55	0.13	0.40
3	ראשון-לציון	חול	4.53	2.94	0.14	0.33	0.30	0.11	0.41
4	תל-צור	חול	4.54	2.88	0.13	0.32	0.20	0.12	0.42

האחוז ביחס לאפר

מספר הדוגמה	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
1	79.2	1.7	3.4	2.5	2.4	6.4
2	52.1	1.6	7.5	12.5	3.0	9.1
3	64.9	3.1	7.1	6.6	2.3	9.0
4	63.4	2.9	8.8	4.5	2.7	9.2

## הצמח ויסודות החליפין

בקרקות-החול החומים-אדומים, ובמיוחד בקרקעות השטופים וחסרי הגיר, מהווים יסודות החליפין חלק ניכר מכלל היסודות הזמינים לצמחים. היחס השונה בין יסודות החליפין בקרקעות עלול להשתקף בתהליכי הזנת הצמחים בעקבות ההתחרות ולרגל תופעות האנטאגוניזם בין היונים. שיעורי היחס בין היסודות בקומפלקס (באקוויאלנטים) מראים שה- $\text{Ca}$  נמצא בגבולות של 42 עד 76 אחוזים; אחוזי ה- $\text{Mg}$  בגבולות 10 עד 45; אחוזי ה- $\text{Na}$  בגבולות 2 עד 19 ושל ה- $\text{K}$  בגבולות 1 עד 17.

מציאות נתרן חליף בשיעור יחסי גבוה בקרקעות מסויימים עשויה להשפיע על הקליטה של האשלגן על ידי הצמחים; כמות ניכרת של נתרן מעכבת את קליטת האשלגן. היחס  $\frac{\text{Na}}{\text{K}}$  חליפין באקוויאלנטים בקרקעות שונים עומד בגבולות של 0.2 עד 10. לעומת זאת בא השיעור השונה של אשלגן חליף בקומפלקס להשפיע על מידת קליטתם של יסודות אחרים על-ידי הצמח, ובראש וראשונה על קליטת המאגניזם (6). במקרה של שיעור גבוה של אשלגן חליף, כפי שנמצא בחלק מן הקרקעות, עשוי המאגניזם להיקלט פחות על-ידי הצמח. היחס של  $\frac{\text{K}}{\text{Mg}}$  חליפים באקוויאלנטים בקרקע הוא בגבולות 0.1 עד 1.5.

שניים נרחבים אלה בהרכבם הכמותי והיחסי של יסודות החליפין באים להשפיע על הרכב אפר הצמחים, ואננם מגלה בדיקת האפר של צמח-הבר חליף-החולות תנודות ביחסי היסודות בתוך האפר ובעיקר כלפי המאגניזם (טבלה 4).

ההבדלים בהרכב הכמותי והיחסי של יסודות החליפין עשויים להשתקף גם בתהליכי קליטתם של היסודות בעצי-הדר, בהתפתחות העצים, בהרכב חלקי העץ, ברמת יכוליהם ובאיכות הפרי. מטעי הדר בארץ, רובם מרוכזים על הקרקעות הנדונים. מחסור או עודף ביסוד זה או זה בקרקע פוגע במידת שונות בהזנת הצמח, אם לא יאזון הרכב היסודות על-ידי דישון מתאים. תופעות של מחסור במאגניזם, שנבקעו במטעי הדר מסויימים על ידי הימחר שבדג (5), קשורות, כנראה, בכמות הזעומה של מאגניזם חליף בחלק מקרקעות החול החומים-אדומים, או בשיעור הגבוה של אשלגן חליף לגבי מאגניזם חליף בחור הקומפלקס.

## דילדול הקרקעות

תהליך דילדול הקרקעות תלוי לא רק במבנה המיוחד שלהם, אלא במידה רבה גם בהרכב יסודות החליפין של הקולואידים העוטפים את גררי החול הצורניים. אי-הרזיה החלקית של הקרקע מכאן, ומציאות שיעור ניכר למדי של נתרן מכאן, פועלות בכיוון ערעור יציבות הקולואידים. אשר לאשלגן חליף, הרי השפעתו על תכונות הקרקע שלילית פחות משל הנתרן (27). התכונות האופייניות לקולואידים של קרקעות סולונציים או סולונץ הן: הידרוליזה גבוהה של נתרן; מידת מיום גבוהה; כושר דיספרסיה גבוה; ריאקציה בסיסית. כמה מתכונות אלה נכלמות ונחלשות בשל מציאות מימן ליד הנתרן. הדגרדציה מתבטאת בהינתקות העטיפה הקולואידלית מן הגרגר הצורני ובנדידת הקולור-אידים לעומק. אגב הצטברותם יוצרים הקולואידים שכבות הדוקות וצמיגות, פגומות מבחינת חלחול המים ותנאי האירור, כאופיני לקרקעות "נזאז" (9, 11, 15, 21) שיש לראותם כשלב קיצוני של דגרדציה מרחיקה לכת. בטבלה 5 מובא הרכב היסודות,  $\text{pH}$  והרכב המכאני של קרקעות מדולדלים וש אחד מהם (R 480) הגיע לדרגת נזאז טיפוס. קרקעות אלה אינם מכילים גיר, הטיט, בשל נדידתו מן השכבות העליונות, הולך ומצטבר בשכבות העמוקות יותר. אגב תהליך הדגרדציה ירד, כנראה, שיעור הנתרן והאשלגן החליפים ועלה שיעור המימן. תהליך הדגרדציה של הקרקעות הנדונים – המתבטא באי-רזיה של הקרקע, בהתפרקותם החלקית של הקולואידים לתחמוצות הצורן, החמרן והברזל, ביצירת אופק עליון מדולדל ואפור ושכבות אילוביאליות מובהקות בעומק (15, 17) – דומה לתהליך של סולודיזציה. גרוץ (3) מציין, כי מקרקעות סולונץ או סולונציים, הנתור-נים בתהליך של דילדול, נוצר קרקע מיוחד הדומה, מכמה וכמה בחינות לקרקעות בשלבי פודזול-זאציה, שהוא קורא להם "סולוד" (Solod); לתהליך היווצרותם קורא הוא בשם סולודיזאציה (Solodi-zation קאלוג (8) ורוטט (24) מציינים קרקעות סולונץ בשלב מעבר לסולוד בהגדירם אותם כסולונץ בתהליך של סולודיזאציה (Solodized Solonez).



קרקעות-החול החומים-אדומים אינם יכולים ליהפך לסלוד ממש, מאחר שאינם מסוגלים להפסיד את הנתרן החליף; אותו מוסיפים הם לקלוט אף בדלדולם מן המקור הקבוע (ממלח-הבישול במי-הגשם).

## ט ב ל ה 5

יסודות החליפין והרכב מכאני של קרקעות מדולדלים

הרכב מכאני (באחוזים)				pH	האחוז בין היסודות					ס"ה יסודות, מיליגרם-אקיואלנטים ב-100 גר' קרקע	עומק השכבה בס"מ	המקום
חול גס	חול דק	אבק	טיט		H	K	Na	Mg	Ca			
12.0	75.3	2.1	10.6		17.8	4.0	3.0	15.8	59.4	10.1	0-39	רחובות
11.6	74.6	1.6	12.2		15.3	2.7	2.7	13.5	65.8	11.1	39-69	
7.8	61.9	1.5	28.8		9.6	2.1	2.7	17.0	68.6	18.8	69-104	(R, 480)
10.5	63.4	2.9	23.2		3.1	2.1	2.6	21.5	70.7	19.1	104-125	
				6.9	4.3	2.2	4.3	13.0	76.2	4.6	0-30	סביבת רעננה
				6.8	8.7	2.2	4.3	19.6	65.2	4.6	30-60	
				6.6	5.9	1.5	2.9	17.6	72.1	6.8	60-90	(T, 539)
				6.2	6.7	1.1	4.4	15.6	72.2	9.0	90-120	

## מורפולוגיה של הקרקעות

הקרקעות הסולונציים והסולונץ שנחקרו על-ידינו, אין להם מורפולוגיה מיוחדת, המיוחסת לעתים לקרקעות מסוג זה. המורפולוגיה שלהם אינה שונה מזו של קרקעות רגילים, בעלי טכסטורה דומה ושאינם מכילים כל עודף של נתרן חליף. לעומת זאת מצא קאלי (7), שחקר חתכים מספר שתוארו על-ידי חוקרים אחרים (25,2) בקרקעות סולונץ על סמך המורפולוגיה שלהם, כי ברוב המקרים הכילו הקרקעות הנדונים למעלה מ-85 אחוזים של  $Ca + Mg$ . גם סטורי (26) מצא בקרקעות המתוארים לפי המורפולוגיה כסולונץ, שהם מכילים, בקרקעות נורמאליים של קאליפורניה כמות רגילה של Na חליף.

לא תמיד, איפוא, מצויות בקרקע סולונץ שתי התכונות יחד — הרכב יסודות ומורפולוגיה ספציפיים — שלפיהן הוא מוגדר כסולונץ.

אשר לקרקעות החומים-אדומים הסולונציים המתדלדלים, רואים אנו בהם מורפולוגיה מיוחדת האופינית לקרקעות הנמצאים בתהליך דומה.

בקרקעות הנדונים מוצאים אנו אופק A מפורר שפיך ואופק B דחוס בעל מבנה עמודי וגושי-קובי — הוא אופק ה"נזאז"; המעבר מ-A ל-B הוא חריף. קרקעות אלה אינם מכילים אלא כמות רגילה של נתרן חליף. הנתרן החליף, שיתכן והיה בהם בכמות ניכרת, רובו הורחק, כנראה, בתהליך הדלדול. יש, איפוא, מקום להשערה, כי הנתרן מילא את תפקידו בתהליך דלדול של הקרקע, אך הלך ונעלם מתוכו אגב תהליך זה.

## סיכום

בין קרקעות-החול החומים-אדומים לאורך חוף הים-התיכון בארץ מצויים גם קרקעות בעלי אופי סולונצי.

הם מתחלקים לשני סוגים: (א) קרקעות סולונציים (ב) קרקעות סולונציים מתדלדלים.

בתוך סבך התהליכים, שהביאו לידי הווצרותם של קרקעות-החול החומים-אדומים, היו גם שפעלו להבטחת אופיים הסולונצי של הקרקעות הנדונים. יש להניח, שהנתרן סופק לקומפלס על-ידי הגשמים ובסיוע הצמחה.

לקרקעות הסולונציים הנדונים אין מורפולוגיה ספציפית המיוחסת לקרקעות מסוג זה.

הקרקעות הסולונציים נמצאים בחלקם בשלב של דילדול (דגרדאציה). מציאותם של נתרן ומימן חליפים בשיעור גבוה לגבי ה- $Ca+Mg$  גורמת לעירעור יציבות הטיט ולנדידתו לעומק. הדלדול מביא לשינויים יסודיים במורפולוגיה של הקרקעות, וכתוצאה ממנו נוצרות שכבות חוליות רזות ושפיכות באופק A וכבדות יותר ואטומות, בעלות מבנה עמודי באופק B (נזאז).

תהליך דילדולם של קרקעות-החול החומים-אדומים הסולונציים דומה לתהליך הסולודיזאציה.

כמותם הכללית והרכבם של יסודות-החליפין בקרקעות שונים זה מזה לפעמים ביותר. איזון היסודות הזמינים לצמחים תלוי, אפוא, במידה רבה בגורם זה.

\* \* \*

בעבודה האנאליטית השתתפו הה' ק. מ. שלינגר ומ. מרגולין. בזה מובעת להם תודה על עזרתם זו.

## ס פ ר ו ת

1. בידנר בר-חיה, נ. ורביקוביץ, ש. (1952) ספיחת הנתרן על ידי הקרקעות מתמיסות מלחי נתרן. "כתבים" כרך ב'-ג'.
9. לחובר, ד. ופנסטר, פ. (1952) לבעיות קרקעות ה"נזאז" והברזל המוחזר שבהם. כתבים, כרך ב'-ג'.
10. מנצ'יקובסקי, פ. (1924) ההרכבה החימית של מי הגשמים בתל-אביב, תחנת הנסיון החקלאית, קונטרס ב'.
15. רביקוביץ, ש. (1935) נדידת החומר הקולואידלי באדמות חול-חמר האדומות כגורם להפרעת תנאי הקרקע הנורמאליים. "הדר" חשון-כסלו, תרצ"ה.
16. רביקוביץ, ש. ובידנר בר-חיה, נ. (1948) קרקעות מלחים בעמק זבולון. התחנה לחקר החקלאות, רחובות. קונטרס מ"ט: 1-40.
17. רביקוביץ, ש. (1950) קרקעות החול החומים-אדומים בשרון ובשפלה. התחנה לחקר החקלאות, רחובות, קונטרס נ"ה 1-39.
19. רביקוביץ, ש. ורמתי, ב. התהוות קרקעות חול חומים-אדומים לאורך חוף ים התיכון מחולות נודדים.
20. רביקוביץ, ש. ושלינגר ק. מ. השפעת יסודות החליפין על תכונות הכבול התחתי (לא פורסם).
28. זהרי, מ. (1955) גיאובוטאניקה. ספרית-פועלים, מענית.

## REFERENCES

1. BIDNER—BARHAVA, N. and RAVIKOVITCH; S. (1952) Adsorption of sodium by soils from solutions of sodium salts. "Ktavim", Vol. 2—3: 37—50.
2. CARPENTER, E.J. and STORIE, R.E. (1928) Soil survey in the Paso Robles area, California, U.S.A. Agr. Bur. Chem. and Soils, Ser. 1928, Rpt. 34.
3. GEDROITZ, K.K. (1926) Solodization of soils. Nossovskaja Agr. Exp. Sta. Bul. 44.



4. ————— (1928) Solonetz soils, their origin, properties and amelioration. Nossowskaia Agr. Exp. Sta., Bul. 46.
5. HEYMANN-HERSCHBERG, L. (1951) Magnesium deficiency of Shamouti orange trees and its treatment. Palestine Journ. of Botany, Rehovot series, Vol. 8.
6. HOAGLAND, D.R. (1944) Lectures on the inorganic nutrition of plants. Waltham, Mass.
7. KELLEY, W.P. (1934) The so-called solonetz soils of California and their relation to alkali soils. Amer. Soil. Surv. Assoc. Bul. 15: 45—52.
8. KELLOGG, C.E. (1934) Morphology and genesis of the solonetz soils of western North Dakota. Soil. Sci. 38: 483—501.
9. LACHOVER, D. and FENSTER, F. (1952) "Nazaz" soils and their reducible iorn. "Ktavim", Vol. 2—3: 51—56.
10. MENCHIKOVSKY, F. (1924) Composition of rain falling at Tel Aviv. Agr. Exp. Sta. Palestine, Bul. 2.
11. ————— (1932) Pan (Nazaz) and its origin in the red sandy soils of Palestine. Journ. Agr. Sci. 22.
12. PICARD, L. and AVNIMELECH, M. (1937) On the geology of the Central Coastal Plain, Geol. Dept. Heb. Univ. Bul. 4, Jerusalem.
13. RACZKOWSKI, H.E.Z. (1928) Agriculture and soils of the Jaffa Sub-District. Agricultural leaflets. Govern. of Palestine.
14. RAVIKOVITCH, S. (1930) Exchangeable cations and lime requirement in differently fertilized soils. Soil Sci. 30: 79—95.
15. ————— (1935) The movement of colloidal clay in red sandy soils — a factor interfering with normal soil properties. Agr. Exp. Sta. Palestine, Bul. 13: 1—27.
16. ————— and BIDNER—BARHAVA, N. (1948) Saline soils in the Zevulun Valley. Agr. Res. Sta. Rehovot, Israel, Bul. 49: 1—39.
17. RAVIKOVITCH, S. (1950) The brown red sandy soils in the Sharon and Shefala. Agr. Res. Sta. Rehovot, Israel. Bul. 55: 1—39.
18. ————— and PINES, F. (1955) The mountain soils of Israel. The Forest, No. 4: 59—63.
19. ————— and RAMATI, B. Formation of brown-red sandy soils on sand dunes along the Mediterranean Coast (In print).
20. ————— and SCHALLINGER, K.M. The influence of exchangable cations on the behaviour of low moor peat (Unpublished).
21. REIFENBERG, A. (1947) The Soils of Palestine. Thos. Murby & Co., London.
22. ————— (1949) Mediterranean red soils in soil classification schemes. Commonwealth Bureau of Soil Science, Technical Commun. 46: 97—99.
23. RIM, M. (1951) The influence of geophysical processes on the stratification of sandy soils. J. Soil Sci., 2(2): 188—195.
24. ROST, C.O. (1936) Characterisrics of some morphological solonetz soils of Minnesota, J. Am. Soc. Agron. 28: 92—105.

25. STORIE, R.E. and CARPENTER, E.J. (1929) Soil survey of the Oceanside Area, Calif., U.S. Dept. Agr., Bur. Chem. and Soils Ser. 1929 Rep. 11.
26. ——— (1933) Profile studies of the solonetz soils of California, Amer. Soil. Surv. Assoc. Bul. 14.
27. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agricultural Handbook No. 60.
28. ZOHARY, M. (1955) Geobotany. "Sifriat Poalim", Israel.