



האוניברסיטה העברית בירושלים
המחלקה לבוטניקה



החברה להגנת הטבע

רתם

כתב עת לנושאי שדה בוטניים בארץ ישראל

מס' 29, אב תשמ"ט, אוגוסט 1989

עורכים: גד פולק ואבי שמידע

ראשית החקלאות וביות צמחי בר

עורך אורח: מרדכי כסלו

מוצא חקלאות החיטה

מרדכי כסלו

הקשר בין האדם לצמחיה אשר בסביבתו הביא לכך, שלפני כ-9000-8000 שנה בויתה החיטה, שהיתה והינה הצמח הראשון במעלה בחשיבותו המזונית. יחד עם גידול **שעורה**, פשתה ומיני קטניות אחדים, התפשטה החיטה במהירות ברחבי המזרח התיכון ולאחר מכן באסיה ובאירופה. פשטות גידול החיטה, יכוליה הגבוהים, הקלות בטיפול, באחסנתה, בהעברתה ובהכנתה כמזון, טעמה הערב לחך ותחושת השובע שהיא גורמת, תרמו לפופולריות הרבה שלה בכל התקופות. מעמדה של החיטה כמצרך בסיסי בתקופת התנ"ך משתקף בפסוק (דברים ח', 3): "כי לא על הלחם לבדו יחיה האדם, כי על כל מוצא פי ה' יחיה האדם". אם כי הידיעות שיש בידינו על תחילת ההיסטוריה של החקלאות עדיין מקוטעות ורחוקות מלהשביע את רצוננו, אפשר לקבל תמונה ברורה למדי בנושא על-ידי צירוף מידע מכמה ענפי מחקר, כגון בוטניקה, ארכיאולוגיה, גנטיקה ואכולוציה.

המהפכה הניאוליתית

המהפכה הניאוליתית, מושג שפורסם לראשונה בשנות השלושים (Childe, 1936), הטביע את חותמו על תפיסת הפרהיסטוריונים את מקורה של החקלאות ותחילת התפתחותה. היום, לאחר כ-50 שנות מחקר, יודעים אנו שכמה מהנחות היסוד הכרוכות במושג זה שוב אינן מקובלות. אולם, המסגרת הכללית, השינוי שעבר האדם משלב של ציד-מלקט לרועה ועובד אדמה, מובע בצורה הולמת באמצעות הביטוי "המהפכה הניאוליתית". יש להוסיף שלגבי כמה מיני תבואות ארכה המהפכה הניאוליתית כמה מאות שנים.

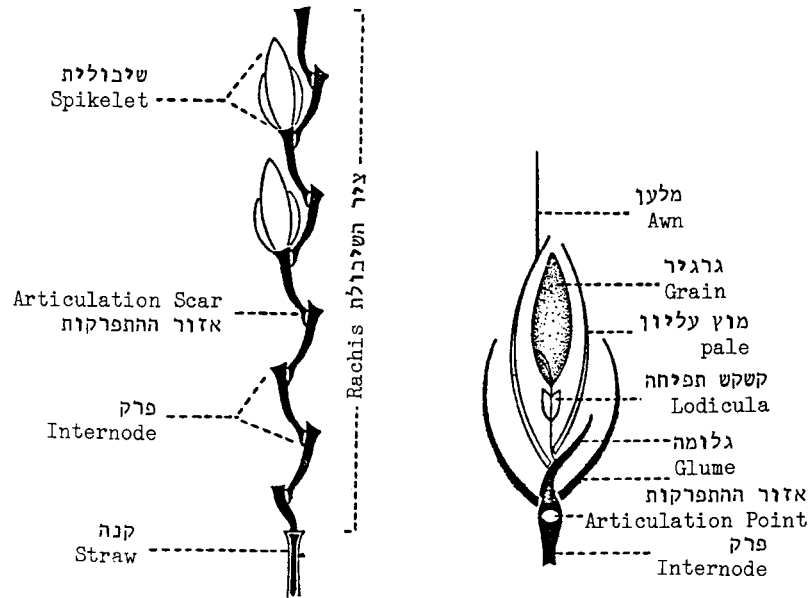
קשה לתארך את המועד המדויק שבו החלה החקלאות, מפני שבשלביה המוקדמים לא נדרשו כל הפעולות הכרוכות בהכנת תבואה למזון. המידע שהצטבר עד כה אודות ראשית גידול החיטה, מצביע על שלושה שלבים עיקריים: (1) "המהפכה האגרוטכנית" שהתחוללה בשעה שהאדם היה עדיין ציד-מלקט. (2) "מהפכת הביות", דהיינו, גידול צמחי בר וחיות בר וביותם. (3) התפשטות החקלאות. נראה הדבר, ששלושת השלבים הללו כוללים לא רק חיטה, אלא גם שעורה, קטניות, פשתה וכן עיזים, כבשים וחזירים, שביותו בו-זמנית או בהפרש של כמה מאות שנים (Harlan, 1975). השלב האגרוטכני, או המהפכה הטכנולוגית הכרוכה בעבודת אדמה, אירע כנראה באלף ה-11 לפסה"נ, ושורשיו נעוצים מרחק כמה אלפי שנים בעבר. להבי מגל רבים (שלעתים נעוצים עדיין בתוך ידיותיהם) עליים ומכתשים וכן אבני שחיקה, התגלו בכמה אתרים נאטופיים מ-10,300 עד 8,500

M.E. Kislev. 1984. Emergence of wheat agriculture.

* מתורגם מהמאמר

Paleorient 10(2): 61-70.

מפרק אחד של ציר השיבולת, ובראשו שיבולת אחת פורה. בשיבולת אחת יכולות להיות כ-5 עד 20 שיבוליות (איור 1). השיבוליות מתפרקות ונושרות זו אחר זו במהירות די רבה. תוך שבוע עד שבועיים יכול שטח שלם להבשיל ולפזר את זרעיו, תופעה המזוּרזת על-ידי החמסינים של האביב. יחידת התפוצה, שליש לה צורת ראש חץ, נתקעת כשליף ואחר כך בסדקי הקרקע וקשה אז מאוד לשלוף אותה ממקומה (Zohary, 1969). יש בידי האדם שתי אפשרויות לאיסוף הדגניים הללו: או לפני ההבשלה המלאה, לפני התפרקות השיבולת, או איסוף שיבוליות בודדות הנתונות בסדקי הקרקע או בתוך השליף. איסוף השיבולים בעודן ירוקות כרוך בסכנה שעודף המים בגרגיר יגרום לעיפוש בזמן האחסון. לעומת זאת, איסוף שיבוליות בודדות בתוך השליף דורש אנרגיה רבה מדי. המצאתו של המגל לשם קציר היתה מרכיב חשוב במהפכה האגרוטכנית. ניצול המכשיר הזה, מלבד החיסכון בכוח, מגדיל את יעילות העבודה פי שניים בערך מתליש בעזרת הידדים בלבד (פרופ' אביצור, בע"פ). יתרון נוסף נובע מהקטנת הפחת בשיבוליות בזמן הקציר. כאשר הקוצר מחזיק בידו האחת את קנה השיבולת, הוא בולם את הזעזועים ממכת המגל ומונע את נשירת השיבוליות הבשלות. כך היה הקוצר הנאטופי יכול להמתין להבשלה מלאה יותר של הגרגירים, מבלי לחשוש לאובדן חלק מהיבול. נראה שבשלב זה היתה החברה הנאטופית מוכנה לגידול מכוון של דגני בר, אם כי ייתכן שהדבר התרחש רק בתקופת האבן החדשה הקדם-קראמית, שזמנה הוא מ-8500 עד 6000 לפסה"נ (עיין במאמר "החקלאות במזרח הקרוב באלף השמיני לפסה"נ" בחוברת זו).



איור 1. דיאגרמה של שיבולת ושיבולית של חיטה (מתוך: Helbaek, 1953).

שנה לפסה"נ (בר-יוסף, תשל"ד; תשל"ז). חיטת-בר חד-גרגירית (טבלה 1) **שעורת התבור** (*Hordeum spontaneum*) שיפון בר (*Secale sp.*) וכן קטניות בר, זוהו משכבות נאטופיות בתל אבו הוריריה ובמוריביט שעל גדות הנהר פרת בצפון סוריה (Hillman, 1975; Zeist and Bakker-Heers, 1986). בחפירות עינן ליד קריית-שמונה נתגלו ממגורות שהיו מדופנות באבני גוויל או מטיחות. הממצאים הנאטופיים מצביעים על כלכלה שהתבססה על ציד ודיג וגם על איסוף אינטנסיבי של זרעים, כולל חיטת הבר ושעורת התבור (Garrod, 1955; Perrot, 1962).

איסוף גרגירים של חיטי בר ושעורת התבור אינו קל. הגרגירים נתונים בתוך יחידות תפוצה מיוחדות במינן. בחיטת הבר יש שני גרגירים, בחיטת-בר חד-גרגירית יש ברגיל גרגיר אחד, ובשעורת התבור תמיד גרגיר אחד ביחידת תפוצה. יחידת התפוצה מורכבת

טבלה 1. מיני החיטה (*Triticum*)
(בעיקר על-פי Gandilian, 1980)

השם העברי	פלואידיות	תרבותיות	השם הלטיני
חיטת-בר חד גרגירית	2	בר	<i>T. boeoticum</i>
-	2	בר	<i>T. urartu</i>
חיטה חד-גרגירית	2	עטויה	<i>T. monococcum</i>
-	2	חשופה	<i>T. sinskajae</i>
חיטת הבר	4	בר	<i>T. dicoccoides</i>
חיטה דו-גרגירית (כוסמת)	4	עטויה	<i>T. dicoccon</i>
-	4	עטויה	<i>T. palaeocolchicum</i>
חיטה קשה	4	חשופה	<i>T. durum</i>
חיטה אנגלית	4	חשופה	<i>T. turgidum</i>
חיטה אתיופית	4	חשופה	<i>T. aethiopicum</i>
חיטה מזרחית	4	חשופה	<i>T. turanicum</i>
חיטה פולנית	4	חשופה	<i>T. polonicum</i>
-	4	עטויה	<i>T. isphahanicum</i>
חיטה פרסית	4	חשופה	<i>T. persicum</i>
חיטה ארמנית	4	בר	<i>T. araraticum</i>
חיטת טימופייב	4	עטויה	<i>T. timopheevi</i>
חיטת ספלטה	6	עטויה	<i>T. spelta</i>
-	6	עטויה	<i>T. macha</i>
חיטת ווילוב	6	עטויה	<i>T. vavilovi</i>
חיטה רכה	6	חשופה	<i>T. aestivum</i>
חיטה דחוסת-שיבולת	6	חשופה	<i>T. compactum</i>
חיטה הודית	6	חשופה	<i>T. sphaerococcum</i>

האזור הגיאוגרפי שבו החלה להתפתח חקלאות החיטה, נתחם למעשה על-פי ממצאים ארכיאולוגיים של כלים המיועדים לעיבוד מזון מגרגירים של דגני בר. כלים אלה מוגבלים בתקופות אלה לסהר הפורה.

עליים ומכתשים, בכמות קטנה הרבה יותר, נמצאו גם בתקופות קדומות יותר, המכונות כבארית גיאומטרית (מ-12,500 עד 10,300 לפסה"נ) וכבארית (מ-17,000 עד 12,500 לפסה"נ). שרידי גרגירים מתקופות אלה הם נדירים מאוד, מפני שאפילו גרגירים מפוחמים המורכבים בעיקר מפחמן אינרטי, אינם עמידים בפני שחיקת חלקיקי הקרקע הנגרמת בשל הרטבה והתייבשות חוזרות ונשנות במשך אלפי שנים. שלושה גרגירים של חיטה דו-גרגרית (כוסמת) אמנם נמצאו וזהו במערת נחל אורן (Noy et al., 1973) ברם ספק אם הזיהוי הוא נכון. הסיבה לכך היא, שקשה לזהות בוודאות זרעים בודדים אשר נמצאו בחפירות ארכיאולוגיות, שכן לזרעים של מינים דומים יש לעתים קרובות טווח מסוים שבו ממדיהם שווים בגלל החפיפה הטבעית בגודלם. בעיה זו בולטת כאשר מעוניינים להבחין בין גרגירים של צמח בר לגרגירי צמח התרבות שבזית ממנו. מכל מקום, בתיארוך של הגרגירים עצמם בעזרת מאיץ חלקיקים בשטת accelerator mass spectrometry (AMS) התברר שגרגיר אחד היה בן 33,000 שנה ושני הגרגירים האחרים היו בני 3,000 שנה (Gowlett et al., 1987). נראה שהעליים והמכתשים שישו אז לצרכים מגוונים, כגון כתישת זרעים, בלוטים ואגוזים של צמחי בר שונים ואפילו כתישת צבע מינרלי לצורך קישוט והדגשה. רק בתקופות מאוחרות יותר, או אולי באזורים שבהם היה שפע של דגני בר, גדל מספר כלי האבן המיועדים לעיבוד מזון מגרגירים.

העדויות הראשונות למהפכת הביות מתוארכות לתקופת האבן החדשה הקדם קראמית ב' (מ-7600 עד 6000 לפסה"נ). פיתוח השדה כבית-גידול נרחב לתבואות על-ידי החברות הניאוליתיות במזרח התיכון הושפע בוודאי מהשטחים הגדולים של חיטת הבר, ובעיקר של שעורת התבור, הקיימים גם היום בחברות היער הפתוח של אלון התבור ואלה אטלנטית, ובקרבתן. האדם היה יכול לשרוף שדות בר כאלה ולהשתמש בשטחים שהתפנו לזריעת תבואה. יותר מאוחר התפשטה כנראה החקלאות לאזורים סמוכים, כגון לשטחי ביצה אשר שמרו על לחות הקרקע או לשטחים מכוסים בחורש ים-תיכוני. הפיכת שטחים ירוקי-עד, מכוסים חורש, לשדות של דגני חורף חד-שנתיים, היתה אחד משינויי הנוף הראשונים שנעשו בידי החקלאים הקדמונים. אין ספק, שהתרבות השדות באזור שינתה בצורה ברורה את שיווי-המשקל האקולוגי בביצה ובחורש שבזרעו.

אין אפשרות ברורה להבדיל, על-פי שרידים בוטניים-ארכיאולוגיים, בין חיטת הבר לכוסמת (החיטה המבויתת שנוצרה ממנה). קיים בלבול מסוים בהבנת המלה כוסמת. בתנ"ך ובספרות חז"ל משמעותה היא מין חיטה ששמה המדעי חיטה דו-גרגרית (עייני טבלה 1). במאות השנים האחרונות ירדה חשיבותה, ובמקומה השתמשו בפגופירון תרבותי (*Fagopyrum esculentum*) הנמנה על משפחת הארכוביטאים. כנראה בגלל המקום הדומה בסל המזון, שינתה המלה כוסמת את משמעותה מחיטה דו-גרגרית לפגופירון תרבותי. השרידים המפוחמים כוללים תמיד גרגירים ולעתים גם חלקי שיבוליות, אך אין בכל אלה

כדי לזהות בוודאות את אחד המינים. בעקיפין, אפשר להחליט ולזהות, על-פי השעורה המבויתת, גם את גרגירי החיטה שנמצאו באותו אתר כשייכים לחיטה מבויתת, בהנחה ששני הדגנים בויתו בערך באותו זמן. שיבולתה של הכוסמת שוב אינה מתפרקת בעצמה לעת ההבשלה, ואפשר לקצור אותה בביטחון, מבלי שיאבדו השיבוליות העליונות. היום קיימים הבדלים נוספים בין הכוסמת לחיטת הבר, כגון מוצים וגלומות דקים יותר, שדרת שיבולת פחות עבה, מלענים דקים וקצרים יותר ששיניהם פחות גסות מאשר בחיטת הבר (Zohary, 1969), אולם איננו יודעים מתי קרו השינויים הללו. מכל מקום, סביר להניח שפעולות האיכר הקשורות בעימור, גדיש ודיש החלו רק כאשר איבדה השיבולת את תכונת ההתפרקות של השדרה, מפני שהגרגירים נשארים בתוך השיבולת השלמה, המחוברת לקנה הדגן הקצור.

התכונה החשובה ביותר בדגנים מבויתים היא, שאין הם יכולים להמשיך לפזר את זרעיהם כבעבר, כי כאשר נופלת שיבולת שלמה אל הקרקע, אין היא יכולה לחדור פנימה לפני הנביטה. כדי להתקיים גם בשנה הבאה, חייב האיכר לזרוע אותם במכוון בעצמו (זהרי, תש"ל). לכן סביר להניח, שהידע הכרוך בעיבוד הדגנים לא נרכש כולו בבת-אחת, אלא שפעולות החריש והזריעה היו ידועות לאדם עוד לפני ביות הדגנים, ובשלב יותר מאוחר באו העימור, הגדיש והדיש. כנראה שכבר בתקופת האבן החדשה הקדם-קראמית ב' נקטו בכל הפעולות החקלאיות שהוזכרו.

שאלה מעניינת הקשורה בביות היא, מדוע בירר האדם את המוטציה האחראית לאי-התפרקות השיבולת והפיץ אותה בתחילה בשרהו ולאחר מכן ברחבי השטחים החקלאיים בעולם. אחד ההסברים לכך הוא שבשלב שהאדם עוד לא נהג לזרוע, קרתה מדי פעם מוטציה לאי-התפרקות השיבולת. ואפילו אם הוא ליקט שיבולים שלמות - תוצאת המוטציה החדשה - לא היה לכך כל ערך לטווח ארוך, כי האדם לא זרע, ולכן לא היה יכול להגדיל את תדירות המוטציה הזו באוכלוסייה. להיפך, הוא בוודאי העדיף לאסוף שיבולים שלמות למזונו. מאידך, הזרעים שהביאו ליצירת דגני הבר בשנה הבאה באו מהנפולת שהשאר האדם בשטח, תוצאה של התפרקות השיבולת לשיבוליות מצמחים שלא קרתה בהם המוטציה. אולם, כאשר החל האדם לזרוע, השתנה המצב לחלוטין, שכן הזרעים שהוא זרע באו כעת מהחלק הקצור. ואם היתה כעת מוטציה כזאת, היא היתה נשמרת מבלי משיס. כלומר, כאשר החל האדם לזרוע את חיטת הבר נוצרו לחצי הברירה לטובת התבססות התכונה של אי-התפרקות השיבולת (Harlan et al., 1973).

הסבר זה לקוי בכך, שתהליך הברירה הווע לעיל יכול לפעול רק כאשר יזרעו בכל שנה שדות חדשים, שאין בהם נפולת מהשנה שעברה. אם יזרע בשנה הבאה אותו השדה, יש להניח, לפי הסבר זה, שישמר אותו ההרכב שהיה בשנה הקודמת, מפני שהיכול החדש יבוא הן מזרעי הנפולת והן מהזרעים שנקצרו.

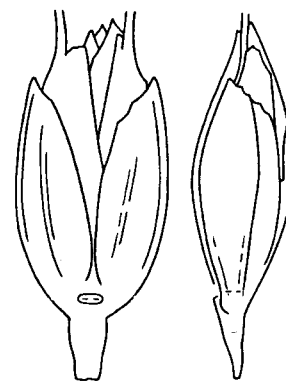
סביר יותר להניח, שהאדם קצר את השטח של תבואת הבר פעמיים. הקציר הראשון היה של שיבולים ירוקות, בשלב שלפני הבשלתן והתפרקותן. שבועות מועטים לאחר-מכן, כאשר הגיע זמנו של השיבולים הצדדיות והאפילויות להבשיל, חזרו וקצרו את השיבולים המאחרות. אם היתה ביניהן שיבולת בשלה שלא התפרקה, תוצאה של המוטציה, היא

הקספלואידיים X6	טרפלואידיים X4	דיפלואידיים X2	שלב הביות
	חיטת הבר T. dicoccoides	חיטת-בר חד-גרגרית T. boeoticum	1. חיטי בר (השיבולת מתפרקת מעצמה הגרגרית תמיד עטוי)
חיטת ספלטה T. spelta	כוסמת T. dicoccon	חיטה חד-גרגרית T. monococcum	2. חיטי תרבות פרימיטיביות (השיבולת אינה מתפרקת הגרגרית עטוי)
חיטה רכה T. aestivum	חיטה קשה T. durum	מין קרוב לחיטה חד-גרגרית T. sinskajae	3. חיטי תרבות מפותחות (השיבולת אינה מתפרקת הגרגרית חופשי)
חיטה דחוסת-שיבולת T. compactum	חיטה אנגלית T. turgidum		
חיטה הודית T. sphaerococcum	חיטה קטנת-גרגרית T. parvicoccum		

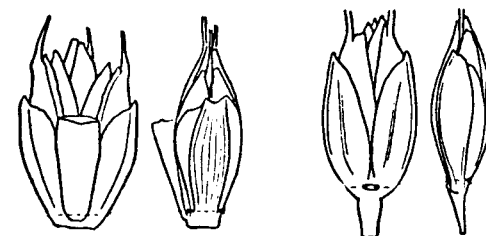
אין אנו יודעים אם החיטה החשופה גודלה יחד עם החיטה העטויה - כוסמת - או שהן גודלו בשדות נפרדים. מכל מקום, העובדה שכוסמת וחיטה חשופה גודלו זו בצד זו במשך כשבעת אלפים שנה, עד התקופה הרומית, מרמזת על כך שלחיטה החשופה לא היה יתרון גדול דיו כדי לדחוק את הכוסמת - הנחשבת כחיטת תרבות פרימיטיבית - ממעמדה כתבואה בעלת חשיבות ראשונה במעלה.

השלב השלישי במהפכה הניאוליתית - התפשטות החקלאות - היה למעשה שינוי קיצוני ומהיר בארגון הכלכלי, כאשר ציידים-מלקטים נהיו לאיכרים ביישוביהם הקבועים. חקלאות הדגנים התפשטה מאזור הסהר הפורה דרך צפון אירן למרכז אסיה, ובכיוון מערב, לאירופה דרך דרום-מערב אנטוליה, וכן לקפריסין, כרתים ומלטה - כל זאת באלף השישי והחמישי לפסה"נ (איור 3) (Evans, 1964; Follieri, 1973; Helbaek, 1966).

בוודאי נקצרה אתן. בהנחה שכושר הנבילה של הגרגירים הבשלים היה טוב מאלה של השיבולים הירוקות יותר, גדל חלקן היחסי של השיבולים הבלתי מתפרקות בעונה הבאה. חשוב להדגיש, שההבדל היחיד בין חיטת הבר לכוסמת היה אז בכושר ההתפרקות של השיבולת בלבד. כאשר שיבוליות בודדות ושיבולים שלמות נאספו וכונסו יחד לאיסוס לשם התקנת מזון ולצורך זריעה, היתה בעיה לאשה הכותשת את החיטים. היא העדיפה בוודאי את השיבוליות הבודדות הנוחות לכתושה במכתש הצר מאשר את השיבולים השלמות (איור 2). לכן נותרו יותר שיבולים שלמות לשנה הבאה. כידוע, העדויות משבטים של ציידים-מלקטים שחיים בזמננו ובמאות השנים האחרונות קובעות בכיור שהאשה היא שעוסקת ברגיל בהכנת המזון, למשל הבושמנים בבוצואנה (Lee, 1968) והילידים באוסטרליה (Tindale, 1974). כך, באמצעות הימנעות מעבודה מיותרת בזמן הכתישה, ביררה האשה מבלי דעת, את החיטה (והשעורה) המבוישת, שהרבה יותר יעיל ונוח לקצור אותה, אבל יש צורך לרוש אותה לאחר מכן כדי לקבל שיבוליות בודדות. השלב האבולוציוני הזה היה יכול להיות הרבה יותר ארוך אם יותר מגן אחד היה אחראי להתפרקות השיבולת.



מהפנים מהצד שיבולית טרייה של כוסמת



איור 2. שיבולית מהפנים ומהצד. (מתוך: Helbaek, 1952) מימין כוסמת. משמאל - חיטת ספלטה.

הצעד הבא בביות החיטה היה חשיפת הגרגיר, כלומר יצירת טיפוס חיטה חדש, שבו הגרגירים נחשפים ביתר קלות מהמוצים והגלומות מאשר גרגירי הכוסמת, העטוילים במוצים ובגלומות, ובזמן הדיש נמעכים המוצים והגלומות ומתרכסים הרבה יותר דק מאשר השדרה. הממצא הראשון של חיטה חשופה - או חיטת תרבות מפותחת - כפי הנראה חיטה קטנת-גרגרית (טבלה 2), ידוע מתל אסואד, ליד דמשק, משכבה II המתוארכת בין 6900 ל-6600 שנה לפסה"נ (Zeist, 1976).



איור 3. מסלול ההתפשטות של כוסמת מהמזרח הקרוב למערב אירופה
 • יישובים חקלאיים קדומים. שטחים ברום שמעל ל-300 מ' מוצללים.

(Hopf, 1966; Waines and Stanley Price, 1977) האזורים שנהיו חקלאיים לראשונה בחצאי האיים בים התיכון היו תמיד המישורים הדרום-מזרחיים הסמוכים לחוף. חצי האי הבלקני מתועד היום באופן משיע רצון למדי (Renfrew, 1979). באלף השישי לפסה"נ נעו צפונה זני החיטה והשעורה מבתי-גידול ים-תיכוניים לתוך מרכז אירופה. החיטה ברובה כללה שני מינים תרבותיים של חיטה עטויה - - כוסמת וחיטה חד-גרגרית, ורק מיעוטה היה חיטה חשופה בשתי רמות הכרומוזומים שלה - - טטרפלואידית והקספלואידית.

הצורך של צמח זר להסתגל לתנאי האקלים באזור החדש, וקיומם של מכשולים גיאוגרפיים, כגון הרים גבוהים, יכולים לעכב ולהגביל את מהירות התפשטותו ואת כיבושם של שטחים חדשים על-ידינו. בתהליך התפשטות מיני חיטה ושעורה, למשל מדרום לצפון בחצי האי הבלקני, כאשר עברו התבואות הללו מאקלים של קיץ יבש, המתאים לגידולן, לקיץ גשום וקריר, הן הזדקקו לתקופת אקלום בטרם יכלו להתפשט הלאה צפונה. אכן, יש עדויות פלינוולוגיות שבסביבות 6000 לפסה"נ, הטמפרטורה הממוצעת ביוון היתה גבוהה יותר מאשר בתקופות קודמות וגם גבוהה מזו של היום (Bottema, 1974). אם כי במזרח התיכון יכלו להיות בתקופה הניאוליתית שדות גם בהרים (חג'ילר בדרום-מערב תורכיה שוכנת בגובה 970 מ' מעל פני הים), הרי רוב אתרי החקלאות באירופה שוכנים ברום נמוך מ-200 מ', וגם מעברי ההרים אינם נישאים מעל רום של 500 מ'. ההסבר לכך הוא, שהתבואות עדיין לא הסתגלו לקור השורר בהרי אירופה.

התברר, שהמסלול המהיר ביותר שעברה החיטה בדרכה מאזור הים התיכון לאירופה התיכונה עבר באזורים ובתנאי האקלים הנוחים ביותר. במרכז אירופה המזרחית החורף אמנם קשה, אך הקיץ חם יחסית. היות שעיקר עונת הצמיחה חלה בחלק החם יותר של השנה, היה קל יותר לחיטה להתקדם צפונה לתוך היבשת. למשל, ההבדל בטמפרטורה בחודש יולי בין אתונה לבודפשט, כ-1000 ק"מ בכיוון דרום-צפון, הוא רק 5°C. יתר על כן, במרכז אירופה, במשך התקופה האטלנטית הקדומה - 4000-5600 שנה לפסה"נ - היתה הטמפרטורה השנתית הממוצעת גבוהה ב-1°C מאשר היום, והקיץ היה פחות מעונן וב-2°C חם יותר (Bakels, 1978). החיטים העטויות (כוסמת וחיטה חד-גרגרית) היו הראשונות שהגיעו צפונה, ורק אחר-כך הופיעה השעורה בכמויות גדולות (Korber-Grohne, 1981). התפשטות החקלאות לאירופה המרכזית שינתה את הנוף מיער צפוף, משיר עלים - או לפחות אזורים מכוסים בשיחים צפופים - לשדות תבואה חד-שנתיים. השינוי הזה מתבטא בשטח חשוף בחורף; ובמקום הנוף הירוק, הקשור בעלווה של רחבי העלים, הטיפוסי לתקופה הקדם-חקלאית, נוצרו כעת אזורים של שדות ובהם עלים צרים וארוכים המצהיבים ומתייבשים בקיץ ואופייניים לאקלים הים-תיכוני והמזרח-תיכוני.

קשה כיום לשחזר את שינויי ההסתגלות שעבר צמח החיטה בנדידתו מהמזרח התיכון לבתי-הגידול החדשים. רמז לכך אפשר לקבל באמצעות השוואת התכונות הטיפוסיות של הזנים המקומיים לאורך מסלול התפשטותה של החיטה. ויילוב ליקט דוגמאות של אלפי זנים מקומיים ובחן אותם בתנאי אקלים שונים ברחבי רוסיה. באמצעות אנליזה של תכונותיהם הגנטיות, היה יכול לזהות את התכונות החקלאיות והאקולוגיות של כל אזור בעזרת "דרכון אקולוגי", כלומר, קובץ של יותר מעשר תכונות חשובות, האופייניות לאותו אזור (Vavilov, 1940). בהנחה שתכונותיהם של זנים מקומיים משקפות את התגובה לתנאים האקולוגיים שבהם הם גדלים, אפשר לשחזר את השינויים שחלו אצל החיטים החשופות, ובעקבות זאת גם את אלה שחלו אצל החיטים העטויות, במעברן מאזור לאזור.

במהלך נדידתה מהמזרח התיכון דרך מערב אנטוליה אל חצי האי הבלקני ומשם צפונה, צברה החיטה החשופה שינויים כמעט בכל איבר. הצמח המקורי הנמוך החל להתארך והגיע לגובה רב יותר באירופה; תקופת הצמיחה שלו התארכה כדי לנצל את גשמי הקיץ והימים הארוכים; העלים, וכן השיכולת והגרגירים, גדלו, והצורך בטמפרטורה גבוהה בזמן ההבשלה נפוג לאטו.

מה היה קצב התקדמותה של חקלאות החיטה מהמזרח התיכון לאירופה? הערכה גסה היא - בערך ק"מ אחד לשנה (Cavalli-Sforza, 1974) (איור 3). המרחקים מתל אסואד II ליד דמשק - 6900 לפסה"נ (Zeist and Bakker-Heeres, 1985); לחג'ילר הקדם-קראמית V בדרום-מערב אנטוליה - 6750 לפסה"נ (Helbaek, 1970); לשכבה הניאוליתית המוקדמת במערת פרנצ'טי בפלופונס - 6000 לפסה"נ (Hansen and Renfrew, 1978); לתרבות הדנובה הניאוליתית (Koros culture) ליד סגד בדרום הונגריה - 5100 לפסה"נ (Hartyanyi and Novaki, 1975); ולתרבות קראמיקת הפסים ליד מאסטרית בדרום הולנד - 4400 לפסה"נ (Bakels, 1978) הם 1000, 600, 1000 ו-1200 ק"מ בהתאמה.

הדיפלואידים העטויים - חיסת-בר חד-גרגירית, T. urartu, וחיטה חד-גרגירית - שברגיל יש אצלם גרגיר אחד בכל שיבולית, מוגדרים באמצעות המזלג הצר והגרגיר הצר והגבוה שלהם. מוזר הדבר שיותר קל לקבוע שהממצא שייך לזן דו-גרגירי של אחד המינים הללו מאשר לזהות את המין המדויק, בהנחה שהבדלים בין זנים קטנים יותר מאשר בין מינים. לקבוצת המינים העטויים, הטטרפלוואידיים, הכוללים את חיסת הבר ואת הכוסמת, יש מזלגות רחבים יותר וגרגיר רחב יותר ולא כל-כך גבוה, ושוב, קשה להבדיל בין המינים בתוך הקבוצה מבחינה מורפולוגית.

את חיסת ספלטא אפשר לזהות באמצעות המזלג שצורתו אופיינית - כרגיל הוא רחב יותר ועבה יותר, על-פי הצורה והמבנה המיוחדים של הגלומה, על-פי הגרגיר הרחב בעל הקודקוד הקהה וכן על-פי ההתפרקות המיוחדת של ציר השיבולת, שברגיל משאירה את הפרק של ציר השיבולת בחיק השיבולית (איור 4) (Jessen, 1939; Helbaek, 1952).



איור 4. "מזלגות" מפוחמים של מיני חיטה (מתוך: Helbaek, 1952) שורה עליונה: חיטה חד-גרגירית שורה שניה: כוסמת שתי השורות התחתונות: חיסת ספלטא

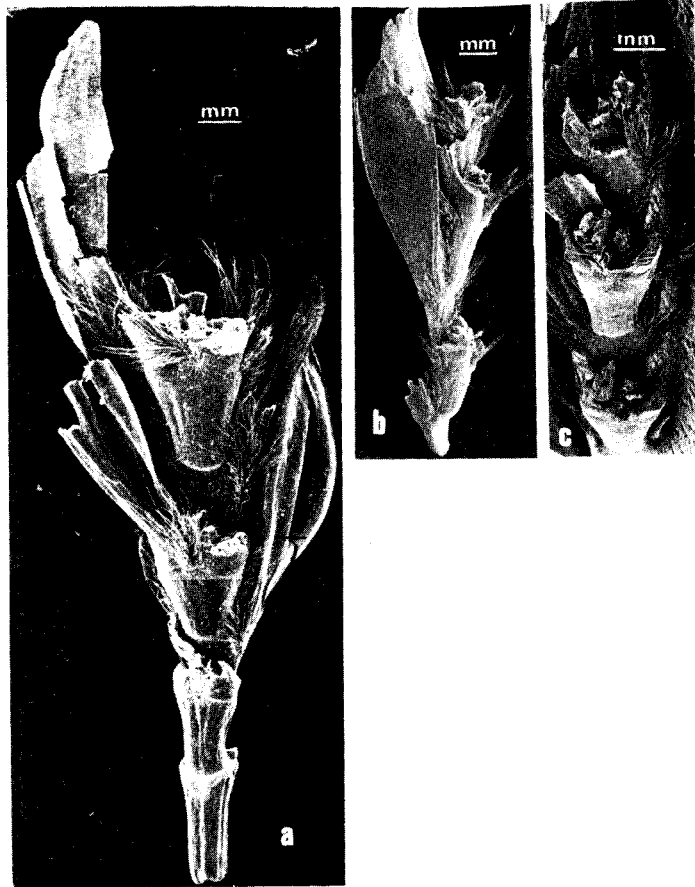
חיטים חשופות ניכרות בקטעי ציר השיבולת שלהן, שלא נשברו בעת הדיש באזור החיבור שבין פרק לפרק, אלא באופן אקראי, ולעתים הם כוללים כמה פרקים - וכן בגרגיריהם העגלגלים (איור 5). שוב, קשה להבחין בין המינים בתוך הקבוצה (Helbaek, 1975; Jørgensen, 1975). כדי להבחין בכל זאת בין המינים, נעזרים בתפוצה הפיטוגיאוגרפית של המינים הללו בתקופות ההיסטוריות. כך למשל, את הממצאים של חיטה חשופה באירופה, מלבד אלה שנמצאו בחצאי האיים הדרומיים, משייכים בדרך-כלל לחיטה רכה כאשר פרקי ציר השיבולת ארוכים, וכאשר הם קצרים יותר, הממצא שייך

וקצב ההתקדמות ב-2500 השנים הראשונות של התפשטות חקלאות החיטה הוא 1.5 ק"מ לשנה; או 0.8, 1.1 ו-1.7 ק"מ לשנה מתחנה לתחנה. מובן מאליו שהמספרים הללו אינם מדויקים, אלא מבטאים באופן כללי את הקצב, ורק רשת צפופה יותר של נתונים תוכל לתת תמונה יותר מדויקת. המעבר מדרום אנטוליה לדרום יוון היה יכול להתבצע דרך הים, מפני שהספנות היתה כבר ידועה אז (Mellaart, 1975). ההנחה המקובלת היא, שאנשי תרבות קראמיקת הפסים נדדו ברחבי אירופה המרכזית והעבירו אתם גם את החיטה (Quitta, 1971), אבל אין אנו יודעים על מנגנוני העברה מיוחדים באזורים האחרים. לא כל המינים התפשטו באותה מהירות והגיעו לאירופה הממוזגת. בעוד שכוסמת, ביחד עם חיטה חד-גרגירית, היתה כמעט תמיד בחזית התפשטות החקלאות, הרי תבואות אחרות, כגון שעורה, פשתה, אפונה ועדשה היו כנראה רק גידולים משניים או מזדמנים (Willerding, 1970; Korber-Grohne, 1981). תבואות אחרות, כגון חיטים חשופות טטרפלוואידיות, טופח תרבותי וכרשינה, היו מוגבלות בעיקר לאזור הים התיכון. בניאולית הקדום במרכז אירופה, היתה החקלאות מוגבלת עדיין למספר קטן של גידולים ולעתים היתה רק מונוקולטורה של כוסמת וחיטה חד-גרגירית (Knorzer, 1979). אנשי תקופת האבן החדשה העבירו לנו את רוב מיני החיטה שהשתמרו באלפי זנים מקומיים. במאה שלנו אנו עדים להיעלמות מהירה של הזנים המקומיים לטובת חיטה אחידה ועתירת יבול, הרגישה עם זאת מאוד למחלות פתאומיות. אם המהפכה הירוקה תמשיך להיות קשורה בהפחתה מדהימה כזו במספר הזנים המקומיים, ייתכן שנוכל לאפיין את העתיד כפרק ההתמוטטות של החקלאות המוכרת.

בוטניקה ארכיאולוגית

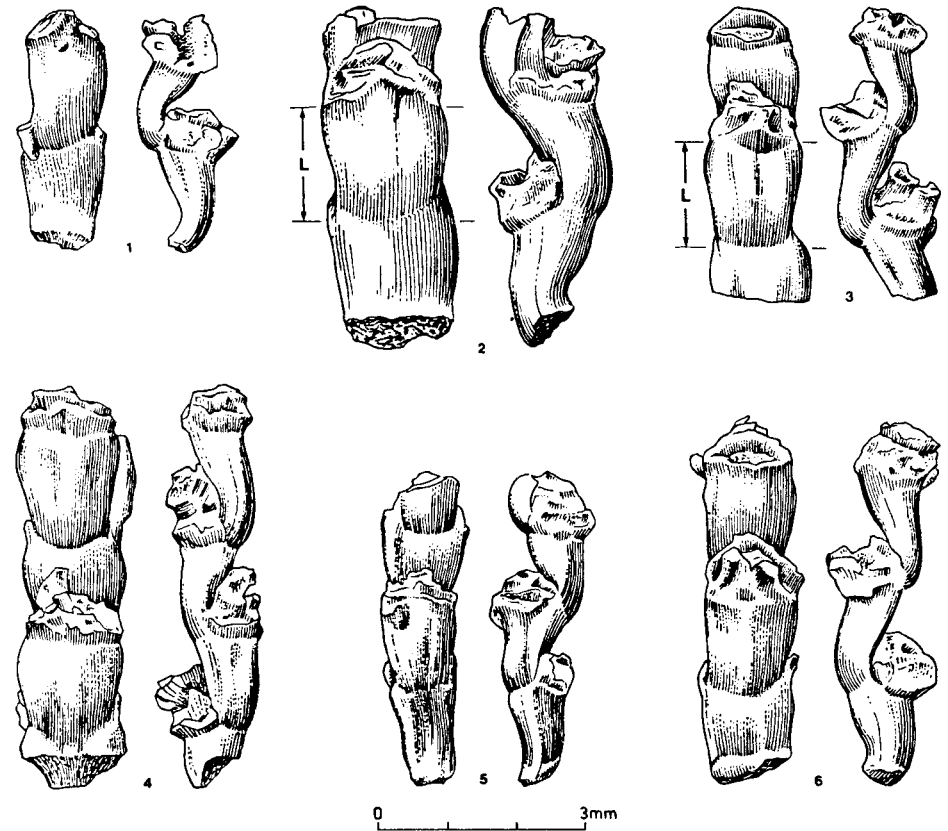
כאשר שרידים בוטניים-ארכיאולוגיים מתוארכים ומזוהים נכונה, הם מספקים לנו מידע חייוני ורב-ערך להבנה טובה יותר של מוצאם ונדידתם של מיני התרבות, ובדומה - גם של העשבים הרעים. ממצאים שנתגלו לאחרונה מהתקופה הניאוליתית במזרח הקרוב ובדרום-מזרח אירופה יוצרים תמונה מעניינת, אם כי לא שלמה, של ראשית חקלאות החיטה. הממצאים הניאוליתיים הראשונים, כוסמת וחיטה חד-גרגירית, התגלו על-ידי Helbaek ב-1953; וחיטה חשופה (כנראה חיטה דחוסת-שיבולת) על-ידי Hopf ב-1961 (Helbaek, 1953; Hopf, 1961). הממצאים כוללים בעיקר גרגירים מפוחמים. כמו-כן מוצאים גם חלקי שדרה, לעתים אף עם גלומות, שבאמצעותן אפשר לזהות בקלות רבה יותר את החיטה. אבל שיבוליות או שיבולים שלמות הן ממצא נדיר. הילכך, אימצו הבוטנאים-הארכיאולוגים מכלול תכונות חדש, שבעזרתו הם יכולים להגדיר את המינים השונים, או לפחות את קבוצת המינים, כגון חיטה עטויה או חיטה חשופה (טבלה 1).

הבסיסים העבים של שתי הגלומות, בעיקר האזור של העורק הראשי, לעתים יחד עם הפרק הסמוך של ציר השיבולת הנשאר שלם עד בסיסו, יוצרים צורה דמוית מזלג, שבעזרתה קל להגדיר את השרידים כשייכים לקבוצה הכוללת חיטי בר וחיטים עטויות (איור 4). ממדי הגרגיר וצורתו הכללית, כגון אורכו, רוחבו וגובהו הנקבעים כאשר הגרגיר מונח על בסיסו השטוח המחורץ לאורכו, וכן היחסים ביניהם, תורמים גם הם לזיהויו. המינים



איור 6. שרידים מפוחמים של חיטה קטנת-גרגיר מתל בטש
 a - מבט מהפנים. הגלומות מראות את הקרין הברור.
 b - מבט מהצד
 c - כמו b, מלמעלה.

הנמצאות ברגיל אצל חיטים טטרפלוואידיות, לעומת 6 תכונות אצל הקספלוואידיות. בעוד שרוב התכונות המיוחדות להקספלוואידים נמצאות בגרגיר, רוב תכונות ציר השיבולת והגלומה מתאימות לטטרפלוואידים (Kislev, 1984). הנימוק העיקרי למתן מעמד של מין עצמאי לשרידים הללו הוא, שלא ידוע היום על מין טטרפלוואידי עם גרגיר כל-כך קטן. מבחינה היסטורית זהו המין הקדום ביותר של חיטה חשופה, ולכן יש להניח שמיני התרבות העיקריים שמגדלים היום כגון חיטה רכה וחיטה קשה, נוצרו מחיטה קטנת-גרגיר.



איור 5. קטעים מפוחמים של ציר השיבולת של חיטה קטנת-גרגיר מרמאד (מתוך: Zeist and Bakker-Heeres, 1985).

לחיטה דחוסת-שיבולת. מאידך, במזרח הקרוב (שלא מגדלים בשטחו, מלבד תורכיה, חיטה דחוסת-שיבולת) מזהים חיטה רכה על-פי פרקי ציר השיבולת הארוכים וכאשר הם קצרים יותר, הם מוגדרים כחיטה קשה. בין הממצאים הקדומים יותר, מלפני התקופה הרומית, יש גרגירים קצרים יותר מ-5 מ"מ, בממוצע 3.6 עד 4.9 מ"מ. אלה שילכים לחיטה קטנת-גרגיר (*T. parvicoccum*), שאצלה גם פרקי ציר השיבולת קצרים יותר, ואורכם 1 עד 2 מ"מ. היות שהם נמצאים באזור שבו גדלה חיטה קשה, הובעה ההשערה, שחיטה זו היא טטרפלוואידית (Kislev, 1981; Kislev, 1980). חיטה כזו איננה גדלה היום, ולכן אי אפשר לקבוע את מספר הכרומוזמים שלה. לאחרונה נמצאו בתל בטש בשפלת יהודה שרידים יפים שלה מהמאה ה"ד לפסה"נ, הכוללים גלומות עם קרין בולט לאורכו, האופייני לחיטים טטרפלוואידיות (Briggle and Reitz, 1963) (איור 6). השרידים מראים 13 תכונות,

המחקר הגנטי גילה את הקשר בין **חיסה רכה לבין בן-חיסה פרוע** (*Aegilops tauschii*). לפני כ-45 שנה גילו כנפרד Mcfadden ו-Sears בארצות הברית ו-Kihara ב־1944, את התורם של גנום D **לחיסה רכה ולחיסת ספלטה** (Sears and Mcfadden 1944; 1946). יותר מעשרים שנה לאחר מכן הניחו, שחיסה רכה נוצרה מחיסת ספלטה באמצעות מוטציה של הגורם הקובע כי הגרגיר יהיה עטוי q, לגורם המקדד גרגיר חשוף Q. לדעתם, הגורם q, שנמצא על כרומוזום מס' 5A, הועבר מחיסת הבר דרך כוסמת לחיסת ספלטה (Morris and Sears, 1967). הסינתזה המלאכותית של חיסת ספלטה כתוצאה מהכלאה של כוסמת עם בן-חיסה פרוע מהווה אבן דרך בחשיפת החידה של אבולוציית החיסה. אולם, קיימת היום עדות לכך, שהתהליך האבולוציוני היה למעשה מסובך יותר מאשר חשבו קודם לכן. חיסת ספלטה מורכבת משני טיפוסים שונים: האחד שכנראה היה אבי חיסה רכה והשני שנוצר ממנה. בכל טיפוס יש גורם אחר האחראי לגרגיר עטוי. יתר על כן, היום מכירים שלב ביניים נוסף בתהליך יצירת חיסה רכה. זהו רעיון שהציע Kerber ב-1964. הוא בחר זן מסוים של חיסה רכה שנקרא Canthatch, ובעזרת טכניקה של הכלאות חוזרות, הצליח לבודד את המרכיב הטראפלואידי שלו. הוא גידל את הצמח הטראפלואידי (ללא התרומה של בן-חיסה פרוע), ולכן הוא כינה אותו Tetra Canthatch, והתברר שהגרגיר חשוף ומכיל את הגנום AABB של החיסה הרכה המקורית (Kerber, 1964). מכאן, שהתכונה Q של גרגיר חשוף בחיסה רכה, מצויה גם ב-Tetra Canthatch. במידה שאפשר להשוות, זן זה דומה מאוד לחיסה קטנת-גרגיר. במחקרים נוספים הוא הכליא את התוצר הטראפלואידי הזה שהוא בעל גרגיר חשוף עם בן-חיסה פרוע, וקיבל להפתעתו צמח בעל גרגיר עטוי דומה לחיסת ספלטה. מניסויים אלה הוא הגיע למסקנה, שבן-חיסה פרוע מכיל גן אחר, דומיננטי, המקדד גרגיר עטוי שנקרא Tg ונמצא על כרומוזום מס' 2D והוא משנה את הביטוי של הגורם Q שהיה צריך לתת גרגיר חשוף. מכאן שחיסת ספלטה שהיתה הורתה של חיסה רכה, היה לה הגן Tg המקדד גרגיר עטוי ולא הגורם q בעל אותה השפעה (Kerber and Rowland, 1974). כלומר, הגורם האחראי לגרגיר עטוי בחיסת ספלטה יכול במקורו לבוא מגנום A, שמרכיב למשל את חיסת הבר או את הכוסמת, כפי שחשבו עד אז, או לבוא מגנום D, מבן-חיסה פרוע, לפי הצעתו של Kerber. להלן נראה שקל יותר להסביר את מוצאה של חיסה רכה מחיסת ספלטה לפי ההצעה החדשה. כדי להבדיל בין שני הטיפוסים של חיסת ספלטה, נקרא לטיפוס שהיה ההורה של חיסה רכה - Tg, ולחיסת ספלטה האירופית - q.

איננו יודעים עדיין איזה גן המקדד גרגיר עטוי קיים בחיסת ספלטה אירנית *T. spelta ssp. kuckuckianum*. אולם, על-פי המידע שקיים היום, אפשר להסביר מדוע קיבל החוקר טיפוסים דומים לחיסה רכה כאשר הכליא חיסת ספלטה אירנית עם זן אירופי שלה (Kuckuck, 1959). אם מכליאים חיסת ספלטה הטרוזיגוטית ל-Tg עם חיסת ספלטה הטרוזיגוטית ל-q מקבלים בוודאי, מלבד הטיפוסים של ההורים, גם טיפוס Q_{tg}, הדומה לחיסה רכה, וכן טיפוס qTg המכיל שני גורמים הגורמים לגרגיר להיות עטוי. כלומר, אפשר להניח שחיסת ספלטה האירנית היא עטויה בגלל הגן Tg, חיסת ספלטה האירופית

עטויה בגלל הגורם q, ואפשר לניצור עוד טיפוס שלישי של חיסת ספלטה, בן-כליאים של הטיפוסים הללו, שמכיל את שני הגורמים שמקדדים גרגיר עטוי. מכאן שחיסת ספלטה הסינתטית שקיבלו Mcfadden ו-Sears הכילה את שני הגורמים לגרגיר עטוי, מפני שהם הכליאו כוסמת, המכילה q, עם בן-חיסה פרוע שמכיל Tg. יש להניח, אם כן, שחיסת ספלטה Tg היא הורתה של חיסה רכה ולא חיסת ספלטה q האירופית. הספקות שהטלנו כעת באבהותה של חיסת ספלטה האירופית מעמידות בסימן שאלה גם את התיאוריות בדבר הנדידה שלה מאירן דרך דרום-מערב רוסיה למרכז אירופה, וזאת מפני ששני גורמים שונים גורמים אצלן לגרגיר עטוי, כלומר, הן אינן זהות.

האבולוציה של חיסת התרבות

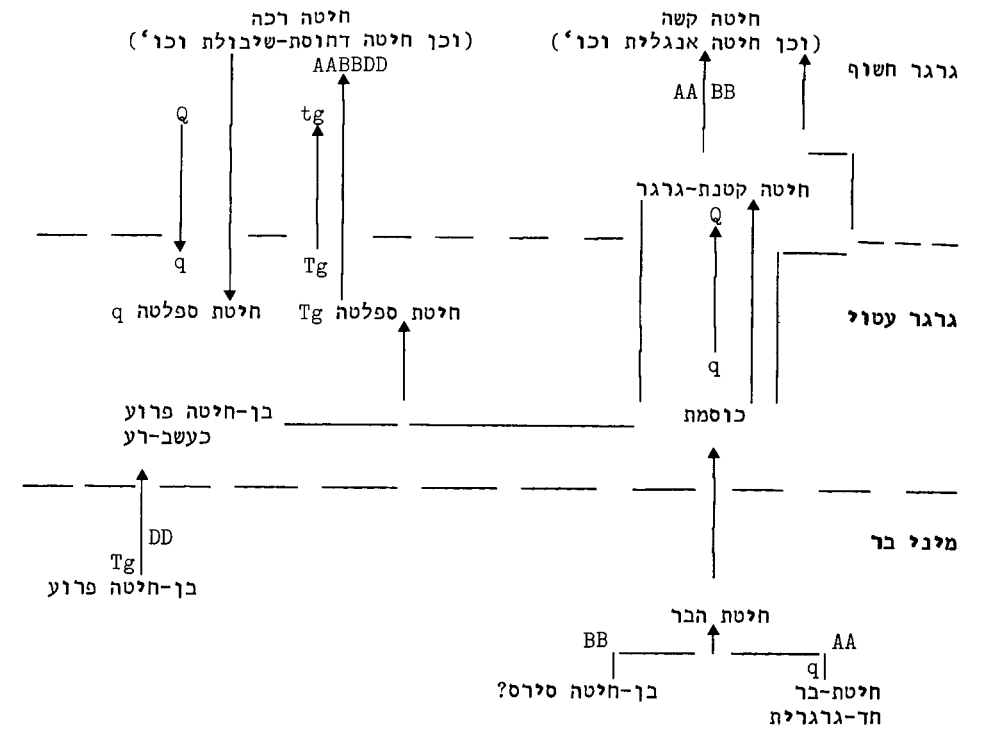
על-פי המידע שהצטבר אצלנו, ארך התהליך האבולוציוני של רוב חיסת התרבות פחות מ-1000 שנה במשך התקופה הניאוליתית הקדם-קראמית. יצירת מספר כזה של מינים במשך זמן כה קצר, היתה כרוכה בתהליכים אבולוציוניים מהירים ביותר. יתר על כן, מינים אלה אינם יכולים לחיות במשך דורות ללא עזרת האדם; השיבולת הבשלה אינה מתפרקת לשיבוליות בודדות, ולכן אין אצלה פיזור זרעים. מהלך האבולוציה כלל שבעה שלבים ברורים שאפשר לאתר אותם בדיוק רב למדי בזמן ובמקום (טבלה 2, איור 7):

א. העדויות הקדומות ביותר שאפשר להניח שהן של כוסמת. (ו/או של חיסת הבר) הן מתל אסואד ליד דמשק (Zeist and Bakker-Heeres, 1985), צ'ינו במזרח אנטוליה (Zeist, 1970) ומתברות בוס מורדה באלי קוש בדרום-מערב אירן (Helbaek, 1969), כולם מהאלף השמיני לפסה"נ. אתרים אלה קרובים לאזור התפוצה הטבעי של חיסת הבר ושל חיסה ארמנית שגם היא צמח בר הדומה ביותר לחיסת הבר שלנו (Zohary, 1969).

ב. בשכבה מאוחרת יותר בתל אסואד, המתוארכת לאחרי 7000 לפסה"נ, נמצאו גרגירים קטנים וקטעי ציר שיבולת בעלת פרקים קצרים (Zeist and Bakker-Heeres, 1985). כאמור, שרידים אלה שייכים, לדעתי, לחיסה קטנת-גרגיר, מין שנוצר מכוסמת (כנראה מצורה בעלת גרגירים יותר קטנים) באמצעות שורת מוטציות וביניהן המעבר מגרגיר עטוי לגרגיר חשוף. היות שכל המינים החשופים הידועים כיום מכילים כנראה את הגורם Q, האחראי לקבלת גרגירים חשופים בדיש ולציר שיבולת חזק (Muramatsu, אוניברסיטת Okayama, במכתב), יש להניח שגם חיסה קטנת-גרגיר מכילה גן זה. אם כך הוא הדבר, אזי המוטציה של הגן q – הנמצא על כרומוזום מס' 5A – ל-Q, גרמה לשינוי בתכונה המבדילה בין כוסמת לחיסה קטנת-גרגיר. השוואה בין תוצאות הניסויים הגנטיים לעדות הבוטנית-ארכיאולוגית, מראה דמיון רב בין חיסה קטנת-גרגיר לבין הזן הטראפלואידי Tetra Canthatch.

ג. יש להניח, שבסביבת מפגש הגבולות תורכיה, עיראק ואירן, באחד מהשדות שגידלו בו חיסה קטנת-גרגיר (טראפלואידי), ושהיה בו גם בן-חיסה פרוע (דיפלואידי) כעשב-רע, נוצרה חיסת ספלטה (הקספלואידי) מטיפוס Tg באמצעות הכלאה, יצירת טראפלואידי בלתי יציב, הכפלה של מספר הכרומוזומים ויצירת הקספלואידי. חיסת

איור 7
מהלך האבולוציה של מיני החיטה



ויצרה חיטה רכה עם גן tg , האחראי לגרגיר חשוף. הממצאים הקדומים ביותר של חיטה רכה הם מצ'אן האסאן III בדרום אנטוליה, בערך מאמצע האלף השביעי לפסה"נ (Hillman, 1978).

ה. כמה מינים סטרפלואידים בעלי גרגיר חשוף יכלו להיווצר מחיטה קטנת-גרגר, כגון חיטה קשה, חיטה אנגלית וכו'. חיטה קשה נמצאה בשכבות יותר מאוחרות בצ'אן האסאן III מהתקופה הניאוליתית הקראמית (Hillman, 1978).

ו. אחרי שחיטה רכה וכוסמת התבססו באירופה, הופיעה חיטת ספלטת שנייה, בעיקר מצפון להרי האלפים. לכן אפשר להניח, שחיטת ספלטת q נוצרה מחיטה רכה. המוטציה החוזרת של גורם Q החזירה את הגרגיר העטוי לחיטים ההקספלואידיות.

ז. חיטה חד-גרגרית נוצרה מחיטת-בר חד-גרגרית כענף אבולוציוני נפרד. בדומה למעבר מחיטת הבר לכוסמת, כך גם כאן דוכאה ההתפרקות העצמית של ציר השליבולת בזמן ההבשלה. הממצאים הקדומים ביותר של חיטה חד-גרגרית (חיטת-בר או חיטה תרבותית), הם מ-6500 עד 6000 לפסה"נ, מסוריה (Hillman, 1975).

ענף אבולוציוני צדדי אחר הוא ביות חיטה ארמנית לחיטת טימופילב כאגף המזרחי של הסהר הפורה. אמנם יצאו פרסומים אחדים על אודות ממצאים של שרידי החיטים הללו (Lisitsina, 1978), אבל לא ידוע לנו כיצד מבדילים בין גרגירים שלהם לבין גרגירים של חיטת הבר והכוסמת.

מהמידע שהצטבר כאן אפשר לומר, שבסוף הניאולית הקדם-קראמי במזרח הקרוב, בסביבות 6000 לפסה"נ נתקיימו כבר כל התהליכים החשובים וכל המינים החשובים (להוציא חיטת ספלטת האירופית). אם כן, בשלב מוקדם מאוד של ההיסטוריה האנושית, כ-3000 שנה בטרם ידע האדם קרוא וכתוב, כבר היתה בידו אחת ההמצאות החשובות ביותר שלו – חופן של גרגירי תבואה תרבותית.

הבעת תודה

תודתי נתונה לראשי משלחת חפירות תמנה פרופ' קלם מטכסס וד"ר מזר מירושלים, שהרשו לי לפרסם את החומר בדבר חלקי השיבולים מתקופת הברונזה המאוחרת; לשרה שלום על העזרה הטכנית, ליעקב לנגזם וליוסי מור על הצילומים הנאים.

רשימת ספרות

בר יוסף, ע., תשל"ד. התרבות הנאטופית בארץ ישראל. קדמוניות ז', עמ' 3-23.
 בר יוסף, ע., תשל"ז. התרבויות הניאוליתיות בארץ ישראל. קדמוניות י', עמ' 38-59.
 זהרי, ד., תשל"ל. מוצא החיטים התרבותיות. בתוך: ה' אופנהיימר, חיטי-בר וחיטים תרבותיות, מאגנס, ירושלים. עמ' 53-73.
 Bakhteyev F.KH. and Yanushevich Z.V. 1980. Discoveries of cultivated plants in the early farming settlements of Yarym-Tepe I and Yarym-Tepe II in northern Iraq. J. Archaeol. Sci. 7: 167-178.

ספלטת בתקופה הניאוליתית במזרח הקרוב היא נדירה מאוד, אבל פורסמו ממצאי גרגירים מהאתר יארים טפה II בצפון עיראק מהאלף החמישי לפסה"נ, וכנראה גם מהאתר הסמוך – יארים טפה I משכבה המתוארכת כ-1000 שנה קודם לכן. המין הוגדר על-פי תכונות הגרגיר, ובכללן עקבות של עירוק המוצים על פני הגרגיר (Merpert and Munchaev 1973; Bakhteyev and Yanushevich, 1980). עדיין אין בידינו נתונים בדבר מציאות חיטת ספלטת בתקופות יותר קדומות. כמו-כן, עדיף שהנתונים יתבססו גם על שרידי גלומות, כי כך הוודאות בזיהוי רבה יותר.

ד. השלב האבולוציוני הבא הוא יצירת חיטה רכה מחיטת ספלטת מטיפוס Tg באמצעות מוטציה של הגן Tg , האחראי לגרגיר עטוי, לאלל הרצסיבי שלו tg (Kerber and Rowland, 1974). יש אמנם אפשרות, שחיטה רכה נוצרה מחיטת ספלטת, שמקורה בהכלאה בין כוסמת לבן-חיטה פרוע. אבל לחיטת ספלטת כזאת יהיו שני גנים המקודדים לגרגיר עטוי Tg וכן q ; הסיכוי לקבל מוטציה של שני הגנים הללו הוא קטן, אפילו במשך כמה מאות שנים. סביר יותר להניח, שהמוטציה הראשונה מ- q ל- Q קרתה בשדות הכוסמת, והמוטציה השנייה קרתה בשדות חיטת הספלטת מטיפוס Tg

- Helbaek, H. 1952. Spelt (*Triticum spelta* L.) in Bronze Age Denmark. *Acta Archaeologica* 23: 97-107.
- Helbaek, H. 1953. Archaeology and agricultural botany. *Ann. Repts. Inst. Archaeol. Univ. London* 9: 44-59.
- Helbaek, H. 1961. Late Bronze Age and Byzantine crops at Beycesultan in Anatolia. *Anatol. Stud.* 11: 77-97.
- Helbaek, H. 1961. Report on carbonized grain from AF5 (GHD. phase). In Trump D.H. (ed.) *Skorba. The society of Antiquaries*, London, p. 53.
- Helbaek, H. 1969. Plant collecting, dry-farming and irrigation agriculture in prehistoric Deh Luran. In: F. Hole, K.V. Flannery and J.A. Neely, (eds.) *Prehistory and Human Ecology of the Deh Luran Plain*. University Press, Ann. Arbor, Michigan, pp. 383-426.
- Helbaek, H. pp. 1970. The plant husbandry of Hacilar. In: J. Mellaart (ed.) *Excavations at Hacilar, Vol. 1*. University Press, Edinburgh, 189-244.
- Hillman, G.C. 1972. Plant remains. In: E.S. Higgs (ed.) *Papers in Economic Prehistory*. University Press, Cambridge, p. 182.
- Hillman, G.C. 1975. The plant remains from Tell Abu Hureyra: a preliminary report. *Proc. Prehist. Soc.* 41: 70-73.
- Hillman, G.C. 1978. On the origin of domestic rye - *Secale cereale*: The finds from aceramic Can Hasan III in Turkey. *Anatol. Stud.* 28: 157-174.
- Hillman, G.C., Robins G.V., Oduwole D., Sales K.D., and McNeil D.A.C. 1983. Determination of thermal histories of archeological cereal grains with electron spin resonance spectroscopy. *Science* 222:1235-1236.
- Hopf, M. 1961. Untersuchungsbericht über Kornfunde aus Vrsnik. *Zbornik Stip.* 2:41-45.
- Hopf, M. 1966. *Triticum monococcum* L. Y *Triticum dicoccum* Schubl. en el neolitico antiguo espanol. *Archivo de prehistoria Levantina* 11: 53-73.
- Jessen, K. 1939. Trouvailles de ble. In: T. Mathiassen, *Bundso: une station de recent Age de la Pierre dans l'ile d'Asl, Aarborg. Nord. Oldk. Hist.* p. 68.
- Jorgensen, G. 1975. *Triticum aestivum* s.l. from the Neolithic site of Weier in Switzerland. *Folia Quaternaria* 46: 7-21.
- Kerber, E.R. 1964. Wheat: reconstitution of the tetraploid component (AABB) of hexaploids. *Science* 143: 253-255.
- Kerber, E.R. and Rowland, G.G. 1974. Origin of the free threshing character in hexaploid wheat. *Can. J. Genet. Cytol.* 16: 145-154.
- Kihara, M. 1944. Die Entdeckung der DD-Analysatoren beim Weizen. *Agr. Hort.* 19: 889-890.
- Bakels C. 1978 *Four Linearbandkeramik Settlements and their Environment*. University Press, Leiden, pp. 2-15.
- Bar-Yosef O. 1981. the Epi-Palaeolithic complexes in the southern Levant. in: J. Cauvin et P. Sanlaville (eds) *Colloques Internationaux du C.N.R.S., No. 598 - préhistoire du Levant, Paris*, pp. 389-408.
- Bor, N.L. 1968. *Flora of Iraq, Vol. 9*. Ministry of Agriculture, Baghdad. pp. 173-208.
- Bottema S., 1974. *Late Quaternary Vegetation History of Northwestern Greece*. V.R.B. Offsetdrukker, Groningen.
- Briggle L.W. 1980. Origin and botany of wheat. In: Hafliger, E. (ed.) *Wheat*, Basle pp.6-13.
- Briggle L.W., and Reitz L.P. 1963. Classification of *Triticum* species and of wheat varieties grown in the United States. *USDA. Bull.* 1278
- Cavalli-Sforza L.L. 1974. The genetics of human populations. *Sci. Amer.* 231(3): 81-89.
- Childe, V.G. 1936. *Man Makes Himself* (repr. 1965), Watts, London.
- Evans, J.D. 1964. Excavations in the Neolithic settlement of Knossos, 1957-1960, part I. *The Annual of the British School at Athens* 59, London. pp. 140.
- Follieri, M. 1973. Cereali del villaggio neolitico di Passo di corvo (Foggia). *Annali Bot.* 32: 49-61.
- Gandilian, P.A. 1980. Determiner to the Wheats, Aegilopses, Ryes and Barleys. *Yeravan (Russian with English summary)*.
- Garrod, D.A.E. 1957. The Natufian culture: Life and economy of a Mesolithic people in the Near East. *Proc. Brit. Acad.* 43: 211-227.
- Gowlett, J.A.J., Hedges, R.E.M., Law, I.A. and Perry, C. 1987. Radiocarbon dates from the Oxford AMS system: archaeometry datelist 5. *Archaeometry* 29:125-155.
- Hansen, J. and Renfrew, J.M. 1978. Palaeolithic-Neolithic seed remains at Franchthi cave, Greece. *Nature* 271: 349-352.
- Harlan, J.R. 1967. A wild wheat harvest in Turkey. *Archaeology* 20: 197-201.
- Harlan, J.R. 1975. *Crops and Man*. Madison, American Society for Agronomy, Wisconsin.
- Harlan, J.R., De Wet, J.M.J. and Price, E.G. 1973. Comparative evolution of cereals. *Evolution* 27: 311-325.
- Hartyányi, B.P. and Nováki, G. 1975. Samen- und Fruchtfunde in Ungaren von der Neusteinzeit bis zum 18. Jahrhundert. *Agrartort. Szemle* 17 (suppl.): 1-65.

- Perrot, J. 1981. Palestine-Syria-Cilicia. In: R.J. Braidwood and G.R. Willey, (eds) Courses towards Urban Life. Aldine, Chicago, pp. 148-164.
- Quitta, H. 1971. Der Balkan als Mittler zwischen Vorderem Orient und Europa. In: F. Schlette (ed.) Evolution und Revolution im Alten Orient und in Europa. Berlin, pp. 38-63.
- Renfrew, J.M. 1979. The first farmers in south east Europe. *Archaeo-Physika* 8: 243-265.
- Tindale, N.B. 1974. Aboriginal Tribes in Australia. University of California Press, Berkeley etc.
- Tutin, T.C. and Humphries, C.J. 1980. *Aegilops, Triticum*. In: T.G. Tutin et al. (eds) *Flora Europaea* vol. 5, Cambridge, pp. 200-203.
- Vavilov, N.I. 1940. The new systematics of cultivated plants. In: J. Huxley (ed.) *The New Systematics*. University Press Oxford, pp. 549-566.
- Waines, J.G. and Stanley Price, N.P. 1977. Plant remains from Khirokitia in Cyprus. *Pale'orient* 3: 281-284.
- Willerding, U. 1970. Vor- und frühgeschichtliche kulturpflanzenfunde in Mitteleuropa. *Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* 5: 287-375.
- Zeist, van W. 1970. Palaeobotanical results of the 1970 season at Cayonu, Turkey. *Helinium* 12: 3-19.
- Zeist, van W. 1976. On macroscopic traces of food plants in southwestern Asia (with some reference to pollen data). *Philos. Trans. B.* 275: 27-41.
- Zeist van W. and Bakker-Heeres, J.A.H. 1979. Some economic and ecological aspects of the plant husbandry of Tell Aswad. *Paleorient* 5: 161-169.
- Zeist, van W. and Bakker-Heeres, J.A.H. 1985. Archaeobotanical studies in the Levant: 1. Neolithic sites in the Damascus basin: Aswad, Ghoraife, Ramad. *Palaeohistoria* 24: 165-256.
- Zeist, van W. and Bakker-Heeres, J.A.H. 1986. Archaeobotanical studies in the Levant: 3. Late-Polaeolithic Mureybit. *Palaeohistoria* 26: 171-199.
- Zeist, van W. and Gasparie, W.A. 1968. Wild einkorn wheat and barley from Tell Mureybit in northern Syria. *Acta Bot. Neerl.* 17: 44-53.
- Zohary, D. 1969. The progenitors of wheat and barley in relation to domestication in: P.J. Ucko and G.W. Dimbleby (eds.) *The Domestication and Exploitation of Plants and Animals*. Duckworth, London, pp. 47-66.
- Kislev M.E. 1981 *Triticum parvicoccum* sp. nov., the oldest naked wheat. *Isr. J. Bot.* 28: 95-107.
- Kislev, M.E. 1981. The history of evolution of naked wheats. *Z. Archaol.* 15: 57-64.
- Kislev, M.E. 1984. Botanical evidence for ancient naked wheats in the Near East. In W. van Zeist (ed.) *Plants and Ancient Man*. Balkema, Rotterdam, pp. 141-152.
- Kislev, M.E. 1988. Predomesticated cereals in the pre-pottery Neolithic A period. In: I. Hershkovitz (ed) *Man and Culture in change*. British Archaeological Reports, International series, Oxford.
- Knörzer, K.H. 1979. Über den Wandel der angebauten körnerfrüchte und ihrer Unkrautvegetation auf einer niederrheinischen Lössfläche site dem Frühneolithikum. *Archaeo-Physika* 8: 147-163.
- Körper-Grohne, U. 1981. Pflanzliche Abdrücke in eisenzeitliche Keramik-Spiegelbild damaliger Nutzpflanzen? *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 6: 65-211.
- Kuckuck, H. 1959. On the findings of *Triticum spelta* L. in Iran and on the arising of *Triticum aestivum*-types through crossing of different *spelta*-types. *Wheat Inf. Serv.* 9-10: 1-2.
- Lee, R.B. 1968. What hunters do for a living, or, how to make out on scarce resources. in: R.B. Lee and I. DeVore (eds.) *Man the Hunter*. Aldine, Chicago.
- Lisitsina, G.N. 1978. Main types of ancient farming on the Caucasus - on the basis of palaeo-ethnobotanical research. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 91: 47-57.
- McFadden, E.S and Sears, E.R. 1944. The artificial synthesis of *Triticum spelta*. *Rec. Genet. Soc. Amer.* 13: 36-27.
- McFadden, E.S. and Sears, E.R. 1946. The origin of *Triticum spelta* and its free-threshing hexaploid relatives. *J. Hered.* 27: 81-89; 107-116.
- Mellaart, J. 1975. *The Neolithic of the Near East*. Thames and Hudson, London, p. 244.
- Merpert, N.Y. and Munchaev, R.M. 1973. Early agricultural settlements in the Sinjar plain, northern Iraq. *Iraq* 35: 93-113.
- Morris, R. and Sears, E.R. 1967. The cytogenetics of wheat and its relatives. In: K.S. Quisenberry (ed.) *Wheat and Wheat Improvement*. American society Agronomy, Madison, Wisc. pp. 19-87.
- Noy, T., Legge, A.J. and Higgs, E.S. 1973. Excavations at Nahal Oren, Israel. *Proc. Prehist. Soc.* 39: 75-99.

Summaries

Emergence of Wheat Agriculture

Mordechai E. Kislev

Accumulation of data from botany, archaeology and genetics yields an improved picture of the beginnings and early spread of wheat agriculture, as well as of the evolution of the species involved.

The "Agricultural Revolution" is subdivided into three stages: the Agrotechnical Revolution, the Domestication Revolution and the Expansion of Agriculture. Hulled wheats were the mainstay of plant husbandry in Neolithic Europe, a continent which was then somewhat warmer than it is today. The intensive spread of cereal agriculture was an important factor that changed the aboriginal woody landscape of Europe to today's summer-yellow fields. A new phylogenetic scheme traces the history of domesticated wheats, suggesting the time and locality of each evolutionary step and reveals that development of these domesticated plants was rapid.