



# זמינות הזרחן שבגבס הזרחתי לצמחים

מאת ב. בר-יוסף, ט. מרקוביץ, ר. קרן, המחלקה לכימיה של הקרקע והזנת הצמח, מינהל המחקר החקלאי\*

נבדקה הזמינות לצמחים של זרחן שמקורו בגבס זרחתי — יחסית לזרחן שמקורו בסופרפוספט, וכן השפעה על הצמיחה — של גבס זרחתי לעומת גבס שאינו מכיל זרחן. החמרים השונים עורבבו באדמה גרומוסולית סולונצית, הדורשת טיוב בגבס. האדמה נאזזה בעציצים, ונבדקה התגובה של צמחים צעירים של חיטה, פלפל וכותנה שגודלו בתנאים מבוקרים — לרמות עולות של סופרפוספט, גבס זרחתי וגבס אנליטי.

נמצא, שהזרחן שבגבס הזרחתי זמין לצמחים, אולם כושר ניצולו שונה ממין למין, והוא משתנה עם הזמן. הסדר היורד ביעילות הניצול היה חיטה, כותנה, פלפל. כערך מייצג לשלושת הגידולים ולזמן הניסוי, הרי 1000 ק"ג גבס זרחתי הם שווי-ערך, מבחינת הזרחן שבהם, לכ-17 ק"ג סופרפוספט. הגבס חסר הזרחן לא השפיע בנקסי הנוכחי על משקל החומר הטרי או על יכולת הזרחן.

מבוא

שבו השתמשנו הכיל כמות אפסית של זרחן. שיעור הזרחן הצורף בסופרפוספט היה 8.4%.

הצמחים שגודלו בעציצים שהכילו ק"ג אחד אדמה מיובשת (באוויר). קיבול העציץ היה 35% ממשקל האדמה היבשה. השקיה ניתנה כאשר מלאי המים בעציץ הגיע לכדי מחצית קיבולו, וההשלמה היתה לפי משקל עד 90% מקיבול העציץ.

הצמחים גדלו בחדר צמיחה בעל פוטופריודה של 17 שעות אור ו-7 שעות חושך, בטמפרטורה של  $24 \pm 2$  מ"צ ביום וכ-20 מ"צ בלילה.

נבדקו שלושה גידולים:

א. חיטה. הזריעה נעשתה ב-1.5.80, לאחר הוספת מקורות הזרחן השונים לקרקע. לאחר הנביטה נעשה דילול ל-10 נבטים לעציץ. עד 10/5 היתה ההשקיה במים מזוקקים, ואחרי-כן — בתמיסה המכילה 50 ח"מ חנקן כאמון חנקתי (בכל הטיפולים). הצמחים נקצרו ב-25.5.80.

ב. פלפל. הזריעה נעשתה באותם עציצים, ביום 11.6.80. ביום 7.7.80 נעשה דילול ל-5 צמחים לעציץ. עד 9.7.80 היתה ההשקיה במים מזוקקים. ממועד זה ועד 23/7 הוספה תמיסת אמון חנקתי 50 ח"מ חנקן. מ-24.7.80 ועד 3.8.80 (סיום הניסוי) היתה ההשקיה בתמיסה המכילה 75 ח"מ חנקן (כאמון חנקתי). כותנה. מסיום ניסוי הפלפל הוחזקו האדמות שבעציצים —

ג. ברטיכות של קיבול עציץ. ב-17.12.80 נדגמו האדמות לבדיקת ריכוז החנקן המינרלי והזרחן בהן. ב-12.2.81 נזרעה כותנה לאחר ההצצה נעשה דילול לשני צמחים לעציץ. ההשקיה ניתנה כמתואר לעיל, הדישון עד 20 יום היה באמון חנקתי בריכוז 50 ח"מ חנקן; אחרי-כן הוגדל הריכוז ל-75 ח"מ. הניסוי הסתיים ב-30.3.81, ובאותו יום נדגמה האדמה לאנאליזה אחרונה. לא היה הפרש מובהק בין תוצאות בדיקות הקרקע בשתי הדגימות האחרונות. הטיפולים, בארבע חזרות, מפורטים בטבלה 1.

גבס זרחתי, שהוא מוצר-לוואי של תעשיות הדשנים הזרחניים, משמש לטיוב קרקעות עשירות בנתרן או קרקעות מושקות במים נתרניים (3, 4). בזמן האחרון נשקלת האפשרות להוסיף גבס גם לשטחי בעל שאינם מוגדרים כנתרניים. כדי להגדיל את כושר החי-זור של הקרקע ולהקטין הפסדי מים בנגר על-קרקעי\*\*. כמויות הגבס שיש להוסיף לקרקע הן גדולות — בין 0.5 ל-3 טונות לדונם, בהתאם לתנאים. הגבס הזרחתי מכיל 0.3% עד 0.7% זרחן צרוף, וכמות הזרחן המוספת לקרקעות יכלה לנוע, בהתאם לכך, בין 1.5 ל-21 ק"ג לדונם. יש להעריך, מהי יעילותו של הזרחן המוסף בגבס זרחתי — כמקור מזון לצמחים, יחסית למקור סטנדרטי כגון סופר-פוספט, ולהביא זאת בחשבון בעת הדישון בזרחן בשטחים מטיובים.

## חמרים ושיטות

האדמה שנבחרה היתה גרומוסול סולונצית מאיזור טירת-צבי, שמומלץ לטייבה בגבס חקלאי (2). תכונות הקרקע לפי אלפרוביץ ומור (1) הן: קק"ח 40 מא"ק/100 ג' (60% מגניון, 10% נתרן, 27% סידן, 3% אשלגן); שיעורי הגיר, החרסית האבק והחול הם 19%, 60%, 30% ו-10%, לפי אותו סדר. בתחילת הניסוי הכילה האדמה 6 ח"מ זרחן ו-116 ח"מ אשלגן, שניהם במיצוי בנתרן דו-פחמתי (5). ו-10 ח"מ חנקן במיצוי אשלגן כלורי. החמרים השונים, המפור-טים בהמשך, עורבבו במצב יבש עם כ-50 גרם אדמה, וכמות זו עורבבה בק"ג אחד של אדמה.

הגבס הזרחתי התקבל מאת חברת "דשנים וחומרים כימיים בע"מ". תכולת הזרחן הכללי (הצרוף) בחומר שבו השתמשנו היתה 0.50% מהחומר המסחרי (לפי פירסומי החברה הנ"ל, השיעור הממוצע בחומר מסחרי הוא כ-0.35% זרחן). תכולת המים (בייבוש ב-105 מ"צ) 20%. שיעור הזרחן המסיס במים היה 0.076%. הגבס האנליטי

\* פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1981, מס' 1059.  
\*\* מחקר בראשות ד"ר י. שינברג ומ. אגסי.

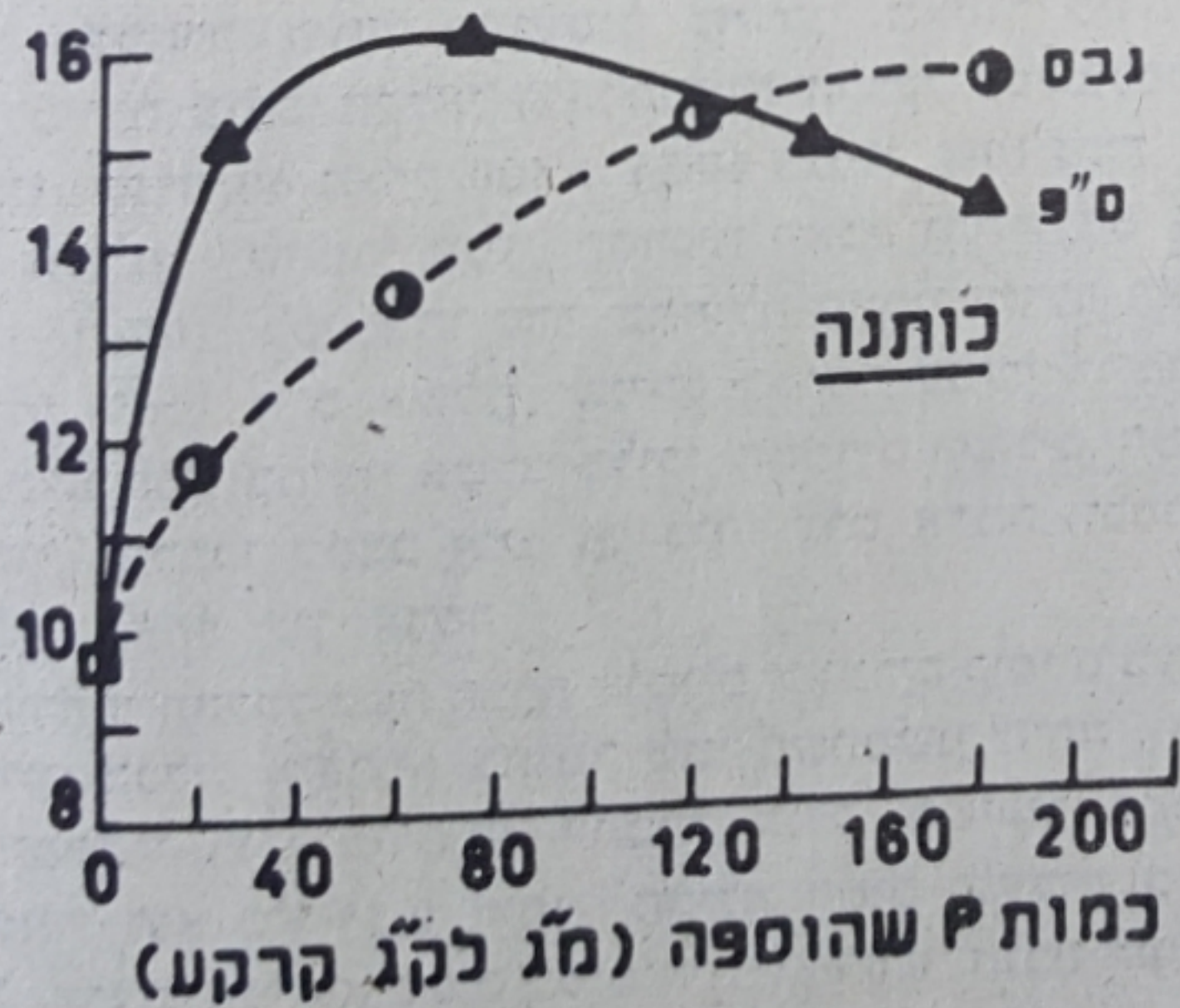
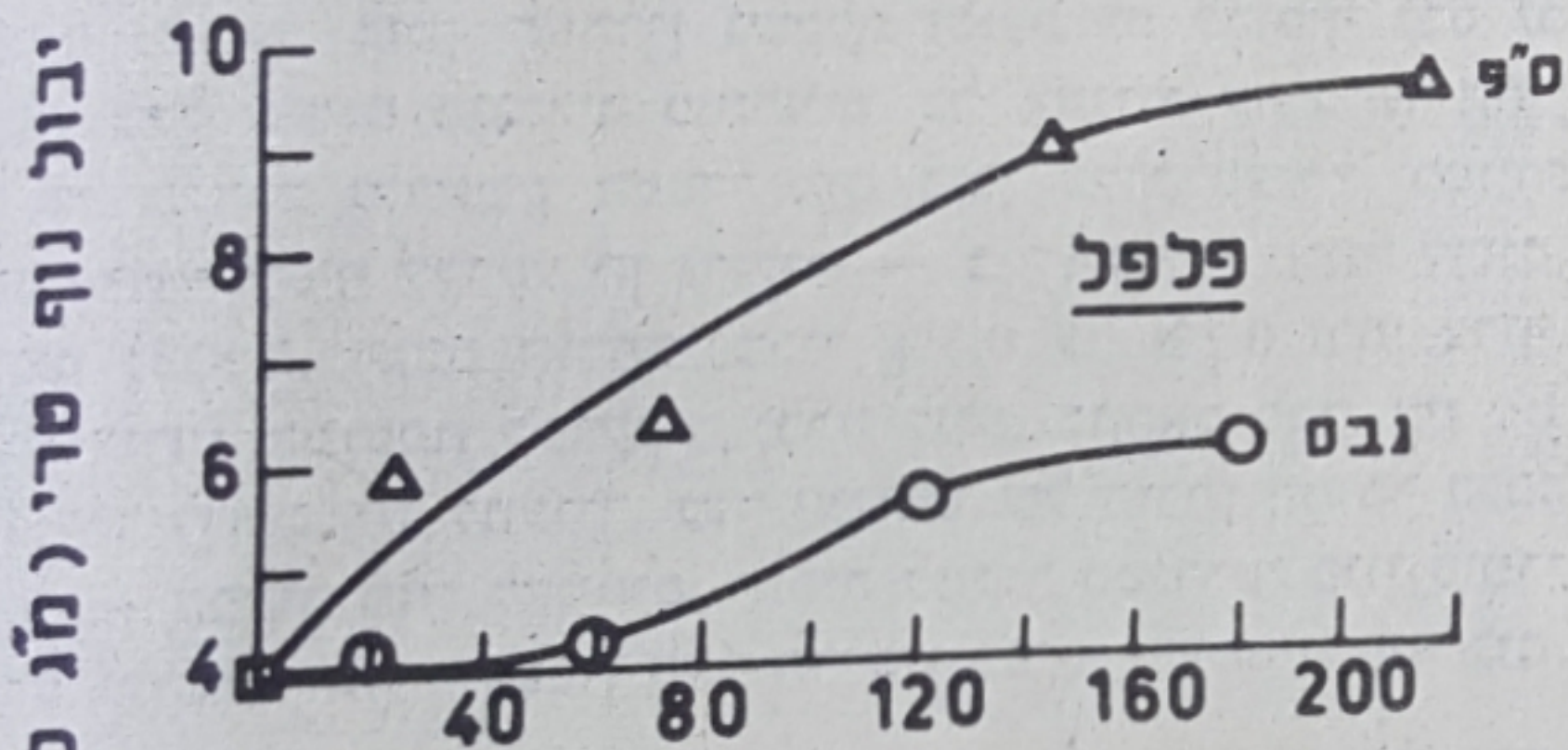
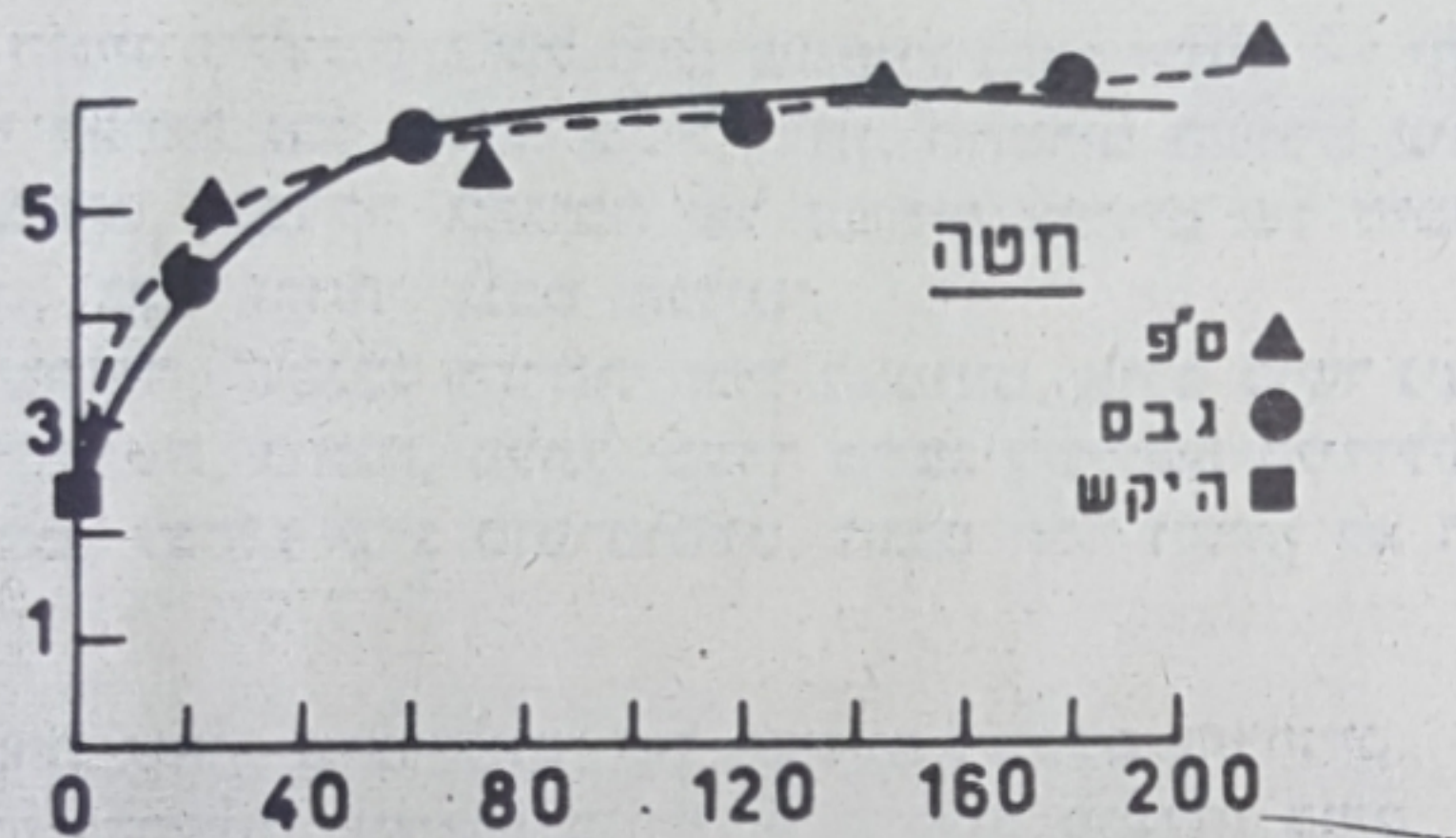


אפשר להעריך את השפעת הזרחן שבגבס הזרחתי על יכול החומר הטרי, יחסית לגבס עצמו — בעזרת היחס שבין היכול שהתקבל בהוספת שני המקורות. היחסים בין היכולים ברמת הגבס השונות מסוכמים בטבלה 2. נוכחות הזרחן הביאה לידי הגדלה מרבית של היכול היחסי בחיטה (47% עד 103%, בהתאם לרמה המוספת), ומזערית — בפלפל (עד 33%). בכותנה גדל יכול החומר הטרי, הודות לנוכחות הזרחן, ב-19% עד 63%.

התוצאות שבטבלה 2 מוכיחות, שתוספת המשקל שהתקבלה בכמויות גבס זרחתי שונות — נגרמה הודות לתוספת הזרחן, ולא בשל הגבס. עם זאת יש לזכור, שבניסוי זה לא היתה יכולה לבוא לידי ביטוי השפעת הגבס על תכונות הידראוליות שונות של הקרקע, שלשמן מטייבים קרקעות.

#### השוואה בין גבס מסחרי לסופרפוספט א. תגובת הצמחים

רמות אחדות של זרחן (מ"ס עד 200 ח"מ) הוספו לקרקע כגבס זרחתי או כסופרפוספט. התלות של משקל הנוף הטרי בכמות הזרחן המוספת — מתוארת בדיאגרמה 1.



דיאגרמה 1. תלות משקל הנוף הטרי בכמות הזרחן המוספת. ס"פ — סופרפוספט.

#### טבלה 1. הטיפולים השונים בניסוי (ב-4 חזרות).

טיפול	החומר המוסף		ח"מ זרחן בקרקע <sup>1</sup>
	סוג	שווה ערך בק"ג/ד'	
היקש	—	—	—
1א	גבס זרחתי	1000	20
2א	גבס זרחתי	3000	60
3א	גבס זרחתי	6000	120
4א	גבס זרחתי	9000	180
1ב	סופרפוספט	71	24
2ב	סופרפוספט	213	72
3ב	סופרפוספט	426	144
4ב	סופרפוספט	639	216
1ג	גבס אנאליטי	1000	—
2ג	גבס אנאליטי	3000	—
3ג	גבס אנאליטי	6000	—
4ג	גבס אנאליטי	9000	—

<sup>1</sup> לא כולל את כמות הזרחן בקרקע בתחילת הניסוי (6 ח"מ במיצוי דו-פחמה).

#### תוצאות ודיון

השוואה בין גבס זרחתי לגבס חסר זרחן רמות הגבס שנבחנו הן שוות-ערך לתוספת של 1, 3, 6 ו-9 טונות גבס לדונם (בהנחה של ערבוב הגבס בשכבת הקרקע 0-20 ס"מ). השפעת רמת הגבס ללא זרחן (גבס אנאליטי) על המשקל הטרי של נבטי חיטה ושתילי פלפל וכותנה — מסוכמת בטבלה 2. בחיטה,

טבלה 2. השפעת רמות עולות של גבס חסר זרחן (גבס אנאליטי) ומכיל זרחן (גבס זרחתי). גרמים לעציץ, על יכול חומר טרי של שתילי חיטה, פלפל וכותנה (גרמים לעציץ).

רמת הגבס, גרמים לעציץ <sup>1</sup>	גבס אנאליטי			גבס זרחתי/גבס אנאליטי		
	חיטה	פלפל	כותנה	חיטה	פלפל	כותנה
	משקל חומר טרי, גרמים לעציץ			יכול יחסי		
0	2.4א	3.9א	9.7א			
4	2.9ב	4.0א	9.8א	1.47	1.02	1.19
12	3.2ב	4.1א	9.9א	1.74	0.93	1.35
24	3.4ג	4.2א	10.0א	1.71	1.33	1.52
36	3.1ב	5.5ב	9.5א	2.03	1.09	1.63

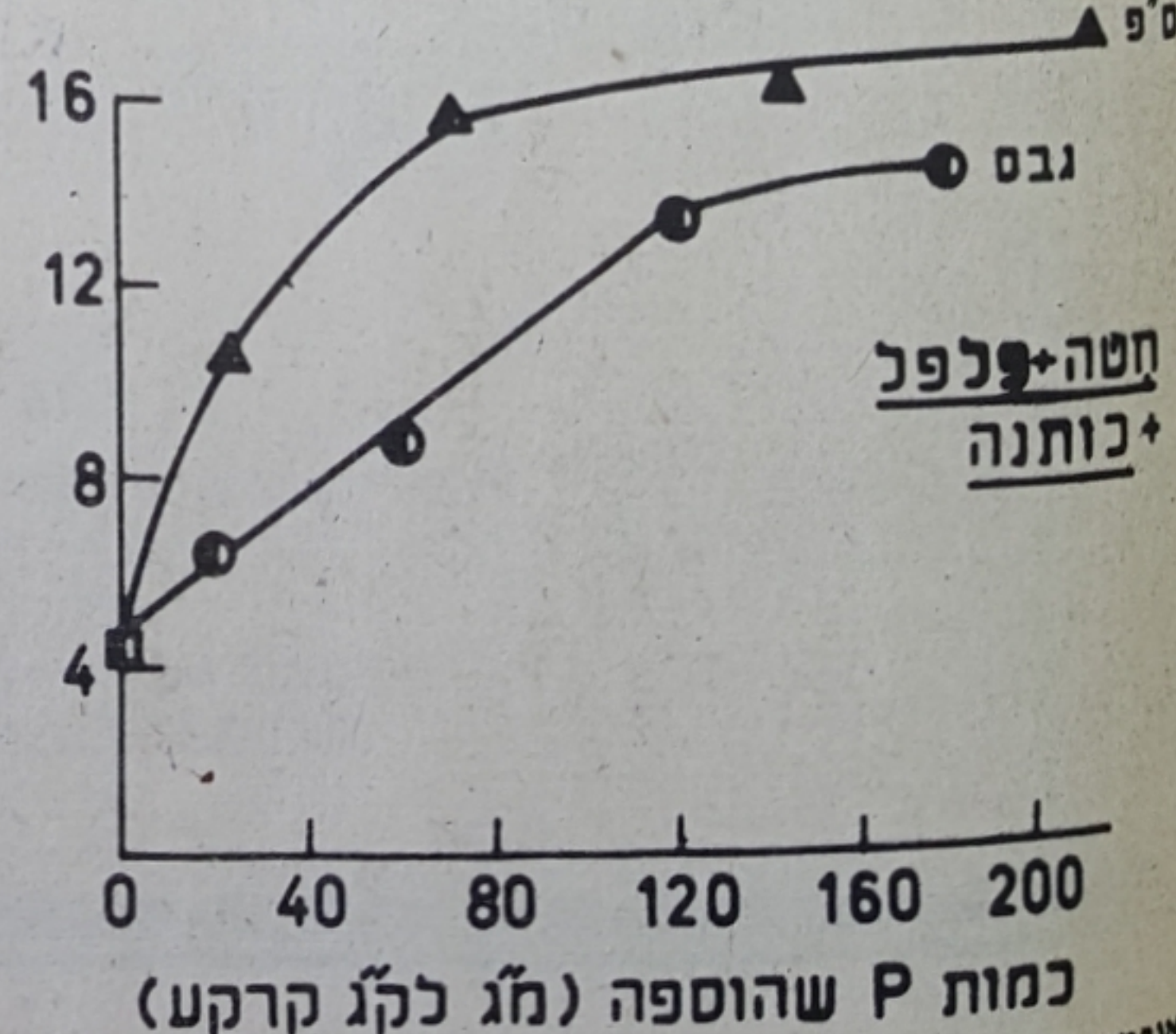
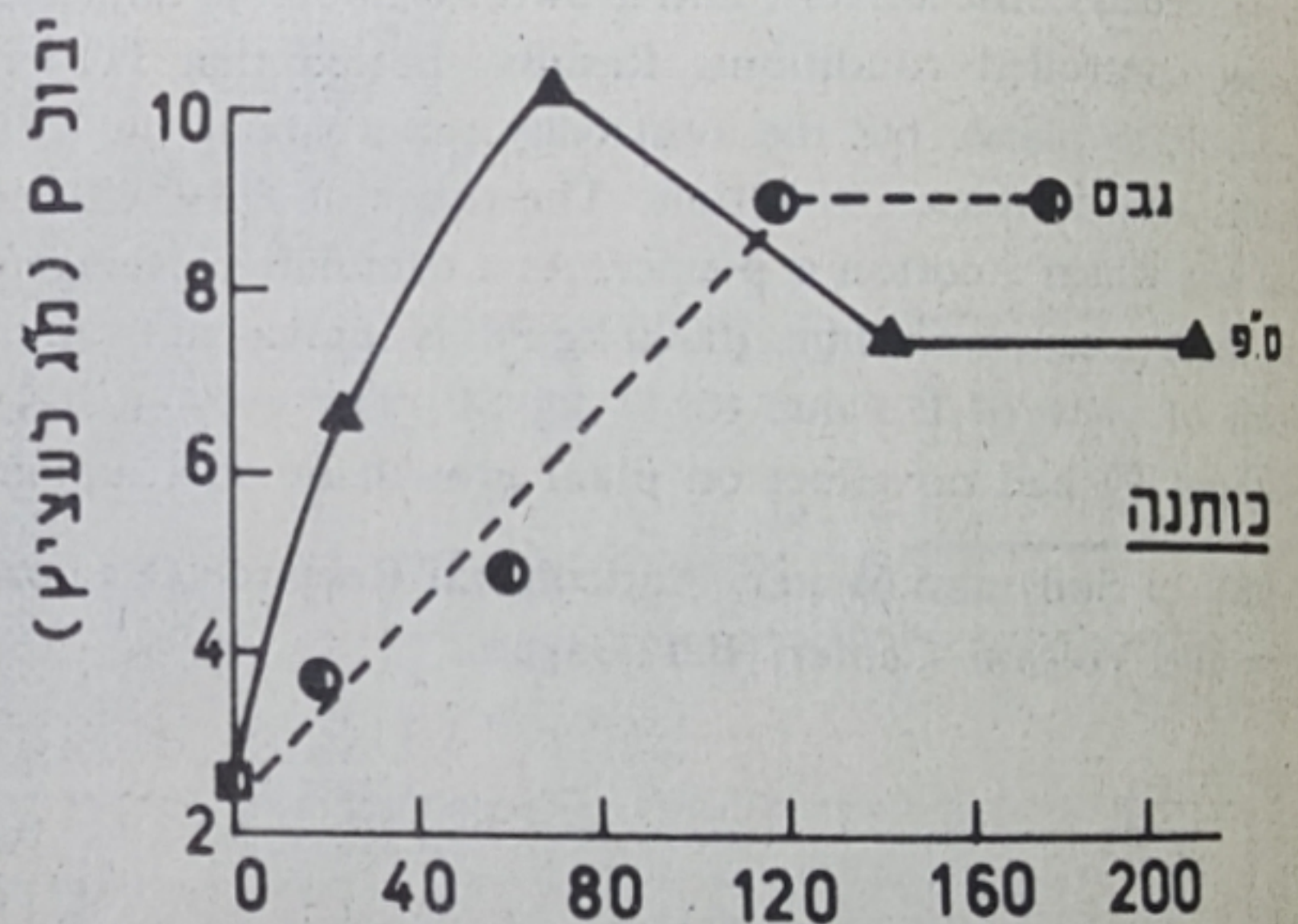
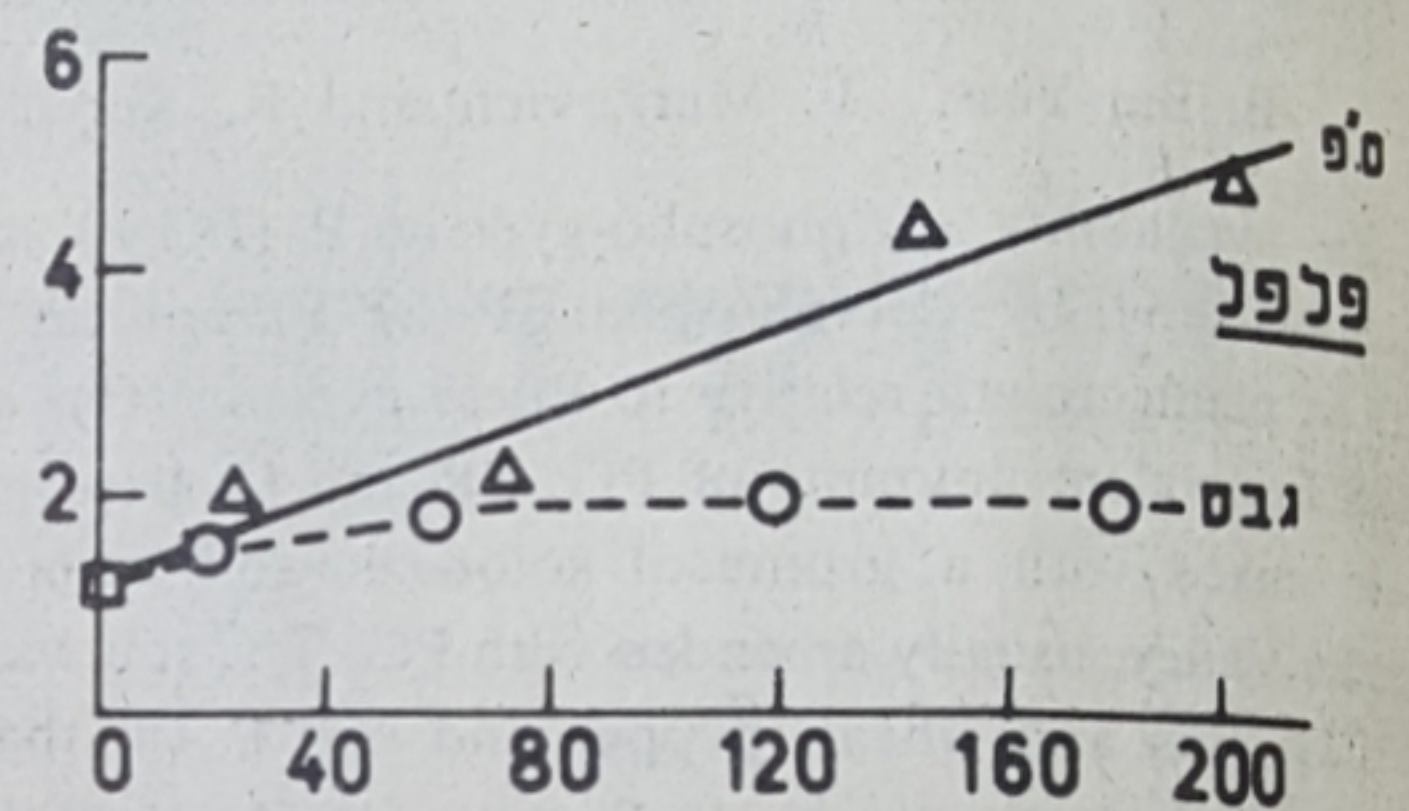
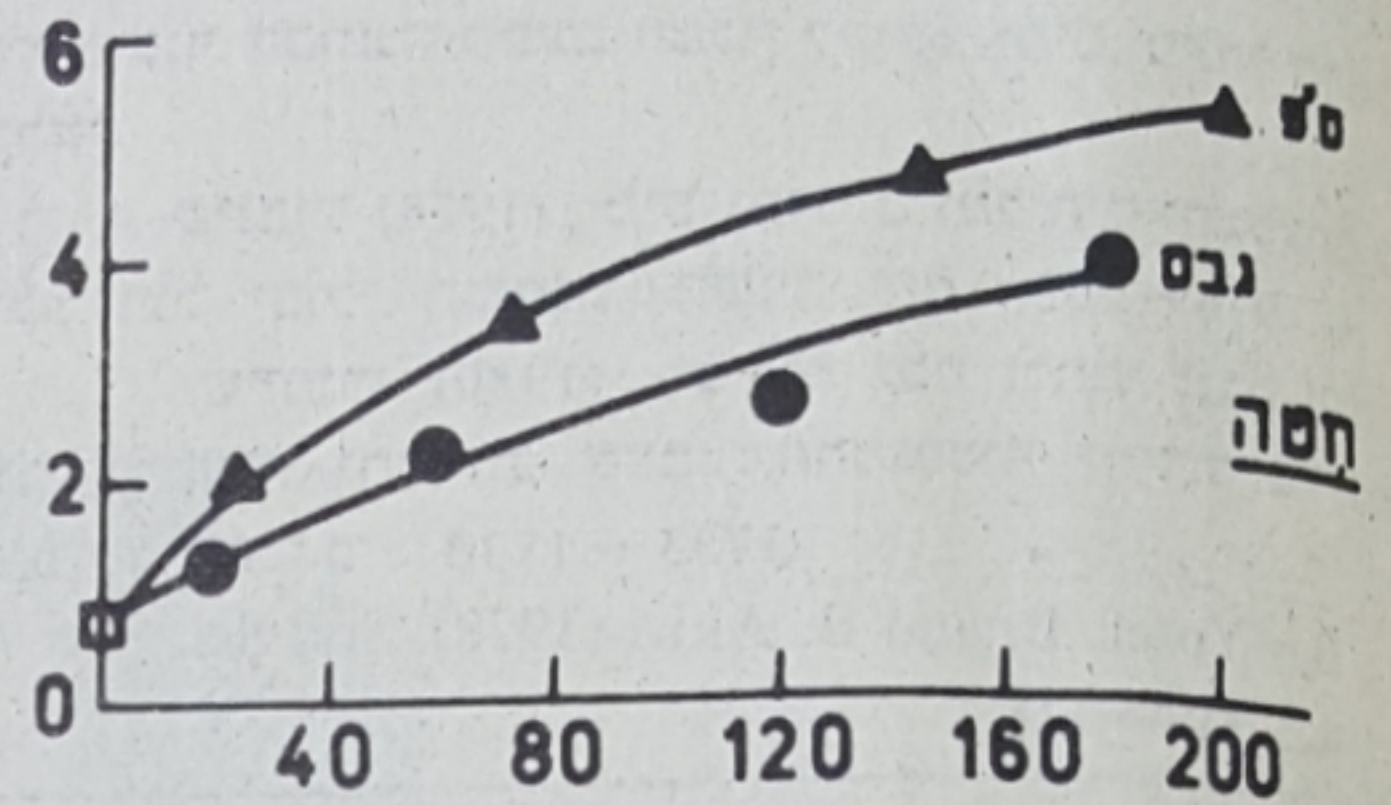
מספרים בטור מסרים, שלידם אותיות זהות — אינם שונים זה מזה באופן מובהק ברמה של 0.05.

<sup>1</sup> מעורבב בק"ג אחד אדמה לפני זריעת החיטה (סדר הגידולים: חיטה, פלפל, כותנה).

שהיתה הגידול הראשון לאחר הוספת הגבס, התקבלה תוספת מובהקת במשקל החומר הטרי במעבר מ-0 ל-4 גרמים לעציץ (שווה-ערך לטונה אחת לדונם). רמות גבוהות יותר לא השפיעו על היכול. בפלפל התקבלה עלייה מובהקת במשקל רק במעבר מ-24 ל-36 גרמים גבס לעציץ (6 ו-9 טונות לדונם, לפי אותו סדר). בכותנה לא היתה כל תגובה לתוספת הגבס. אפשר אפוא להסיק, שהשפעת הגבס כשלעצמו על הצמיחה היא קטנה, ובשום מקרה אינה שלילית.



חיטה הגיבה לרמות הזרחן השונות באופן דומה, כאשר מקור הזרחן היה גבס זרחתי או סופרפוספט. בשני המקרים התקבלה עלייה במשקל הנוף — כאשר רמת הזרחן הועלתה עד 60 ח"מ. בין 60 ל-216 ח"מ זרחן מוסף — לא היתה תוספת ביבול. תגובת הפלפל לשני מקורות הזרחן היתה שונה מזו של החיטה. בתחום שנבדק, משקל הנוף בטיפול הסופרפוספט היה גבוה ב-50% יותר מטיפול הגבס הזרחתי. לקבלת 6 גרמים חומר טרי לעציץ — הספיקו כ-40 מ"ג זרחן שהוספו כסופרפוספט; אך נדרשו כ-180



דיאגרמה 2. השפעת הזרחן המוסף על יבול הזרחן בצמחים.

מ"ג זרחן שמקורו בגבס הזרחתי. כלומר, מ"ג אחד של זרחן סופרפוספטי שווה-ערך, בצמחי פלפל צעירים ובקרקע הנבדקת, ל-4.5 מ"ג זרחן בגבס זרחתי.

תגובת הכותנה למקורות הזרחן השונים — קרובה לזו של הפלפל, עד עד גבול מסוים בלבד: בהוספת זרחן סופרפוספטי התקבלה תגובה חיובית עד רמה של כ-60 ח"מ, ואחרי-כן חלה ירידה במשקל הנוף הטרי. בתוספת גבס זרחתי התקבלה עלייה במשקל הנוף עד כ-140 ח"מ זרחן, ואחרי-כן התייצב היבול. שיא היבול היה דומה בשני המקרים. היעילות היחסית של הזרחן משני המקורות ברמת היבול המרבית היא 2.3 גרם זרחן מגבס זרחתי — לגרם אחד זרחן סופרפוספטי. ביבול נוף נמוך יותר (למשל, 13 גרם לעציץ), היעילות היחסית היא 6 גרמים זרחן מגבס זרחתי לגרם אחד זרחן סופרפוספטי.

השפעת שני מקורות הזרחן, ושיעורי הוספתם לקרקע, על יבול הזרחן בצמחים שנבחנו — מסוכמים בדיאגרמה 2. השפעת המקורות על קליטת הזרחן בחיטה היתה כולטת יותר מאשר השפעתם על משקל הנוף. היעילות היחסית בחיטה (דיאגרמה 2) נעה בין 1.8 ל-2.5 גרמים זרחן מגבס זרחתי לגרם אחד זרחן סופרפוספטי, תלוי בכמות הזרחן שנקלטה. הקשר בין יבול הזרחן לכמות הזרחן שהוספה משני המקורות — היה כמעט קווי בכל תחום הריכוזים שנבדק.

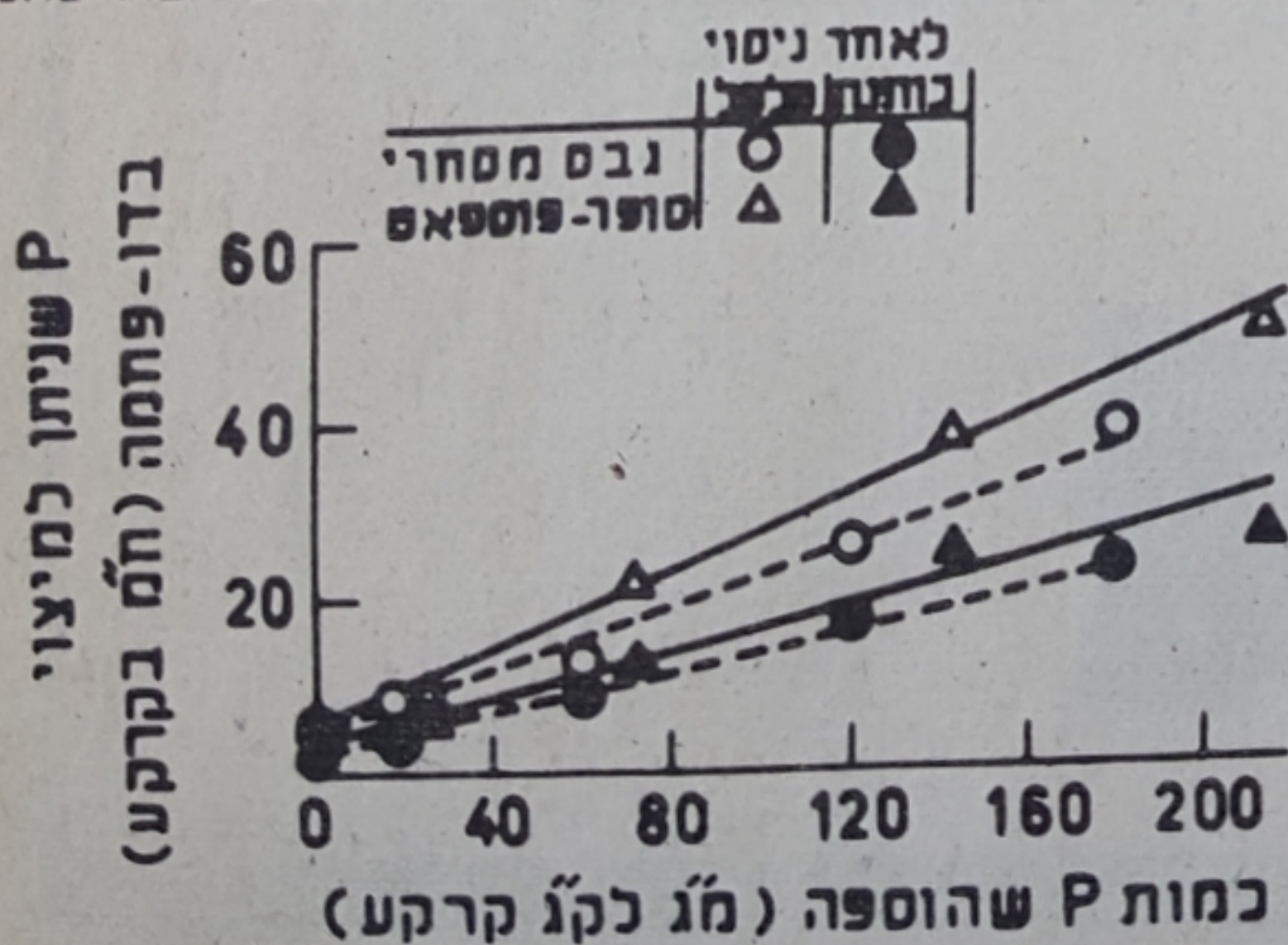
תגובת הפלפל להוספת זרחן מלמדת, שההיענות לתוספות של זרחן שמקורו בגבס זרחתי — קטנה ביותר; אך ההיענות לזרחן סופרפוספטי באותו תחום היתה ניכרת.

יבול הזרחן בכותנה גדל באופן קווי עם הגדלת מנת הזרחן עד 80 ח"מ בסופרפוספט ועד 120 ח"מ בגבס זרחתי. ברמות גבוהות יותר חלה פחיתה בקליטה, או התייצבות. שיפוע הקווים בחלק הליניארי שבדיאגרמה היה כ-0.11 זרחן נקלט למ"ג אחד זרחן מוסף בסופרפוספט וכ-0.05 מ"ג בגבס הזרחתי.

כדי להעריך את ההשפעה המצטברת של תוספות הזרחן משני המקורות — הצבנו את רמות ההוספה מול סכום יבולי הזרחן בשלושת הגידולים (דיאגרמה 2). התגובה, בכל מקור, לרמות שונות של זרחן — היא בעלת אופי של עקום רוויה, כאשר מעל כ-100 ח"מ ההיענות לתוספת זרחן לקרקע אפסית. הערך היחסי של הזרחן משני המקורות השתנה בהתאם לכמות הזרחן שנקלטה. בקליטה של 6 מ"ג לעציץ, 4 מ"ג זרחן מגבס זרחתי הם שווי ערך למ"ג אחד זרחן סופרפוספטי. בקליטת 10 מ"ג זרחן הערך היחסי הוא 3.5, ובקליטת 14 מ"ג — ערך יחסי 2.5.

### ב. מיצוי בנתרן דו-פחמתי

תרכובות הזרחן שבגבס הזרחתי שונות מהזרחן שבסופרפוספט במידת מסיסותן במים (ראה חמרים ושיטות). יש להניח אפוא, שלאחר הוספת זרחן משני המקורות לקרקע — נקבל הפרש בכמות הניתנת למיצוי בממצה הסטנדרטי לזרחן בארץ — נתרן דו-פחמתי (דיאגרמה 3). בהתאמה לידוע בספרות (5), יכולת המיצוי בדו-פחמה



דיאגרמה 3. השפעת הזרחן המוסף על כמות נתרן דו-פחמתי הניתנת למיצוי.



פחתה בניסוי הנוכחי, עם הזמן, בכל רמת הוספה, בין שהזרחן הוסף כסופרפוספט או כגבס זרחתי. בתוספת מ"ג אחד זרחן כסופרפוספטי לק"ג אחד קרקע (בתחום 0 עד כ-200 ח"מ זרחן בקרקע), תוספת הזרחן הניתן למיצוי בנתרן דו-פחמתי היתה לאחר שני מחזורי גידול (חיטה ופלפל) 0.21 ח"מ, ולאחר שלושה מחזורים (כולל הכותנה) — 0.13 ח"מ. הערכים המקבילים כאשר הזרחן הוסף כגבס זרחתי היו 0.16 ו-0.11 ח"מ זרחן. מזה אפשר ללמוד, שההבדל בין מקורות הזרחן השונים מבחינת יכולת מיצוי בדו-פחמה מצטמצם עם הזמן. כדי לקבל 25 ח"מ זרחן במיצוי נתרן דו-פחמתי לפני זריעת הכותנה — היה צורך להוסיף כ-1.1 גרמים סופרפוספט וכ-23 ג' גבס זרחתי לק"ג קרקע.

כאשר בוחנים את הקשר שבין יכול הנוף לבין ריכוז הזרחן המסיס בדו-פחמה בשלושת הגידולים (הנתונים אינם מובאים) — מתברר, שבחיטה מתקבל קו יחיד לשני מקורות הזרחן: בפלפל, לעומת זאת, קו הגבס הזרחתי נמוך מקו הסופרפוספט. כאשר היו בקרקע 20 ח"מ זרחן מסיס בדו-פחמה — היכול שהתקבל, כשמקור הזרחן היה גבס זרחתי, הוא 5 גרמים לעצין; וכאשר המקור היה סופרפוספט — 6.5 גרמים חומר טרי לעצין. תופעה דומה התקבלה גם בכותנה. משתמע מכך, שבמקרה הגבס הזרחתי, הדו-פחמה משחררת מהקרקע זרחן, שחלקו הבלתי זמין לצמחי פלפל וכותנה גדול מאשר החלק הבלתי זמין בסופרפוספטי. ההפרש נובע, כנראה, מאחוז גדול יותר של תרכובות קשות-תמס המתקבלות בקרקע לאחר הוספת הגבס, יחסית להוספת סופרפוספט.

### מסקנות

צמחים יכולים לנצל את הזרחן המוסף בגבס הזרחתי; אולם יכולת הניצול שונה ממין למין. חיטה נמצאה יעילה בניצול זרחן ממקור זה, פלפל — בלתי יעיל, וכותנה — בעלת יעילות בינונית עד גבוהה, תלוי ברמת הזרחן בקרקע. כאשר מתייחסים לקליטת הזרחן הכללית, בשלושת הצמחים, בתחום רמות הזרחן שנבחנו — הרי  $3.5 \pm 1$  מ"ג זרחן שמקורו בגבס החקלאי הם שווי-ערך למ"ג אחד זרחן שמקורו בסופרפוספטי; או בהקבלה,  $1000 \pm 250$  ק"ג גבס חקלאי הם שווי-ערך, מבחינת הזרחן שבהם, ל-17 ק"ג סופר-פוספט. יחס זה עשוי להשתנות עם הגיל הפיסיולוגי של הצמחים, עם תכולת המים בקרקע, ובהתאם לתכונות כימיות שונות של הקרקע. הערכה מדויקת של הערך הכלכלי של הזרחן שבגבס

הזרחתי יש לקבוע בניסויי שדה מבוקרי-השקיה, בקרקעות שונות זו מזו, וברמות הוספה שונות של גבס חסר זרחן, גבס זרחתי וסופרפוספט.

### ספרות

1. אלפרוביץ נ., א. מור (1968): קרקעות גרומוסול סולונצי בעמק בית-שאן. כתבים י"ח: 135—161.
2. אלפרוביץ נ., ר. קרן, פ. בן-יעקב, ח. דן, ג. פישלר (1979): טיוב קרקעות נתרניות מגניוניות והעלאת יכולת הכותנה באמצעות שימוש בגבס בעמק בית-שאן. דו"ח לשנת 1978/9, מוגש להנהלת ענף הכותנה מטעם המכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי.
3. קרן ר., י. שינברג (1978): מים נתרניים ומליחים והשפעתם על הקרקע ועל יכולת הכותנה. השדה נ"ח: 963—976.
4. קרן ר., י. שינברג (1980): יעילות גבס זרחתי וגבס מחצבי בטיוב קרקעות נתרניות. קצב ההתמוססות וחידור מי גשם לקרקע. השדה ס': 1730—1733.
5. Bar-Yosef, B. and B. Akiri (1978). Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 319—323.

### PHOSPHO-GYPSUM-P AVAILABILITY TO PLANTS

B. Bar-Yosef, T. Markovich and R. Keren\*

The availability of phospho-gypsum-P (PG-P) to plants relative to that of superphosphate-P (SP-P), and the effect of PG on plant growth relative to P-less gypsum (G), were studied. Equivalent amounts of PG, SP and G at several rates were mixed with a grumusol solonezic soil from the Bet She'an Valley, usually amended with PG. The soil was packed in 1-kg pots and wheat, pepper and cotton (in that order) were seeded consecutively, and grown for about 40 days each under controlled conditions. Results showed that PG-P is available to plants, but the availability varies among the tested plants and decreases with time. The order of PG-P efficient use was wheat > cotton & pepper. As a cumulative average of the three species and time, 10000 kg PG is equivalent from the point of view of P value to 17 kg SP. The gypsum itself (without P) had no effect on plant growth or on P uptake.

\* Inst. of Soils and Water, Agricultural Research Organization, the Volcani Center, Bet Dagan.