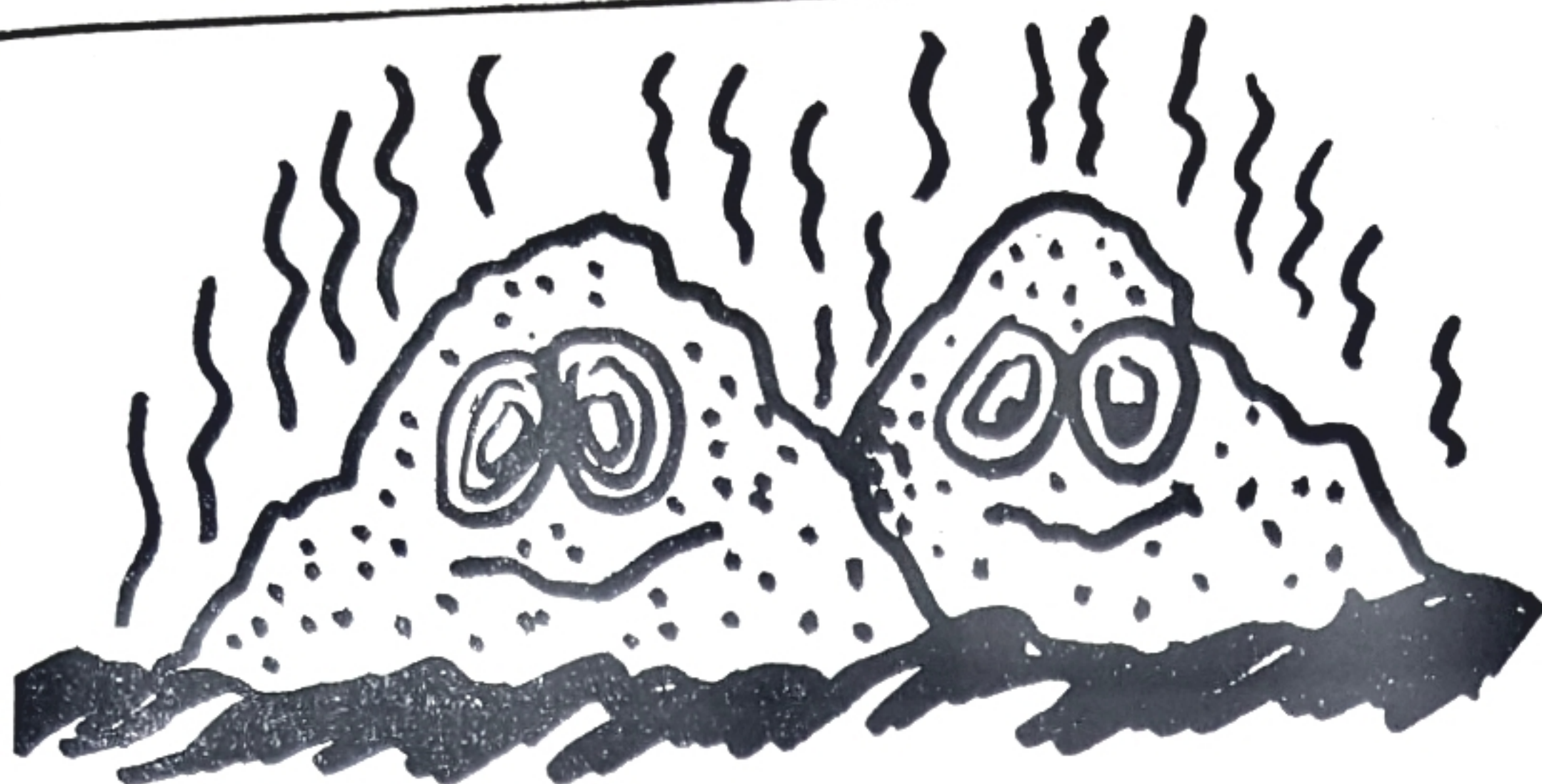


הרקע וזיבול



מזון מן האוויר

החקלאי, החנקן, הקטנית והאנרגיה

מאת יוסף כצנלסון, נוה-יער, מינהל המחקר החקלאי*

נוכח השינויים במחירי הדלק והדשן בעולם — יש צורך לבחון מחדש את התייחסותנו לבעית החנקן במערכות ביולוגיות. בבחינת התהליכים השונים הקשורים בחנקן במערכות אקסטנסיביות נמצא, שתרומת המערכת בחנקן היא כ-1.2 ק"ג חנקן לדונם לשנה, ואילו במערכות מרעה אינטנסיביות, המבוססות על תלתן-ריזוביום, הגענו עד ל-50 ק"ג, שלשם ייצורם בתעשייה נדרשים לפחות 50 ק"ג דלק. לקיבוע החנקן על-ידי הריזוביום דרושה אנרגיה, ואומדן מינימלי של 15 ק"ג פחמימות לק"ג חנקן קבוע מראה, שהאנרגיה שמשקיע הצמח בקיבוע חנקן — שווה לאנרגיה שהוא משקיע בצמיחת הנוף.

נתונים אלה מחייבים שינוי בחשיבת החקלאים, המדריכים והחוקרים בנושא הנדון, ויש הכרח להרחיב את העבודה בחקר יחסי הגומלין בין הקטנית והבקטריה, ואת עבודת הפיתוח במציאת צירופים יעילים יותר.

היה מחירו של דשן חנקני נמוך מאוד. העלאת מחירי הדלק בעולם הקפיצה את מחיר הדשן פי 3-4. שינוי זה מחייב, לדעתי, התייחסות מחודשת לנושא זה, ובמאמר זה אמסור בקצרה כמה עובדות על מחזור החנקן במערכות חקלאיות, כמה נתונים שנאספו בעבודת המחקר בנוה-יער בשנים האחרונות (3), ואשתדל להביא כמה ממסקנות תוצאות

את חשיבותה של הקטנית כגורם בהגדלת יבולים — ציינו עוד היוונים הקדמונים, ותרומתה באספקת חנקן ידועה כבר מן המאה ה-19 (4). חנקן זה מועבר ממצב מולקולארי המצוי באוויר, שאינו קליט לצמח, למצב של תרכובת קליטה, בתהליך סימביוזה בין הקטנית ובין חידקים מהסוג ריזוביום, המצויים בפיקות שבשרשי הקטניות. למרות מודעותנו לתופעה זו, של „קיבוע“ חנקן — היא היתה די שולית במחשבתם של חקלאים ומדענים בארצות רבות באירופה וכן בארץ. הסיבה לכך היא, שעד לפני כשנה

* מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1975, מס' 1681.

ה. חידקים המשתמשים באמון או בחנקה לבניית גופם, כלומר הופכים אותם לחומר אורגני. תהליך זה נקרא אימוביליזציה. חידקים אלה אחראים על חלק ממחזור החנקן. החנקן שקולט הצמח משתבץ בבניית חלבון, וחלקו נקצר ונאסף מן השטח ביד האדם.

בממשק של בעלי-חיים, הם אוכלים את הירק או הקמל וכן חלק מן הזרעים. רוב החנקן שאכלו מוחזר למערכת במהרה, בשתן ובפרש. במערכת מרעה „סגורה“ (שבה המרעה מקור בלעדי של מזון לבקר) וכושר ייצור של טונה חומר יבש לדונם לשנה, המכיל לים כ-22 ק"ג חנקן — יהווה החנקן המוצא בבשר כ-8 ק"ג.

חלק ניכר מהחלבון המצוי בשרידי הצמח, כולל שרשיו, מנצלים המיקרואורגניזמים שצוינו לעיל; אך חלק מסוים הופך לרכיב ברקבובית, היא החומר האורגני היציב שבקרע. יציב — על שום שפירוקו על-ידי החידקים אטי ביותר. החנקן מהווה כ-5% ממשקל הרקבובית.

במערכת ביולוגית זו יש גם הפסדי חנקן נוספים. החנקה, למשל, נשטפת בקלות למי תהום. האמון, וכן תרכובות אחרות, משתחררים כגז אל האטמוספירה. מאידך גיסא, בנוסף לקיבוע החנקן הבלתי סימביוטי, נוספים למערכת כמויות חנקן מן האטמוספירה; חלק מאותן תרכובות חנקן, היוצאות כגז — מוחזרות למערכת לאחר התמוססותן במשקעים. באותה צורה מגיעות לקרקע גם תחמוצות חנקן, ותרכובות חנקניות אחרות, שנפלטו לאטמוספירה מארובות התעשייה וממפלטי המכונות, וכן תחמוצות חנקן הנוצרות בפעולת הברק. כמו כן, לאחרונה, מוכנסת למערכת כמות ניכרת של חנקן בדשן ובזבל.

בשרטוט 1 מתוארות 3 קבוצות התהליכים, שנמנו לעיל:

אלה והשלכותיהן על גורמים איקולוגיים וכלכליים, וכן על מגמות במשק החקלאי ובהכוונת המחקר.

מחזור החנקן **

החנקן הוא היסוד החשוב ביותר, שקולט הצמח מן הקרקע, ומהווה רכיב קבוע בחלבון. החנקן נקלט בדרך-כלל בצורת חנקה, ולעתים — בצורת אמון. אלו הם יונים קליטים, המצויים בתמיסת הקרקע, וריכוזם נע בדרך-כלל בין 5 ל-100 חלקי-מיליון (ח"מ). החנקן מצוי בקרקע גם בצורות אחרות, שאינן קליטות לצמח, כגון אמון ספוח (5); וכן בחומר אורגני, בשרידי צמחים ובעלי-חיים, בקטריות ופטירות, וכן בתוך האורגניזמים החיים. פעילות המיקרואורגניזמים בקרקע על תרכובות החנקן — רבה ביותר, וקיימים סוגים רבים:

א. יש חידקים כגון ריזוביום, המסוגלים להשתמש בחנקן האוויר לבניית החלבון שלהם, ולאחר מותם עומד החלבון לרשות חידקים אחרים. חידקים אלו נקראים חידקים לא סימביוטיים קושרי חנקן.

ב. חידקים אחרים משתמשים בחומר האורגני המצוי בקרקע — כמקור לאנרגיה ולחלבון, ובתהליך זה עובר חלק מן החנקן ממצב אורגני למצב מינרלי. בתהליך המינרליזציה נוצר בעיקר אמון.

ג. חידקים אחרים מעבירים את האמון, במספר שלבים (ומעורבים בזה שני חידקים שונים), לחנקה. בתהליך הניטרופיקציה הופך החנקן המינרלי הבלתי קליט לתוצר קליט, ואת זה מנצלים הצמחים במהירות די רבה.

ד. החנקה המשתחררת בתהליך הניטרופיקציה, שאין הצמחים מנצלים אותה, משמשת לחידקי הדניטריפיקציה. אלה משתמשים בחמצן שבחנקה, ומשחררים חנקן מולקולרי לאטמוספירה. חידקים אלו פעילים בעיקר בתנאי אדמה רטובה חסרת אוורור, באמצע עונת החורף.

הוצאת חנקן מן המערכת	כניסת חנקן אל המערכת	שינויים בתוך המערכת
שטיפה למי-תהום	על-ידי מי הגשם	קליטה בצמח
התנדפות אמון מן הקרקע	קיבוע בלתי סימביוטי	אכילה של בעלי-חיים
התנדפות חמרים מהפרשות בעלי-חיים	קיבוע סימביוטי	הפרשות הצמח ובעלי-חיים
דניטרופיקציה	דישון וזיבול	מינרליזציה — אימוביליזציה ולהיפך
		מעבר אמון לחנקה ולהיפך

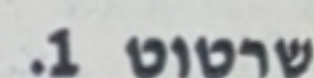
א. מערך אכסטינסיבי, ללא דישון במערך אכסטינסיבי שהיה נהוג בארץ במשק הערבי, במחזור חיטה — סורגום, היה קיים שיווי-משקל בכמות החנקן בקרקע. המקורות היחידים לכניסת חנקן למערכת הם מי גשם, וקיבוע החנקן — בלתי סימביוטי (ובמידת-מה אף סימביוטי, על-ידי עשבי-בר קטניותיים). ספק רב, אם בעלי-החיים הרועים בשלפים תרמו כמות חנקן למערכת, מכיון שזו היתה מערכת די סגורה.

בממשק האכסטינסיבי, הגיע יבול החיטה הממוצע בתנאי הארץ — ל-60 ק"ג לדונם, המכילים כ-850

קשה מאוד לעקוב אחר כל אחד מן התהליכים הללו בנפרד. חלק מהם — מהיר ביותר. עם זאת אפשר ללמוד, בקלות יחסית, את השינויים בכמות החנקן המצוי במערכת, וזאת על-ידי בדיקת השינויים בכמות החנקן בתוך המערכת, חישוב כמות החנקן המוצאת מן המערכת כתוצר, ובדיקת כמות החנקן שהכנסנו למערכת.

להלן — 3 דוגמאות שונות.

*** מחזור החנקן בטבע מתואר בצורה מפורטת ב-(4), וכאן נדון בכך רק בצורה תמציתית ביותר.



ג. קיבוץ חנקן סימביונטי

גרם חנקן. נניח, כמו כן, שכמות החנקן ב-60 ק"ג קש שהסיר האדם מן השטח, ושהכיל כ-4.5% חלבון, הכילה כ-420 גרם חנקן, ושכמות החנקן שהכנסנו למערכת ב-7 ק"ג זרעים היא כ-100 ג'. פירושו של דבר, ש"יבול" החנקן של מערכת כזאת הוא כ-1.2 ק"ג לדונם לשנה. חנקן זה מורכב, כאמור, מזה המומס במי הגשם, ומזה העובר קיבוע בלתי סימ-ביונטי. מי גשם מכילים, בארץ, בין 1 ל-3 ח"מ חנקן (1). הריכוזים הגדולים הם בעיקר בתחילת העונה או מיד אחר סערות ברקים, ומשקעים של 500 מ"מ לעונה מוסיפים 0.6—0.8 ק"ג חנקן לדונם, וכמות החנקן הנקבעת במערכות בקטריות בלתי סימביונטיות היא כ-0.5 ק"ג לדונם לשנה. יתכן שהכמות גדולה יותר; שכן כל כמות חנקן, היוצאת מן המערכת על-ידי התנדפות — מוכרחה, איך שהוא, להגיע אליה בחזרה בנוסף לכמות שהוצאה ממנה ביבול.

ב. דישון כימי

משטח זרוע של נשרן שעיר במשק מעין-ברוך, ללא קטניות, המניב 800 ק"ג חומר יבש קצור לדונם לשנה, המכיל 2.2% חנקן (או 13.75% חלבון) בזמן הקציר — אנו אוספים 17.6 ק"ג חנקן. אם האומדן של מערכת אכסטינסיבית של 1.2 ק"ג חנקן,

— כדי לקבל העשרת הקרקע בחנקן ובחלבון בירק, בכמות שהשגנו בתלתן התת-קרקעי. הדבר נמדד לא רק בכסף, כי אם גם באנרגיה.

בכל מערכת חקלאית, ולו בפרימיטיבית ביותר, מושקעת אנרגיה. האדם העובד ומכשיר חלקה קטנה לירקות — משקיע אנרגיה של גופו. במערכת חקלאית פרימיטיבית סגורה, רוב האנרגיה נוצרת בתוך המערכת. הסוס ניזון בקש ובגרגרים המיוצרים במערכת. את המחרשה מייצר האדם מענף עץ, הצומח בתוך המערכת. האנרגיה המושקעת בקצירה במגלים — היא אנרגיית שרירי האדם. כמות ה„אנרגיה“ ממקורות חוץ — קטנה: המגל, למשל, עשוי מברזל, שלשם הפקתו ועיבודו הושקעה אנרגיה של פחם או נפט. ואולם, עם התפתחות החקלאות — נעשית המערכת תלויה יותר ויותר באנרגיה זרה, קרי דלק. הדלק דרוש לייצור המתכת להכנת כלי העבודה, לייצור כלי העבודה, להובלת כלי העבודה, ולהפעלתם. דלק דרוש לניקוי זרעים מבוררים ולהובלתם. גם ייצור הדשן והובלתו — יש להם מחיר באנרגיה, קרי בדלק, שברמת דישון גבוהה הוא חלק עיקרי מכמות הדלק הכללית הדרושה למערכת; שכן בבתי-חרושת לדשנים המופעלים בצורה יעילה, מושקע בייצור ק"ג חנקן בדשן — ק"ג אחד של דלק (8), ובהובלתו ובפיזורו — בערך אותה כמות דלק.

המסקנה מכל זה היא, שגידול קיטנית במקום דגן — מהווה חיסכון ניכר באנרגיה. בניסוי הרעייה בנוה-יער הגיע חיסכון זה לכ-50 ק"ג דלק לדונם ועוד ככמות הזאת — הדלק המושקע במתן החנקן. מחיר זה עולה במידה ניכרת על יתר ההוצאות לדונם (הוצאות שזולת הדשן).

אך לנקודה זו משמעות נוספת. קיבוע החנקן על-ידי המיקרואורגניזמים — אף הוא דורש אנרגיה. הקיבוע הבלתי סימביוטי, המבוצע על-ידי אוטובקטר, דורש כ-50 ק"ג פחמימות, בעיקר בתאית, לקיבוע ק"ג חנקן אחד (6); ומחסור בתאית בקרקע הוא, כנראה, אחד הגורמים המגבילים את התהליכים הללו במשק האקסטנסיבי (ראה דוגמה א' לעיל). חידקי הריזוביום עושים זאת באופן יעיל יותר, כלומר דורשים פחות מ-50 ק"ג פחמימות לקיבוע ק"ג חנקן. תחום האומדנים של כמות זו — רחב מאוד, בגלל השונות ביחסי הגומלין בין גזעי חידקים וזני תלתנים, וכן בשל מחסור בשיטות מדויקות למדידה. האומדן הנמוך ביותר הקיים הוא 15 ק"ג לקיבוע ק"ג אחד חנקן (יש גזעי ריזוביום, שכתוצאה מצירופים עם קטניות מסוימות הם מתנהגים כטפילים, כלומר משתמשים באנרגיה הנוצרת בתהליכי ההטמעה בצמח, וכן בחנקן הקליט הנקלט בצמח ישירות מן הקרקע, או המקובע על-ידי בקטריות יעילות בשרשים אחרים). משמעות הדבר היא, שמערכת תלתן — ריזוביום — קרקע בניסוי הרעייה בנוה-יער, שקיבעה 50 ק"ג חנקן — השתמשה באנרגיה המצויה ב-750 ק"ג חומר יבש לקיבוע חנקן זה. אנרגיה זו משתווה, פחות

ושני שלישים נכנסו ישירות לקרקע. האומדן של קיבוע חנקן באמצעות ריזוביום לכלל היבשת האוסטרלית — הוא כ-2.5 מיליון טונה, והפוטנציאל של היבשת ההיא נאמד ב-18.5 מיליון טונה חנקן (9). כמות זו מצויה בדשן חנקני, שערכו כעת הוא כ-12 ביליון דולר, או אלף דולר לנפש לשנה, באוסטרליה. בישראל נעשו מעט מאוד אומדנים. ויניק (ראה 4) העריך, ששחת בקיה במחזור פלחה תורמת למערכת 6—8 ק"ג חנקן לשנה; רובו נאסף ביבול השחת עצמו, והיתר נוסף לקרקע תוך התפרקות השרשים.

בשטח תלתן תת-קרקעי בנוה-יער, שנזרע לפני 5 שנים ומשמש עתה לניסוי רעייה, אך ב-4 מה-שנים הראשונות נוצל לירק (בקצירה) — נבדקו כמויות החומר האורגני היציב ב-1970 וב-1975. מצאנו, שמתכונת החומר האורגני היציב גדלה ב-0.15% לשנה בשכבה 0—20 ס"מ, וכחצי הכמות — בשכבה 20—40 ס"מ. בשכבה 40—0 ס"מ, שזה איזור בית-השרשים העיקרי, משקל הקרקע הוא כ-600 טונה לדונם. ביחס של 5% חנקן בחומר האורגני, יתקבל כי חומר אורגני זה כלל 33 ק"ג חנקן. כמו כן היתה הגדלה ב-2.8 ק"ג לדונם בכמות החנקן הקליט בצורת אמוני. אך עיקר החנקן שבמערכת היה בירק, וחלקו הוסר מהשטח בקצירה. יבול ממוצע של כ-500 ק"ג חומר יבש שנקצר, שהכיל כ-3% חנקן, משמעותו כ-15 ק"ג חנקן לדונם. יתרת הירק (והחלבון שבתוכו) חזרה למערכת והופיעה בכמות החנקן בקרקע. בסך הכול רואים אנו, שהמערכת הזאת של תלתן תת-קרקעי — ריזוביום קרקע נתעשרה ב-51 ק"ג חנקן לשנה. מזה יש להחסיר 1.5—2 ק"ג, שתרמו למערכת הקיבוע הבלתי סימביוטי והגשם. לכן, חידקי הריזוביום בסימביוזה עם התלתן התת-קרקעי קיבעו כ-50 ק"ג חנקן לדונם לכל עונת גידול, בממוצע ל-5 שנים. היו שנים, שבהן הגידול, והיבול שנאסף, היו גדולים בהרבה מהיבול הממוצע, ויש להניח שבאותן שנים היה קיבוע החנקן מרובה במידה ניכרת מ-50 ק"ג לשנה. כמו כן יש להביא בחשבון, שהתלתן אינו מהווה צמח בלעדי בשטח. עובדה זו אינה משנה מבחינת מאזן החנקן לחלקה זו, אך היא רומזת שאפשר להגיע לערכים גדולים בהרבה, אילו גדל בחלקה תלתן בלבד. עם זאת ידוע, שמצב כזה (תלתן תת-קרקעי בלבד) אינו יציב, וכגלל עלייה רבה בכמות החנקן — פולשים לשטח ומשתלטים עליו צמחים אוהדי חנקן שהם עשבים רעים.

אולי נציין כאן, שבצפון-אפריקה ובהודו הגיעו לאומדנים של קיבוע חנקן על-ידי תלתן אלכסנדרוני ואספסת מצויה, במערכת מרעה, כדי 15—35 ק"ג לדונם (7).

ערכים כה גבוהים של חנקן, שנקשר למערכות קטניות ריזוביום מוצלחות — אומרים דרשני. 50 ק"ג חנקן — ערכם כיום כ-200 ל"י. בגידול דגניים היינו צריכים להשקיע עוד 200 ל"י לדונם

המחקר ביחסי גומלין בין קטניות וחידקי הריזון-ביום בארץ — נצטמצם, פחות או יותר, ל-3—5 גידולי, ועסק במציאת גזעי חידקים יעילים יותר לסימ-ביוזה עמם. אין לדעת מה תרומת הריזוביום לממשק החנקן בארץ כיום. רובו — בשטחי הצומח הטבעי. עם זאת ברור, שהפוטנציאל עולה על כמות זו עשרת מונים.

אין פירושו של הדבר, שיש להפסיק לייצר דשן כימי ולהשתמש בו. יש תקופות בשנה ומצבים, שתרומת-החנקן של מערכת קטנית — ריזוביום אינה מספקת לצמיחה נאותה, ובתנאים אלו הדישון החנקני מוצדק מבחינה כלכלית. אך עם זאת ברור לי, שהתרומה הכלכלית האפשרית של מערכת קטנית — ריזוביום מחייבת את המדינה להשקיע באספקטים שונים של נושא זה אמצעים מחקרניים ניכרים; את המדריכים והחוקרים — לחשוב ב„ממדים“ נוספים שצוינו לעיל; ואת החקלאים — לשקול מחדש את מבנה מערכותיהם החקלאיות.

ספרות

- 1) הרפז י. (1975): מודלים של מחזור החנקן. עבודת דוקטור.
- 2) כצנלסון, י. (1974). גן שדה ומשק: 11, 520—523.
- 3) כצנלסון י. ובראדון מ. (1975): דו"ח מס' 1 על נסיון הרעיה בנוה-יער.
- 4) ליון, בקמן וגידי (1956): תורת הקרקע. הוצ' ספרית פועלים.
- 5) פייגין ע. (1969): מקורו של האמוניום המקובע בקרקעות ארידיות וסמי-ארידיות וגורמים המשפיעים על הופעתו והתנהגותו. עבודת דוקטור.
- 6) Campbell, N.E.R. and Lees, H. (1967). in Soil Biochemistry. Editors: McLaren and Peterson. Arnold and Dekker, London, N.Y.
- 7) Katznelson, J. (1975): The role of legumes in pasture-animal-system. Proc. FAO Workshop on research techniques in Pastures, Badajoz, Spain.
- 8) Stout, P.R. (1974): Agricultural Energy Requirement. In: A new look at energy sources. ASA. Sp. Publ. 22, Madison, U.S.A.
- 9) Vincent, J.M. (1972). J. Aust. Inst. Agric. Sci. 38: 236—249.
- 10) Walker, T.W., Orchiston, H.D. and Adams, A.F.R. (1954). J. Brit. Grassl. Soc. 9: 249.
- 11) Whitehead, D.C. (1970): Nitrogen balance in grasslands. In: The Role of nitrogen in grassland productivity. Commonwealth bureau of Pastures and Farm Crops. Bull. 48, Hurley.

או יותר, ליבול השטח החקלאי. היא נוצרת בתה-ליכי הפוטוסינתזה של התלתן, ואינה משמשת לבניית חומר יבש או לתהליכים מטבוליים של הצמח, אלא מועברת לבקטרואידים, ואלה משתמשים בה לקיבוע החנקן. ליבול של 800 ק"ג חומר יבש לדונם, שנת-קבל מגידול קטנית זה, יש להוסיף גם 750 ק"ג נוספים. מערכת זו היתה אפוא הרבה יותר יעילה מבחינה פוטוסינתטית ממערכת מקבילה של דגן, המייצר 800 ק"ג חומר יבש לדונם, מביא לידי העשרת הקרקע ב-0.15% חומר אורגני לשנה, ונוזק למטרה זו לכמות עצומה של חנקן מן השוק. הקטנית מייצרת 1550 ק"ג מוטמעים, ואילו הדגן — 800 ק"ג בלבד. אמנם יש להביא בחשבון, שהדגן משקיע אנרגיה — שאינה משמשת לבניית גופו — בחיזור החנקן שהוא קולט לאמון. גם הקטנית קולטת חלק מן החנקן שלה מן האדמה כחנקן; אך אצלה מהווה חלק זה רק חלק קטן מהחנקן המשמש לבניית הצמח. העובדה, שכמות המוטמעים המשמשת לקיבוע החנקן דומה לכמות המוטמעים שאנו אוספים ביבול — מעלה שאלה חשובה: האם אפשר לאתר מערכות סימביוזה יעילות יותר, שקיבוע ק"ג חנקן יעלה בהן, נביח, 10 ק"ג (ולא 15 ק"ג כפי שחישבנו). מערכות כאלה תדרושנה אנרגיה המצויה ב-500 ק"ג ח"י, ולא ב-750 ק"ג, לשם קיבוע אותה כמות חנקן; והיתרה בסך 250 ק"ג, תעבוד לשם ייצור חומר יבש נוסף. תוספת חומר יבש זו — פירושה גם תוספת חלבון, ומשמעות הדבר שתהא העלאה ב-200 ק"ג חומר יבש. אף אפשר לחשב את היעילות בקיבוע חנקן בכך שבקטנית, המכילה 2.7% חנקן, ויעילות קיבוע החנקן במערכת היא a ק"ג פחמימות לק"ג חנקן — הרי שכל ק"ג חומר יבש שנוצר בנוסף ונקצר דורש ק"ג אחד פחמימות ועוד 27a מחולקים ב-1000, וכמות האנרגיה המשמשת לקיבוע חלבון תשווה לזו המשמשת לייצור חומר יבש המכיל חלבון זה, כאשר אחוז החנקן כפול a הם 100.

במערכת סימביוזה בלתי יעילה — תתנהג הקטנית בדומה לדגן; אלא, מכיון שהיא נזקקת לכמויות גדולות יותר של חנקן — גדילתה תהיה גרועה מגדילת הדגן.

האם אפשר להגיע למערכת סימביוזה יעילה יותר? נראה לי, שכן. אמנם בניסוי הרעיה בנוה-יער קיימת מערכת יעילה מאוד, ולא כן הדבר במערכות אחרות, ואפילו בניסויים אחרים עם אותו זן של תלתן תת-קרקעי, „רויטל“, שאכן קיבלנו בהם תוצאות אחרות. באחד הניסויים בנוה-יער נתקבל יבול חומר יבש נקצר גדול בהרבה (1.0—1.9 טונות חומר יבש לדונם (2)) — אך תוספת קטנה ביותר של חומר אורגני לקרקע. יתכן כי הקשר הספציפי בין זן התלתן ובין גזע הריזוביום משפיע גם על היחס בין החלק של החנקן הנוצר המשמש להצמחת הנוף לבין ס"ה כמות החנקן הנתרמת למערכת.