

האגרגאציה בטיפוסי קרקע שונים בישראל *

מאת

ש. רביקוביץ וי. הגין

מבוא

בחקירות קרקעות הארץ ניתנה הדעת אך מעט ללימוד מבנם ומצב האגרגאציה של טיפוס הקרקע השונים. להערכתם של הקרקעות מבחינת גנטית, מורפולוגית וחקלאית, יש חשיבות בהגדרתן של תכונות פיסיות אלה. המבנה הוא אחד מסימני-ההיכר המורפולוגיים שמסתייעים בהם להגדרת טיפוסי קרקע (14, 16, 17, 30). פוריות הקרקע תלויה במידה רבה בצורתם, באופי-המבנה וביציבותם של האגרגאטים המונחים ביסוד המבנה והקובעים את תכונותיו. משטרי-המים והאוויר התקנים, הקובעים בהרבה את אפשרויות התפתחותם של הגידולים, תלויים בתכונות המבנה. בתנאי משק-מים ומשק-אוויר משוכשים, מחמת מבנה פגום, עלולים היבולים להיות ירודים, גם אם מצויים בקרקע חמרי-מזון במידה מספקת לצמחים. כן מושפעות המיקרופלורה ופעילותה ממבנה הקרקע. נקבעה תלות בין גודל האגרגאטים ויציבותם לבין רמת היבולים (9, 10, 12, 13, 19, 25, 27). בקרקעות הנתונים לסכנת הסתחפות קובעות בהרבה תכונות המבנה להמרצתו של תהליך הרסני זה או לעיכובו. קרקעות שמבנם בלתי-יציב ניתנים ביתר קלות להסתחף. שיפור האגרגאציה ויציבותה הם אמצעי בעל חשיבות לבלימת ההסתחפות (11, 15, 18, 21, 22, 23).

בטיפוסי קרקע שונים שונות גם צורת המבנה של האגרגאטים ודרגת יציבותם, כתוצאה מן התהליכים שהתרחשו בתנאים הספציפיים שבהם נוצרו טיפוס קרקע זה או אחר. מבדילים קרקעות בעלי מבנה בולט ומפותח, בעלי מבנה בלתי-מפותח וקרקעות חסרי-מבנה. אופי המבנה והאגרגאטים תלויים במידת נוכחותם ותכונותיהם של חמרים מדביקים ומייצבים, כגון קולואידים מינראליים ואורגאניים, אלקטרוליטים, יסודות חילופין; כן תלויים הם בתנודות במידת ההרטבה והייבוש. לקרקעות חול או חוליים אין מבנה בולט, ולעיתים חסרים הם מבנה בכלל; אך גם קרקעות כבדים מאוד, שיש בהם שיעור גבוה של קולואידים מינראליים, אף הם לעיתים חסרי-מבנה בגלל אי-מציאותם של חמרים בקרקע המקרישים והמייצבים את הקולואידים. קרקעות המכילים, נוסף על הקולואידים המינראליים, גם כמות ניכרת של קולואידים אורגאניים, ועם זאת גם יסודות מייצבים, קרקעות כאלה יש להם מבנה ואגרגאציה בולטים, מגובשים ויציבים.

אם-כי אין חילוקי-דיעות בין החוקרים ביחס לחשיבותו הרבה של החומר האורגאני בכבית אגרגאטים יציבים, הרי חלוקות הדיעות לגבי אופן פעולתו של החומר האורגאני. טידי (28, 29) טוען, כי התלכדותם של חלקיקי-הקרקע לאגראגאטים היא תוצאת הקשרים הפיסיקאליים-כימיים המתהווים בשטח המגע בין הקולואידים האורגאניים והאנאורגיים. לעומתו קובע מארטין (17), כי החומר האורגאני משמש מצע להזנתם ופעולתם של המיקרו-אורגאניזמים שבקרקע, ועצם קשירת חלקיקי הקרקע לאגרגאטים מתקיימת בעזרת הפרשותיהם ותוך כדי השתלבות תאי הבאקטריות וקורי הפטריות עצמם.

* מפורסמי התחנה לחקר החקלאות, רחובות, סידרת 1956, מס' 148.

תפקידו של הגיר בתהליכי האגרגאציה בקרקע, וכן השפעתו על מידת יציבותם של האגרגאטים, עודם טעונים הבהרה (26). במיוחד חשוב בירור בעייה זו בקרקעותינו עשירי-הגיר. ואמנם יש מייחסים ליסוד הסידן תכונה של הקרשה וסיוע לגראנולאציה.

נוסף על גורמי הטבע הפועלים על הקרקע וקובעים את טיבם של המבנה והאגרגאטים, בא עיבוד הקרקע ומשנה – ולעיתים במידה מכרעת – את תכונות המבנה. יש שהמבנה יציב, וההתנגדות לעירעורו ופירור האגרגאטים גדולה; אך כאשר ההתלכדות חלשה ויציבות האגרגאטים רופפת מטבעה, עלול כל טיפול בלתי-ראציונאלי בקרקע כזה להוריד את רמת פוריותו. אופני העיבוד המכאני, הזיבול, הדישון והסידור; מחזור הגידולים, ובמיוחד ההשקייה, על צורותיה ואיכויות המים השונות, ההולכות ומתפשטות על שטחים נרחבים באזורי הארץ השונים – כל אלה עשויים לשנות את תכונות מבנה הקרקע, תוך כדי השבחתו או עירעורו. כל טיפוס של קרקע, שונה הגבתו על העיבוד, הואיל ושונים סוגי המבנה של האגרגאטים ודרגת יציבותם.

מטרת העבודה הזאת היתה לקבוע את צורת המבנה של האגרגאציה ואופיה בטיפוסי הקרקע העיקריים בארץ; לברר את הקשר בין דרגת האגרגאציה ויציבותה לבין כמות החומר האורגאני, שיעור הגיר בקרקעות והרכבם המכאני; ללמוד את השפעת גורם העיבוד וההשקייה על השינויים באגרגאציה.

שיטות הבדיקות

גודל האגרגאטים ויציבותם נקבעו בשיטת הניפוי הרטוב של הקרקע לפי יודר (32); הניפוי נעשה על גבי נפות בקוטר של 0.25, 0.5, 1.0 מ"מ. קביעת האגרגאטים נעשתה ב-6 דוגמאות-חזרות בכל חלקה וחלקה. באגרגאטים שהופרדו נבדק ההרכב המכאני. הבדיקה המכאנית נעשתה לפי שיטת בים (31); מקדם האגרגאציה חושב לפי ואן באוול (8); החומר האורגאני נקבע לפי שיטת שולנברגר ותיקונו של טיוורין (7); ה-pH – לפי שיטה אלקטרומטרית; הגיר בשיטה גאזומטרית; התוצאות חושבו כאורח סטטיסטי. הנתונים הם ביחס לחומר יבש.

הקרקעות

אופיה של האגרגאציה נקבע בקרקעות מטיפוסים שונים. בחלק מהקרקעות נקבעה האגרגאציה באפקים השונים של חתכי-הקרקע; הקרקעות הם משטחי בור. בחלקם נלקחו הדוגמאות מהשיכבה העליונה בלבד, עד עומק של 20 ס"מ, לשם בירור השפעת העיבוד על האגרגאציה. הדוגמאות למטרה זו נאספו משטחי-בור, שטחי-בעל ושטחי-השקייה. ואלה טיפוסי הקרקע שבהם נבדקה האגרגאציה:

(א) טרה-רוסה;

(ב) רנדוינה;

(ג) קרקע אלוביאלי ממוצא של אדמה אדומה ים-תיכונית;

(ד) לס ודמיי-לס;

(ה) קרקעות גיריים אפורים;

(ו) קרקעות חול חומים-אדומים

טרה-רוסה: מטיפוס קרקע זה נבחנו שני חתכים, אחד מהם מאילון בהרי הגליל, ואחד ממעלה-החמישה בהרי ירושלים. הם התהוו על-גבי סלע גירי קשה והצמחייה מילאה תפקיד חשוב בהתהוותם (24, 5).

בטבלה 1 מובאות התוצאות של בדיקת הקרקעות על הרכבם המכאני, שיעור החומר האורגאני, הגיר וה-pH. קרקעות הטרה-רוסה שייכים לסוג קרקעות טיט. שכבותיהם העליונות עשירות בחומר אורגאני האופיני לטיפוס קרקע זה; הקרקעות דלי גיר או חסרים אותו כלל.

טבלה 1.

ההרכב המכאני, החומר האורגאני, הגיר וה-pH בטרה-רוסה ורנדזינה

המקום	טיפוס הקרקע	עומק השכבה בס"מ	טיט <0.002 מ"מ	ב א ח ר ז י ם			חומר אורגאני	CaCO ₃	pH
				אבק -0.002 0.02 מ"מ	חול-דק 0.2-0.02 מ"מ	חול-גס 2.0-0.2 מ"מ			
אילון	טרה-רוסה	12-0	52.7	12.7	26.2	1.3	7.10	אין	7.1
		25-12	58.4	22.8	17.9	0.9	3.66	אין	6.9
		48-25	65.4	16.9	17.70	0.7	2.05	אין	7.0
		60-48	65.7	16.3	17.2	0.8	1.53	אין	7.1
מעלה החמישה	טרה-רוסה	17-0	59.2	14.8	25.3	0.7	4.75	1.07	7.6
		34-17	64.9	13.5	21.3	0.3	1.71	0.76	7.4
		60-34	60.0	13.8	22.3	3.9	1.50	7.54	7.6
		20-0	63.6	14.6	15.7	1.1	5.03	2.0	7.2
דליה	רנדזינה								

בטבלה 1 א' ניתנות הגדרות המבנה של הקרקעות והרכב האגרגאטים. בקרקעות טרה-רוסה המבנה הוא גרעיני בשכבות העליונות ואגוזי בשכבות העמוקות יותר, ועובר אף לעמודי.

טבלה 1א.

המיבנה והרכב האגרגאטים בטרה-רוסה ורנדזינה

מקום האגרגאציה	אחוזי האגרגאטים			ה מ י ב נ ה	האופק	עומק השכבה בס"מ	המקום
	0.5-0.25 מ"מ	1.0-0.5 מ"מ	> 1 מ"מ				
1.45	2.6	4.2	88.8	גרעיני-גס	A ₁	12-0	אילון
0.97	12.8	17.1	52.3	גרעיני	B ₁	25-12	
0.60	22.7	27.4	21.6	אגוזי-זעיר	B ₂	48-25	
0.57	24.4	27.5	22.8	עמודי		60-48	
1.44	3.9	6.3	83.1	גרעיני	A	17-0	מעלה החמישה
0.97	13.8	21.7	48.5	גרעיני-זעיר	B	34-17	
0.63	21.9	36.4	25.7	אגוזי-זעיר		60-34	
1.24	5.8	14.6	69.5	גרעיני	A ₁	20-0	

מיבנה השכבות העליונות משוכה, ויוצר תנאי-קרקע נוחים לגידול צמחים. הבדיקה מגלה, כי באופק העליון של הקרקעות מגיעה כמות האגרגאטים הגרעיניים היציבים בעלי קוטר מעל 1 מ"מ ל-80 עד 90%. המיבנה הגרעיני מצוי גם באופק B₁, ושיעור האגרגאטים מהסוג הנדון ניכר בו; באפקים שבהם עובר המיבנה מגרעיני לאגוזי ועמודי, נמצא שיעור נמוך של אגרגאטים בעלי קוטר גדול ממילימטר אחד, והוא מלוכד בעיקר מאגרגאטים בגודל של 0.5 עד 1.0 מ"מ ושל זעירים יותר – 0.25 עד 0.50 מ"מ. הכמות הגדולה של חומר אורגאני קולואידי, שיעורים גבוהים של קולואידים מינראליים בטרה-רוסה ותנאי האקלים המיוחדים של ייבוש והרטבה בסירוגין – כל אלה יצרו תנאים שהביאו להתלכדות יציבה של הפרודות המכאניות השונות בצורת מיבנה מהסוג הגרעיני והאגוזי הזעיר. הקיבול הגבוה של יסודות החילופין, הרכב היסודות שביניהם שולט

הסידן ושכמעט שאין הנתרן בנמצא בהם – אף אלה סייעו בהרבה ליצירת אגרגאטים יציבים בעלי קוטר גדול יותר בטיפוס קרקע זה. הקרקעות הנדונות שייכים לסוג הפוריים, והמיבנה המשובח הוא אחד היסודות שעליהם מתבססת פוריותם. מיבנה טוב זה משמש לקרקע גם תריס בפני פעולות סחף-מים חריפות השולטות באיזור ההרים.

קרקע רנדזינה: קרקע זה הוא מסוג קרקעות הרנדזינה הכהים המתהווים על גבי סלע גירי קשה-למחצה מתקופת האאוקן (1). הקרקע הנדון, לפי הטכסטורה הוא קרקע טיט, עשיר חומר אורגאני ודל גיר (טבלה 1). באופן שנבדק התפתח מיבנה גרעיני, ואחוז האגרגאטים היציבים מסוג גדול יותר (מעל ל-1 מ"מ) מגיע ל-70, וכלל האגרגאטים היציבים מהווים כ-90 אחוז (טבלה א1). מיבנה קרקע הרנדזינה הוא, איפוא, משובח כדוגמת קרקעות הטרה-רוסה. גם בקרקע טיטי זה גרמה מציאותו של החומר האורגאני בשיעור ניכר לליכוד הפרודות הקולואידיות המינראליות עד-כדי צורת מיבנה גרעיני. להופעת צורת אגרגאציה יציבה סייע השיעור הגבוה של יסודות דוערכיים המגיע בטיפוס קרקע זה למעלה מ-98% (5) וכן הגורמים האקלימיים – כהרטבה ויבוש בסירוגין. הקרקע הוא בעל תכונות אינפילטראציה טובים ועמיד בפני סחף בעונת החורף. הוא שייך לסוג הקרקעות הפוריים.

קרקעות לס ודמוי-לס: אלה הם קרקעות אאוליים שהתהוו בתנאי אקלים סמיארידיים וארידיים. מקורם חומר אבקי-מדברי ששקע בנגב הצפוני (1, 4, 24). למעלה ממחצית משקלו של קרקע-הלס מהווה חול צורני דק והיתר טיט-אבק. הקרקע דל בחומר אורגאני (טבלה 2). לפי הטכסטורה שייך הוא לחמרה חולית וחמרה טיט-חולית.

טבלה 2.

הרכב מכאני, חומר אורגאני, גיר ו-pH בקרקע-לס, דמוי-לס וחול חום-אדום

pH	ב א ח ו ז י ם						עומק השכבה בס"מ	טיפוס הקרקע	המקום
	CaCO ₃	חומר אורגאני	חול-גס 2.0-0.2 מ"מ	חול-דק 0.2-0.02 מ"מ	אבק 0.02-0.002 מ"מ	טיט <0.002 מ"מ			
8.0	18.9	0.72	2.7	66.6	12.1	18.6	17-0	לס	סעד
8.0	22.7	0.52	2.2	56.6	17.2	24.0	32-17		
8.0	22.7	0.29	1.1	52.7	19.6	26.6	72-32		
8.1	23.8	0.22	1.2	51.7	19.7	27.4	90-72		
8.0	24.8	0.46	5.4	40.1	21.5	33.0	20-0	לס	דורות
7.8	16.9	0.46	3.6	75.3	13.0	8.1	20-0	דמוי-לס	חצרים
7.7	אין	0.67	6.3	89.0	2.2	2.5	20-0	חול חום-אדום	שפיים

בתנאים האקלימיים החרבים לא הבשיל הקרקע, ובחתך הלס אינם בולטים האפקים, ולעתים קשה להגדירם. המיבנה בלס אינו מפותח. הוא פירורי-אבקי או אבקי, והתלכדותו רפה. שיעור האגרגאטים מהסוג הגדול יותר (מעל ל-1 מ"מ) הוא קטן ונמצא בגבולות 5 עד 10 ובין הזעירים רב יותר בעיקר חלקם של אלה שקטרם הוא 0.25 עד 0.50 מ"מ (טבלה א2). יובש ממושך במשך השנה, כמות דלה של חומר אורגאני, חוליות יתרה של הקרקע, שיעור ניכר של נתרן חליף – אלה היו תנאים בלתי נוחים להיווצרות אגרגאטים יציבים וגדולים. עם השמדת הצמחייה בשעת עיבוד נחשף הקרקע לפעולות-סחף של הרוח. כן נגרף הוא בנקל על-ידי מים. בימות הגשמים ובשעת השקייה בהמטרה מתהדק הקרקע, ונוצר עליו קרום חדיר בקושי למים, דבר המסייע לפעולות הסחף.

טבלה 2א.

המיבנה והרכב האגרגאטים בקרקע-לס, דמוי-לס וחול חום-אדום

מקדם האגרגאציה	אחוזי האגרגאטים			מיבנה	האופק	עומק השכבה בס"מ	המקום
	0.5-0.25 מ"מ	1.0-0.5 מ"מ	> 1.0 מ"מ				
0.29	11.9	4.3	8.9	פרורי	A	17— 0	סעד
0.31	9.8	4.8	10.5	פרורי	B ₁	32—17	
0.32	13.5	6.3	10.0	פרורי-אבקי	B ₂	72—32	
0.27	20.5	7.0	4.8	אבקי	C	90—72	
0.31	16.5	8.9	8.4	חסר-מיבנה	A	20— 0	דורות
0.13	5.2	1.3	1.8		A	20— 0	חצרים
0.17	14.2	1.5	0.8		A ₁	20— 0	שפיים

הקרקע של חצרים שייך לדמוי-לס; מבחינת הטכסטורה דל הוא יותר מהלס במיקטעים דקים, ויש ליהסו לחמרת-חול. הוא דל מאוד בחומר אורגאני, ומכיל שיעור ניכר של גיר (טבלה 2), הקרקע שפיך וחסר כל מיבנה. שיעור האגרגאטים שקטרם מעל למ"מ אחד – זעום; כן דל הוא באגרגאטים זעירים מאלה (טבלה 2א'). קרקע זה אינו יציב.

קרקעות גיריים אפורים: קרקעות אלה הם מעמק-הירדן ועמק בית-שאן. ביסודם התהוו תוך כדי התרווחחות של חורר-הלשון הנפוץ בעמקים אלה. על חומר התרווחחות זה הצטרף גם סחף גירי מהרי הסביבה. הקרקעות עמוקים, חתכיהם לרוב לא-מפותחים ואפקיהם אינם בולטים; הם עשירי גיר, מכילים יחסית שיעור ניכר של חומר אורגאני; לפי הרכבם המכאני שייכים הם לחמרה טיטית וטיט (טבלה 3), המבנה הוא אגוזי בינוני או פירורי; בקרקע מהסוג הכבד יותר עובר המיבנה הפירורי – לפריזמאטי באופק. האגרגאטים שגדלם למעלה מ-1 מ"מ, כמותם בינונית או מוגבלת באפקים – וירודה בעומק גדול יותר (טבלה 3א'). האגרגאטים המשמשים יסוד למיבנה האגוזי והפירורי של הקרקעות בחלקם הגדול שייכים לזעירים. קרקעות אלה מצטיינים בתכונות פיסיקא-ליות נוחות במיוחד מבחינת חילחול-מים והאווירור. הדבר תלוי במידה רבה בנכוחותם של שיעורי גיר ניכרים בקרקע ובהרכבו הספציפי של הטיט, שבחלקו הגדול הוא מורכב מגיר, (2). הקרקעות די יציבים כלפי פעולות סחף; עיבודם בכלים מכאניים שונים הוא קל ביחס.

טבלה 3.

הרכב מכאני, חומר אורגאני, גיר ו-pH בקרקעות גיריים-אפורים

pH	ב א ח ו ז י ם						עומק השכבה בס"מ	המקום
	Ca CO ₃	חומר אורגאני	חול גס -0.2 מ"מ	חול דק -0.2 מ"מ	אבק -0.02 מ"מ	טיט < 0.002 מ"מ		
7.9	41.1	1.9	6.3	33.1	20.7	33.9	17- 0	דגניה
7.9	43.6	1.2	5.4	34.2	25.9	34.5	43-17	
7.9	49.6	0.58	5.7	29.1	30.6	34.6	73-43	
7.9	53.2	0.43	6.1	30.6	23.0	40.3	90-73	
7.7	57.9	2.8	4.6	20.6	32.4	42.4	15- 0	מסילות
7.9	54.6	1.3	6.1	19.6	32.0	42.3	48-15	
7.9	44.1	0.72	3.7	15.2	32.2	48.9	75-48	
8.0	48.1	0.60	4.3	14.0	30.6	51.1	90-75	
7.9	37.2	1.5	1.8	18.2	30.7	49.3	20- 0	אשדות-יעקב

טבלה 3 א'

המיבנה והרכב האורגאנים בקרקעות גיריים-אפורים

מקדם האורגאניה	אחוז האורגאנים			מיבנה	האופק	עומק השכבה בס"מ	המקום
	0.5-0.25 מ"מ	1.0-0.5 מ"מ	> 1.0 מ"מ				
0.70	13.9	7.0	34.4	אגוזי בינוני	A ₁	17- 0	דגניה
0.42	19.8	12.3	15.8	אגוזי	A ₂	43-17	
0.31	18.4	7.9	10.1	פירורי	B	73-43	
0.20	17.5	6.3	6.8	פירורי		90-73	מסילות
0.53	7.6	13.6	16.7	פירורי בינוני	A ₁	15- 0	
				וגדול			
0.74	25.4	20.8	27.8	"	A ₂	48-15	
0.44	27.5	12.0	13.5	פריזמאטי	B	75-48	אשדות יעקב
0.55	31.4	19.1	16.7	פריזמאטי		90-75	
0.56	17.9	10.4	24.1			20- 0	

קרקעות אלוביאליים שמוצאם מאדמה אדומה יס-תיכונית: בטבלה 4 מובאים נתוני ההרכב המכאני, כמויות החומר האורגאני והגיר של קבוצות קרקעות אלוביאליים ושל קרקע קולוביאלי. חומר המוצא שלהם הוא אלוביום של אדמות אדומות יס-תיכוניות; מקורו בעיקר בפורמאציות גיריות, במקרה אחד נוסף עליו גם חומר ממוצא בזלתי. יש ועל אלוביום של האדמה האדומה הם תיכונית נוסף גם אלוביום של רנדזינה או מישקע אאולי.

טבלה 4

הרכב מכאני, חומר אורגאני, גיר ו-pH בקרקעות אלוביאליים

pH	ב א ח ר ז י ם						עומק השכבה בס"מ	סוג האלוביום	המקום
	CaCO ₃	חומר אורגאני	חול-גס -0.2 2.0 מ"מ	חול-דק -0.2 0.02 מ"מ	אבק -0.02 0.002 מ"מ	טיט <0.002 מ"מ			
7.8	1.7	3.1	1.0	12.6	19.2	67.2	17- 0	קולוביום של טרה-רוסה	חלסה
7.8	1.5	2.3	1.2	10.9	20.4	67.5	34-17		
7.9	4.8	1.6	1.1	12.4	19.6	66.9	71-34		
7.9	2.7	1.2	1.3	11.8	19.3	67.6	90-71		
7.8		1.4	1.0	18.2	18.9	61.9	22- 0	אלוביום של אדמה-אדומה יס-תיכונית ממוצא גירי ושל רנדזינה	מרחביה
7.7	14.8	1.1	0.8	16.1	20.6	62.5	38-22		
7.8	16.0	0.97	0.8	15.4	20.7	63.1	78-38		
7.9	15.0								
	16.4	0.88	1.3	15.3	20.3	63.1	90-78		
7.7	5.9	1.1	1.4	14.0	18.9	65.7	15- 0	אלוביום של אדמה-אדומה יס-תיכונית ממוצא גירי ושל רנדזינה	רמת-דוד
7.6	6.4	0.93	1.2	14.3	18.3	66.2	37-15		
7.7	5.8	0.74	1.0	13.6	18.5	66.9	70-37		
7.8	6.9	0.65	1.5	13.4	17.7	67.4	90-70		
7.8	9.6	1.7	1.2	13.5	19.9	65.4	20- 0	כנ"ל	נהלל
7.7	13.4	0.81	4.7	56.6	14.2	24.5	21- 0	אלוביום של אדמה-אדומה יס-תיכונית משקע אאולי	בריר
8.0	14.8	0.66	2.4	55.1	15.4	27.1	55-21		
7.8	17.8	0.60	2.0	41.0	19.0	38.0	65-55		
7.9	16.7	0.49	2.5	43.1	18.0	36.4	90-65		

כל הקרקעות האלוביאליים – להוציא זה שיש בו תוספת גם מן המישקע האאולי – הם כבדים בכל אפקי החתר, ושייכים לסוג קרקעות-הטיט. הקרקע המכיל גם חומר אאולי שייך לסוג המרה טיט-חולי באופק A, וטיט-חולי – באופק B. כל הקרקעות מכילים גיר בשיעורים שונים; הם דלים יחסית בחומר אורגאני, חוץ מקולוביום של טרה-רוסה. מבנם גרעיני או אגוזי גס ובינוני באפקיהם העליונים, ופרורי או פריזמאטי באפקיהם התחתונים (טבלה 4א) כל הקרקעות האלוביאליים הכבדים אינם מכילים אלא שיעור מוגבל של אגרגאטים שקוטרם מעל למ"מ אחד, אך גבוה בהם שיעור האגרגאטים היציבים הקטנים מאלה; האגרגאטים הזעירים שביניהם המצויים בשיעור ניכר באים לפגוע בתכונות הפיסיקאליות של הקרקעות. הקרקעות הנדונים ידועים כבעלי חילחול-מים איטי, ותנאי איוורור לקויים בזמן ההשקיה.

טבלה 4 א.

המיבנה והרכב האגרגאטים בקרקעות אלובאליים

מקדם האגרגאציה	אחוזי האגרגאטים			מיבנה	האופק	עומק השכבה בס"מ	המקום
	0.25-0.5 מ"מ	0.5-1.0 מ"מ	> 1.0 מ"מ				
0.84	21.1	12.0	41.5	גרעיני גס ובינוני	A ₁	17-0	חלסה
0.75	17.1	18.7	35.8	גרעיני גס ובינוני	A ₂	34-17	
0.54	28.3	19.7	17.1	פרורי זעיר	B	71-34	
0.34	37.1	19.2	7.6	פרורי זעיר	B	90-71	מרחביה
0.34	19.4	12.4	13.3	גרעיני גס ובינוני	A	22-0	
0.46	25.7	18.9	15.9	גרעיני וקשקשי	A	38-22	
0.41	29.4	21.1	11.8	פריזמאטי	B	78-38	רמת-דוד
0.48	34.1	23.6	11.6	פריזמאטי	B	90-78	
0.69	25.3	24.7	25.8	גרעיני בינוני	A ₁	15-0	
0.50	33.2	26.5	12.0	גרעיני גס	A ₂	37-15	נהלל בריר
0.47	32.0	31.7	10.4	פרורי זעיר ובינוני	B	70-37	
0.68	28.3	34.7	18.8	"	B	90-76	
0.53	23.1	17.3	16.8	"	A	20-0	
0.30	14.2	4.0	10.3	אגוזי גס ובינוני	A	21-0	
0.40	11.7	5.8	16.4	"	A	55-21	
0.46	16.2	10.4	15.2	פרורי-גס	B ₁	65-55	
0.41	21.6	12.5	13.6	פריזמאטי	B ₂	90-65	

האגרגאציה המפותחת פחות היא בקרקע האלוביאלי מהסוג הקל יותר, שעליו נוסף גם אבק אאולי מהאיזור המדברי; האגרגאטים הזעירים מהווים בו שיעור ניכר. שונה מבחינת האגרגאציה הקולוביום של הטרה-רוסה. קרקע זה עשיר בחומר אורגאני, מכיל שיעור ניכר של אגרגאטים בעלי קוטר גדול ממילימטר אחד. סוג אגרגאטים זה נמצא באופק A. עם העומק הולך ורב שיעור האגרגאטים הזעירים יותר כבקרקעות אלוביאליים כבדים.

קרקע חול חוס'אדום: קרקע מטיפוס זה התהווה על גבי אבן גירית-חולית המכונה "קורקר" (24, 3), או במישרין מחולות נודדים (6). מבחינת הטכסטורה שייכים הם לקרקעות חול, חמרה-חולית, חמרה ולפרקים חמרה-טיטית. אופק A הוא לרוב חולי. הקרקעות דלים בחומר אורגאני, שלרוב אינו מצוי בהם אלא בגבולות עשירות אחדות של אחוז. רובם חסרי גיר; קיבול יסודות החילופין מוגבל. בטבלה 2 מובא הרכבו המכאני של קרקע חול שנקבעה בו האגרגאציה. הבדיקה היא של אופק A.

בקרקע הנדון לא התהוו אגרגאטים שקטרם מעל ל-1 מ"מ. האגרגאטים, במידת קיומם, הם מהסוג הזעיר.

דלות טיט וחומר אורגאני לעומת שיעור גבוה של פראקציות שלדיות אינו מאפשר למעשה בשכבות החוליות של קרקע החול חום-אדום את היווצרותו של מיבנה ראוי לציון, ולכן יש ליחסו כמעט למחוסרי-מיבנה.

° °

את טיפוס הקרקע השונים שנבדקו אפשר לחלק, מבחינת האגרגציה, ל-4 קבוצות. החלוקה נעשתה בסיוע מספרי מקדם-האגרגציה לפי הנוסחאות של ואן באוול (8). מקדם-אגרגציה זה משקף את האגרגציה בצורה כוללת.

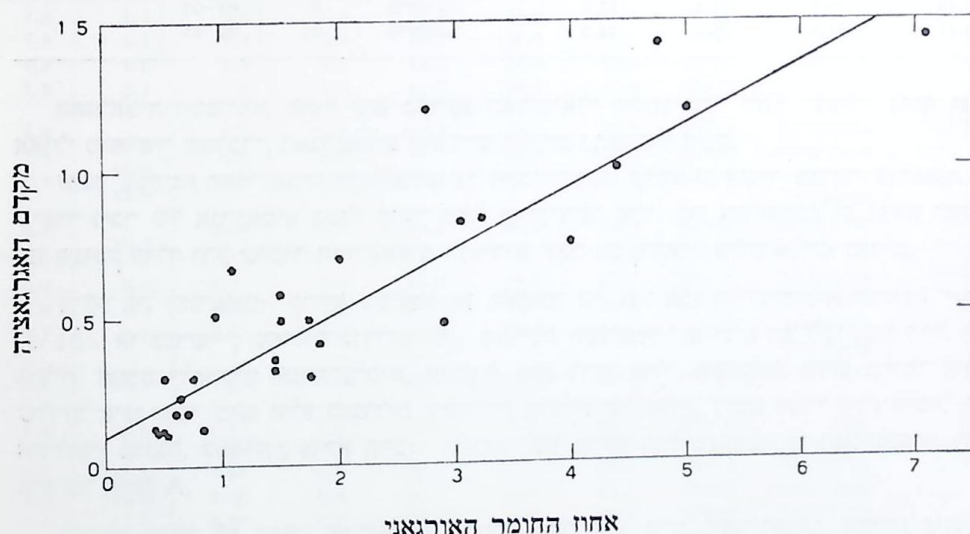
(א) קרקעות בעלי אגרגציה ($0.5 > \text{מ"מ}$) יציבה מפותחת מאוד. באופק העליון מצטיינים הם במיוחד בשיעור גבוה מאוד של אגרגטים בעלי קוטר גדול מ-1 מ"מ ובשיעור גבוה באופק שלאחריו. על קבוצה זו מתייחסות האדמות האדומות היס-תיכוניות (טרה-רוסה) ורנדזינה (ממוצא סלע גיר קשה-למחצה). הכמות הכוללת של אגרגטים שקטרם גדול מ-0.5 מ"מ נמצאת באופק העליון של קרקעות-הבור בגבולות קרובים ל-90 אחוז, ובאופק השני כ-70 אחוז.

(ב) קרקעות בעלי אגרגציה ($0.5 > \text{מ"מ}$) יציבה - בינונית באופקים A_1, A_2 , אך מוגבלים באגרגאטים שקטרם גדול ממילימטר אחד.

לקלובים של טרה-רוסה ולאלוביום של אדמות אדומות יס-תיכוניות, ולקרקעות הגיריים האפורים - אגרגציה מהסוג הנדון. שיעור האגרגטים מעל לחצי מ"מ הוא לרוב בגבולות של 30 עד 50 אחוז באופקים העליונים.

(ג) קרקעות בעלי אגרגציה ($0.5 > \text{מ"מ}$) יציבה מוגבלת ודלים באגרגטים בעלי קוטר גדול ממילימטר אחד. בקרקעות-הלס אגרגטים גדולים מ-0.5 מ"מ הם בגבולות של כ-15 אחוזים.

(ד) קרקעות בעלי אגרגציה ($0.5 > \text{מ"מ}$) יציבה מבוטלת; הם חסרים למעשה אגרגטים מן הקוטר הנדון. קרקעות-חול חומים-אדומים וקרקעות דמויי-לס כלולים במסגרת זו.



ציור 1. היחס בין מקדם האגרגציה לבין שיעור החומר האורגאני בקרקע

החומר האורגאני מילא תפקיד ראשון-במעלה ביצירת האגרגאטים הגדולים יותר מ-1.0 מ"מ; הקשר בין החומר האורגאני לבין האגרגאטים מהסוג הנדון בולט באדמות טרה-רוסה ורנדזינה, ובמיוחד באפקים העליונים שבהם הצטבר החומר האורגאני. בקרקעות מטיפוסים אחרים, שבהם שיעור החומר האורגאני קטן יותר – נמוך, איפוא שיעור האגרגאטים הגדולים ממילימטר אחד. בחומר האורגאני תלויה גם היווצרות האגרגאטים היציבים מהסוג הקטן יותר (0.5 עד 1.0 מ"מ). מתרשים 1 ניתן לראות את הקשר בין האגרגאציה (באופק A) המבוטאת בתור מקדם האגרגאציה לבין שיעור החומר האורגאני בקרקע.

אשר לקשר שבין מידת האגרגאציה לבין הטכסטורה של הקרקעות, נראית תלות כללית בין האגרגאציה לבין שיעור הטיט בקרקעות. מקדם הקורלאציה, המבטא את התלות בין אגרגאטים גדולים מ-1 מ"מ לבין שיעור הטיט הוא 0.60 ומובהק בדרגה של 1%. הגיריות הגבוהה בקרקעות לא הפריעה ליצירת אגרגאטים יציבים בעלי קוטר גדול מ-0.5 מ"מ. האגרגאציה הכוללת בשכבת החריש בקרקעות עשירי-גיר (40 עד 60%) דומה או שווה לזו של קרקעות אלוביאליות בעלי שיעור גיר מוגבל יותר (2 עד 15%). כן דומים הקרקעות מבחינת שיעורי האגרגאטים בעלי קוטר גדול ממילימטר אחד, ולפעמים שיעורם גדול יותר בקרקעות הגיריים.

השפעת העיבוד על האגרגאציה

בקרקעות מטיפוסים שונים נקבעה השפעת העיבוד וההשקיה על האגרגאציה. נבחנה שכבת החריש משטחי-בור, משדות-בעל ושדות השקיה. בכל משק ומשק נבדקו הקרקעות מהטיפוס הנבחר משטחים סמוכים ככל האפשר, שקיבלו עיבוד שונה. ההרכב המכאני של הקרקעות שיעור הגיר וה-pH דומים בשדה הבור ובשדות המעובדים. הקרקעות שבהם נבדקה האגרגאציה הם: טרה רוסה, רנדזינה, קרקע אלוביאלית, קרקע גירי-אפור, קרקע לס ודמויי-לס. הנתונים ביחס להרכבם של הקרקעות משטחי הבור מובאים בטבלאות 1 עד 4. בטבלה 5 ניתנים אחוזי החומר האורגאני בקרקעות-בור וקרקעות מעובדים.

טבלה 5

שינויים בכמות החומר האורגאני בקרקעות עם עיבודם

מספר שנות ההשקיה	אחוזי החומר האורגאני			הטיפוס	המקום
	שלחין (גן ירק)	בעל	בור		
5	4.0	4.9	7.1	טרה-רוסה	אילון
8	3.2	2.7	5.0	רנדזינה	דליה
10	1.7	1.4	1.5	קרקע גירי-אפור	אשדות-יעקב
10	1.8	1.5	1.7	קרקע אלוביאלית	נהלל
8	0.61	0.61	0.46	לס	דורות
5	0.67	0.46	0.67	חול חום-אדום	שפיים
2	0.46	0.41	0.46	דמויי-לס	חצרים

מתוך הנתונים נראה שבקרקעות עשירים בחומר אורגאני, דוגמת טרה-רוסה ורנדזינה, ירד, במידה בולטת מחמת העיבוד וההשקיה, שיעור החומר האורגאני. לאחר 5 שנות עיבוד והשקיה של טרה-רוסה, (אילון) שהיתה לפני כן אדמת-בור, הפסיד הקרקע בתקופה קצרה זו יותר מ-40 אחוז מהחומר האורגאני, וקרקע-הבעל לאחר 8 שנות עיבוד – יותר מ-30 אחוז לעומת כמות

החומר האורגאני שנמצא בחלקת הבור הסמוכה. לאחר 8 שנות עיבוד והשקיה של קרקע בור מטיפוס רנדזינה (דליה) הפסיד הקרקע קרוב ל-40 אחוז מהחומר האורגאני, וקרוב ל-50 אחוז לאחר עיבוד בעל שנים מספר. יש להביא בחשבון, כי קרקעות השלחין קיבלו לעיתים מזומנות זבל בהמות.

בקרקעות שבהם שיעורי החומר האורגאני בינוניים או נמוכים, אין הפסדי החומר האורגאני בולטים אלא במידה קטנה בשדות הפלחה, ובשדות השלחין המקבלים לעתים, כאמור, זבל בהמות מופיעה אף מידת-מה עליה של החומר האורגאני. גם השינויים באגרזציה תוך עיבוד הקרקע בולטים במיוחד בקרקעות עשירי-חומר אורגאני, המצטיינים בדרך כלל באגרזציה משובחת (טבלה 6).

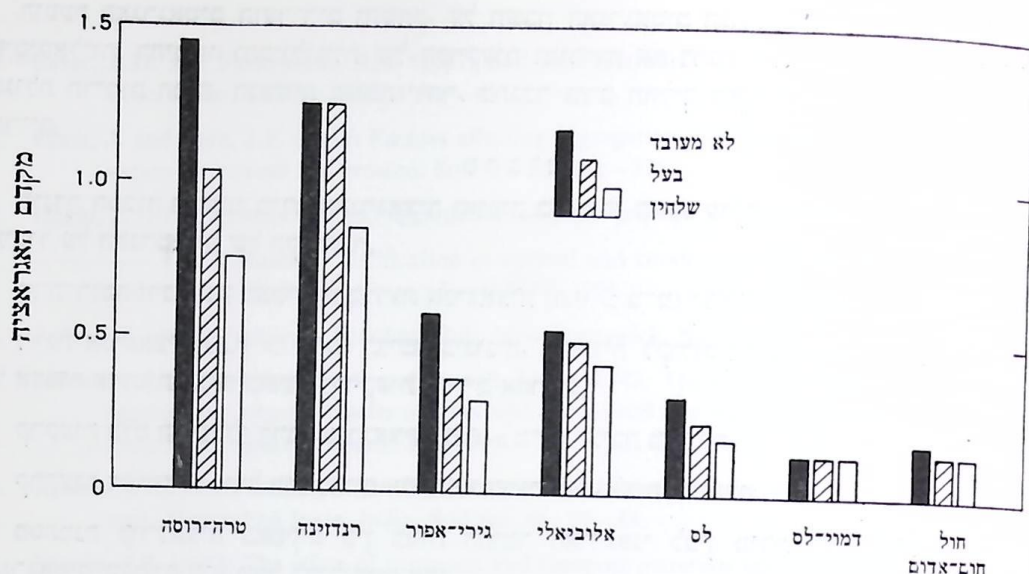
טבלה 6.

שינויים בהרכב האגרזטים עם עיבוד הקרקעות

המקום	הטיפוס	ב ו ר			ב ע ל			ש ל ח ין (גן-ירק)		
		אחוזי האגרזטים			אחוזי האגרזטים			אחוזי האגרזטים		
		מקדם האגר-גאציה	-0.25 מ"מ	-0.5 מ"מ	1.0 מ"מ	מקדם האגר-גאציה	-0.25 מ"מ	-0.5 מ"מ	1.0 מ"מ	מקדם האגר-גאציה
אילון דליה	טרה-רוסה רנדזינה	88.8	4.2	2.6	1.45	53.8	16.1	16.7	1.03	34.8
אשדות-יעקב	קרקע גירי-אפורי	69.5	14.6	5.8	1.24	69.2	15.2	6.6	1.24	39.4
נהלל	קרקע אלוביאלית	24.1	10.4	17.9	0.58	12.5	7.8	16.7	0.37	5.2
דורות	קרקע אלוביאלית	16.8	17.3	23.1	0.53	12.0	22.2	29.4	0.49	8.8
שפיים	לס	8.4	8.9	16.5	0.31	8.7	2.9	7.9	0.23	1.9
חצרים	חול חום-אדום דמוי-לס	0.8	1.5	14.2	0.17	0.6	1.4	10.4	0.14	0.6
		1.8	1.3	5.2	0.13	2.3	1.3	4.3	0.13	1.9

שיעור האגרזטים בעלי קוטר מעל מ"מ אחד בטרה-רוסה ירד במידה רבה — ב-40 אחוז בשטח עיבוד בעל, וב-60 אחוז בקרקע מושקה. ברנדזינה לא נמצא שינוי באגרזטים אלא בשטח בעל, אך כמותם פחתה ב-40 אחוז בשטח שלחין. תוך כדי התפוררותם נהפכו בחלקם האגרזטים מהקוטר הגדול ($1.0 > \text{מ"מ}$) לבעלי קוטר קטן יותר (0.5 עד 1.0 מ"מ); בחלקם נהפכו לאגרזטים זעירים (0.25 עד 0.5 מ"מ). נוסף על-כך הביאו העיבוד וההשקיה חלק מהאגרזטים הגדולים יותר להתפוררות מרחיקת-לכת, בהפכם אותם לשחק, שקוטר פרודותיו הוא למטה מ-0.25 מ"מ. תקופת שנים קצרה של השקיה, די היה בה לערער חלק ניכר מהאגרזטים היציבים הגדולים, ולגרום במידה ניכרת לאיבוד הקרקע. השינויים שחלו במצב האגרזציה עם עיבוד הקרקע בולטים כמורכב בקרקע הגיר האפורי ובקרקע האלוביאלית. אחוז האגרזטים שקטנם הוא מעל למ"מ אחד, ושכמותם בטיפוסי קרקעות אלה היא קטנה יחסית, ירד בקרקע הגירי, לאחר 10 שנות השקיה, בשדה בעל ב-50 אחוז, ובשטח שלחין עד כדי 80 אחוז. הם נהפכו בעיקר לאגרזטים מהסוג הזעיר, וחלק ניכר מהם אף לשחק. בגלל העיבוד וההשקיה התפוררו במידה ניכרת האגרזטים הגדולים גם בקרקע האלוביאלית של נהלל. גם בקרקע-הלס חל שינוי ניכר לרעה בהרכב האגרזטים לאחר השקיית השטח במשך שנים ספורות. בקרקע זה התפוררו האגרזטים במיוחד מחמת השקיה ונהפכו לשחק. לא חלו שינויים ראויים לציון בשאר טיפוסי הקרקע — דמוי-לס וקרקע חול חום-אדום, הקרקעות הקלים שבדרך-כלל האגרזציה בהם מוגבלת והם כמעט חסרי מיבנה.

השפעת העיבוד וההשקיה על האגרזציה בטיפוסי הקרקע השונים בולטים במיוחד מנתוני מקדם האגרזציה המובאים בתרשים מס' 2.



טיפוסי קרקע

ציוד 2. השפעת העיבוד וההשקיה על האגרגציה בטיפוסי קרקע שונים.

הריסת המיבנה הגרעיני המשובח, נוסף על העיבוד המכאני של הקרקע בכלים שונים, באה בעיקר מחמת התפרקות החומר האורגאני, הממלא תפקיד ראשון-במעלה ביצירת המיבנה הגרעיני היציב. החומר האורגאני המצטבר בקרקע-בור מהצמחיה הטבעית הולך ומתפרק עם עיבוד הקרקע לאחר השמדת הצמחיה. האגרגאטים בעלי הקוטר השונה מתחילים להתדלדל מבחינת החומר האורגאני, אך קודם נשארים יציבים כפי הנראה עד גבול מסוים של איבוד החומר האורגאני, אשר למטה ממנו מתחילה התפוררות האגרגאטים במידה אינטנסיבית. בטבלה 7 רואים את ההבדלים הניכרים שבכמות החומר האורגאני באגרגאטים בעלי קוטר שווה בקירוב בשדה-בור, בשדה-בעל ושלחין. בקרקע טרה-רוסה ורנדזינה. החומר האורגאני הולך ויורד בהם בהדרגה והוא תלוי באופן ניצול הקרקע.

טבלה 7.

השפעת עיבוד והשקיה על השינויים בכמות החומר האורגאני באגרגאטים

המקום	טיפוס הקרקע	מ"מ > 1.0			מ"מ 1.0-0.5			מ"מ 0.5-0.25		
		בור	בעל	שלחין	בור	בעל	שלחין	בור	בעל	שלחין
אילון דליה	טרה-רוסה רנדזינה	5.9	4.8	3.7	6.0	4.1	3.6	6.2	4.3	3.5
		4.8	3.6	3.4	4.5	3.4	3.4	4.8	3.3	3.4

ההפסד הגדול ביותר בחומר אורגאני מופיע באדמה מושקית, והאגרגאטים בה הגיעו, כנראה, לדרגה שהם לכדות בהם רופפת כבר; ואמנם בשדה שלחין מזורז ביותר תהליך התפוררות האגרגאטים הגדולים יותר לקטנים. בשטחי שלחין עלול עוד למלא תפקיד מערער את יציבות האגרגאטים גם הנתרן של מ-ההשקיה. החודר לקולואידים המינרליים והאורגאניים, והמסייע להרחקתם מתוך האגרגאטים בעת הגשמים.

הופעת האגרגטים הזעירים והשחק, על חשבון האגרגטים הגדולים יותר, פוגעת בתכונות הפיסיקאליות, החימיות והביולוגיות של הקרקעות ומורידה את דרגת פוריותם. יחד עם השינויים בסגולת חדירות המים, הנעשית פגומה יותר, מתגבר גורם תהליך סחף הקרקע, במיוחד באזורים ההרריים.

ס י כ ו ם

הוגדר המבנה ונקבעו מידת האגרגציה ואופיה בטיפוסי קרקע עיקריים בארץ; נחקרה השפעת העיבוד על האגרגציה של הקרקעות.

טרה-רוסה ורנדזינה מצטיינות בדרגת אגרגציה ($0.5 > M^m$) יציבה גבוהה מאוד.

דרגת אגרגציה ($0.5 > M^m$) יציבה-בינונית, אופינית לקלוביום של טרה-רוסה, אלוביום של אדמות אדומות יס-תיכוניות וקרקעות גיריים אפורים.

קרקעות הלס הם בעלי דרגת אגרגציה ($0.5 > M^m$) יציבה מוגדלת.

קרקעות דמויי-לס וחול חום-אדום הם בעלי דרגת אגרגציה מבוטלת.

מסתמנת קורלאציה באפקים בין כמות החומר האורגני לבין מידת האגרגציה, ובמיוחד באגרגטים שקטרים הוא מעל למילימטר אחד.

אגרגציה יציבה מפותחת יפה נוצרת בקרקע גם כתנאים של שיעורי גיר גבוהים ($40-CaCO_3$ עד 60%).

עיבוד קרקעות-בור במשך 5 עד 10 שנים הביא בעקבותיו הפסדי חומר אורגני ובעיקר חלו, כתוצאה מכך, שינויים מרחיקי-לכת באגרגציה. הפסדי החומר האורגני היו ניכרים מאוד בקרקעות טרה-רוסה ורנדזינה. עם העיבוד וההשקיה חלה בקרקעות ירידה רבה בכמות האגרגטים בעלי קוטר מעל למ"מ אחד בגלל התפוררותם לאגרגטים זעירים; כן נהפך חלק ניכר מהאגרגטים לשחק ($0.25 < M^m$). במיוחד נפגעת איכות האגרגציה בשטחי שלחין.

ס פ ר ו ת

1. זהרי, מ. (1955) גיאובוטאניקה; הוצאת ספרית-הפעלים, מענית.
2. רביקוביץ, ש. (1946) הקרקעות המלחים בעמק הירדן הדרומי וטיובם. התחנה לחקר-הקלאות, רחובות, קונטרס ל"ט.
3. ——— (1950) קרקעות חול חומים-אדומים בשרון ובשפלה. התחנה לחקר-הקלאות, רחובות, קונטרס נ"ה.
4. ——— (1952) קרקעות אאוליים בנגב. "כתבים", כרך ב'—ג': 1—36.
5. ——— ופינס, פ. (1955) קרקעות החרים בישראל. "היער" קובץ ד': 59—63.
6. ——— ורמתי, ב. (1957) ניצול חולות נודדים לחקלאות והשינויים המתהווים בהם עם הגידולים. "כתבים", כרך ז', חוב' ב'—ג':

7. Anonymous (1947) Metody agrokhimicheskikh i agrofizicheskikh isledovaniy v polivnikh khlopkovikh raionakh. Izd. Narkomzem. SSSR.
8. van Bavel, C.H.M. (1949) Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. Proc. Amer. Soil Sci. Soc. 14: 20—23.
9. ——— and Schaller, F.W. (1951) Soil aggregation, organic matter and yields in a long time experiment as affected by crop management. Proc. Amer. Soil Sci. Soc. 15: 399—404.

10. **Baver, L.D. and Farnsworth, R.B.** (1941) Soil structure effects in the growth of sugar beets. *Proc. Amer. Soil Sci. Soc.* 5: 45—48.
11. **Elson, J. and Lutz, J.F.** (1940) Factors affecting aggregation of Cecil soils and effect of aggregation on run-off and erosion. *Soil Sci.* 50: 265—276.
12. **Hagin, J.** (1952) Influence of soil aggregation on plant growth. *Soil Sci.* 74: 471—478.
13. ——— (1955) Rates of nitrification in natural and conditioner formed soil aggregates of various sizes. *Bull. Res. Council. Israel* 5: 98—104.
14. **Joffe, J.S.** (1949) *Pedology*, Pedology Pub. New-Brunswick, N.J.
15. **Johnston, J.R., Browning, G.M. and Russell, M.B.**, (1942) The effect of cropping practices on aggregation, organic matter content and loss of soil and water in the Marshal silt loam. *Proc. Amer. Soil Sci. Soc.* 7: 105—107.
16. **Krishna, P.G. and Perumal, S.** (1948) Structure in black cotton soils of the Nizamsagar project area, Hyderabad State, India, *Soil Sci.* 66: 29—38.
17. **Martin, J.P.** (1942) The effect of composts and compost materials upon the aggregation of the silt and clay particles of Collington sandy loam, *Proc. Amer. Soil Sci. Soc.* 7: 218—222.
18. **Middleton, J.E.** (1930) Properties of soils which influence soil erosion U.S.D.A. *Tech. Bull.* 178 pp. 15.
19. **Nikiforoff, C.C.** (1941) Morphological classification of soil structure. *Soil Sci.* 52: 193—212.
20. **Monselise, S.P. and Hagin, J.** (1955) Influence of soil aggregation on the rooting of carnation cuttings. *Plant and Soil* 6: 245—250.
21. **Peele, T.C.** (1937) The relation of certain physical characteristics to the erodibility of soils. *Proc. Amer. Soil Sci. Soc.* 2: 97—100.
22. ——— and **Beale, O.W.** (1941) Effect on runoff and erosion of improved aggregation resulting from the stimulation of microbial activity. *Proc. Amer. Soil Sci. Soc.* 6: 176—182.
23. ———, **Lahtam, E.E. and Beale, O.W.** (1954) Relation of the physical properties of different soil types to erodibility. *S. Carolina Agr. Exp. Sta. Bull.* 357.
24. **Reifenberg, A.** (1947) *The Soils of Palestine*. Thomas Murby & Co. London.
25. **Richards, S.J., Neal, O.R. and Brill, G.D.** (1949) Aggregation of the silt and clay soil separates in relation to yield and runoff on coastal plain soils. *Proc. Amer. Soil Sci. Soc.* 13: 23—26.
26. **Russell, E.J.** (1950) *Soil Conditions and Plant Growth*. Longmans, Green & Co. London, N.Y. and Toronto.
27. **Rynasiewicz, J.** (1945) Soil aggregation and onion yields. *Soil Sci.* 60: 387—396.
28. **Sideri, D.J.** (1936) On the formation of structure in soil II. *Soil Sci.* 42: 462—479.
29. ——— (1938) On the formation of structure in soil IV. *Soil Sci.* 46: 129—138.
30. **Soil Survey Staff** (1951) *Soil Survey Manual*. U.S.D.A. Bureau of Plant Ind. Soils and Agric. Eng.
31. **Wright, C.H.** (1939) *Soil Analysis*. Thomas Murby & Co. London.
32. **Yoder, C.H.** (1936) A direct method of aggregation analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Amer. Soc. Agr.* 28: 337—350.