

Penicillium italicum ו-Penicillium digitatum מחוללי רקבונות
העובש בפרי הדר — תקופת דגירתם וקצב התפתחות הרקבונות.

מ א ת

פ. ליטואר ומ. נדל-שיפמן

שני רקבונות העובש, הירוק, שמחוללו הפטריה *Penicillium digitatum* והכחול — הפטריה *Penicillium italicum*, פגעים קשים הם לפירות הדר באחסנותם.

שני הרקבונות האלה מתפשטים ע"י נבגי הפטריות, הנוצרים על פני הפרי הרקוב. ידיעה מפורטת של התנאים, המשפיעים על מהלך ההתפתחות של הרקבונות האלה ובעיקר על יצירת הנבגים של הפטריות, חשובה בקביעת השיטות למניעת הרקבונות והדברתם. בעבודה הזאת נבדקו אורכי תקופות הדגירה והתפתחות הרקבון גבי שתי הפטריות הנ"ל בטמפרטורות שונות.

השפעת הטמפרטורה על תקופת הדגירה של העובש הירוק והכחול נבדקה ע"י פוצט-ברגר⁽²⁾ על ת"ז ולנסיה, ע"י סאבסטנו-פוצט⁽⁴⁾ על ת"ז ולימון וע"י טומק, נס⁽⁵⁾ ביחס לעובש הירוק על ת"ז ולנסיה וכן על לימון ואשכולית במשך עונת קטיף הפרי. נוסף לזה בדקנו גם את דרגות התפתחות הרקבונות האלה על הפרי. בחקירות של פוצט-ברגר⁽²⁾ וסאבסטנו-פוצט⁽⁴⁾ על רקבונות העובש משמש קוטר הכתם הרך, הנוצר על הפרי, קנה מידה להערכה מספרית של התפתחות הריקבון. במחקרנו זה השתמשנו כקנה מידה במשכי-הזמן של התפתחות הרקבון בשלוש דרגותיה: 1. מן הדבקת הפטריה עד לבצבץ הרקבון בצורת כתם רך (תקופת הדגירה). 2. מכאן עד להופעת תפטיר הפטריה במקום הרקוב. 3. מכאן עד להופעת הנבגים.

המחקר הותרע על שלוש עונות. בשתי העונות הראשונות נבדק העובש הירוק על גבי תפוח זהב שמוטי בלבד. בעונה השלישית נבדקו שני מיני העובש הנ"ל על ת"ז שמוטי וולנסיה וכן על אשכולית ולימון. הנסיונות נערכו שלוש פעמים בכל עונה, — בסוף דצמבר, תחילת מרס ובמחצית הראשונה של אפריל, — בטמפרטורות של 5, 8, 12, 16, 18, 23, 25, 27, 30, 33, 35, מעלות צלסיוס.

תוצאות השנה הראשונה והשניה מזדהות עם אותן של השלישית, ולכן ניתנות להלן התוצאות של השנה האחרונה בלבד.

השתמשנו בשיטת הדבקה, המבטיחה את הניגוע הבטחה מכסימלית. ידוע ממחקרים שונים, שהצלחת ההדבקה של פניציליום בקליפה תלויה בעומק ההדבקה ובסוג הרקמה שדרכה נעשית ההדבקה. גריין⁽³⁾ הראתה, שהצלחת ההדבקה גדולה יותר ככל שפציעת הקליפה עמוקה יותר. בטס⁽¹⁾ הוכיח, שההדבקה מצליחה יותר כשהיא נעשית דרך בלוטי השמן של הקליפה משהיא נעשית דרך הרקמה שבין בלוטי השמן. לרגל כל האמור בחרנו בשיטת ההדבקה הבאה:

לתוך קליפת הפרי בצדו, בעומק של 3 מ"מ בערך (אלבידו), הוחדרה, ע"י 6 דקירות מחט דרך בלוטות השמן (כולן בשטח של חצי ס"מ²), אבקה של נבגי הפטריות. המקום נוקה בכוהל קודם ההדבקה ונסגר בפרפין אחריה. מספר הפירות בכל קבוצה היה עשרה.

טבלה 1 Table 1

הקופת הדגירה של הפטריות פניציליום דיגיאטאטום ופניציליום איטאליקום והתפתחות רקבון בפירות הדר
בטמפרטורות שונות (מוצג עונתי, הזמן בימים)
Incubation period of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* and their further development
in citrus fruits at different temperatures (Seasonal average, in days)

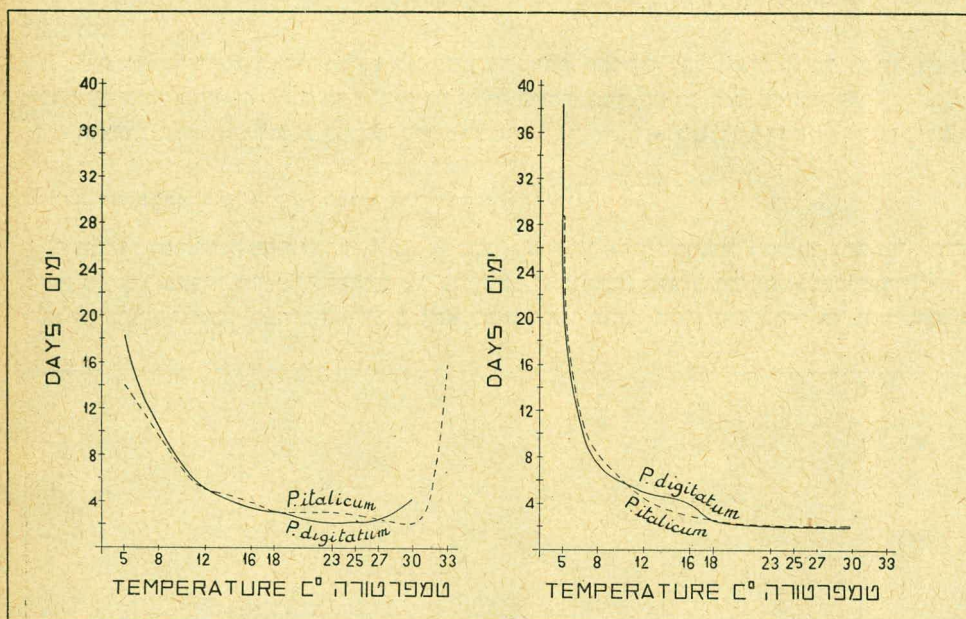
הטמפרטורה ב- $^{\circ}\text{C}$ Temperature																												הפרי Fruit	הפטריות Fungus								
30			27			25			23			18			16			12			8			5			שמונטי ולנסיה אשכלית לימון	Penicillium digitatum	שמונטי ולנסיה אשכלית לימון	Shamouti Valencia Grapefruit Lemon	שמונטי ולנסיה אשכלית לימון	Shamouti Valencia Grapefruit Lemon	Penicillium italicum				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3											
4	5	7	2	4	5	2	3	4	3	5	6	3	5	7	5	8	10	17	21	18	34	41															
2	4	7	2	3	4	2	3	4	—	2	4	5	4	6	10	5	9	12	7	13	16	38	45	63													
3	4	5	2	3	4	2	3	4	3	4	5	4	5	4	6	8	6	9	11	9	14	18	22	39	42												
2	4	5	2	3	4	2	3	4	2	3	4	3	4	5	3	5	7	4	7	9	15	19	18	34	43												
2	6	6	2	4	4	3	5	5	3	5	5	3	5	6	4	6	6	5	8	10	16	19	14	29	33												
2	4	4	2	4	4	2	5	5	—	2	4	4	3	6	6	4	8	9	8	15	16	29	39	45													
3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	6	6	3	6	6	4	7	7	5	9	9	8	17	18	33	36												
2	5	5	2	3	3	3	4	4	2	5	5	2	5	5	3	6	6	4	8	9	8	16	18	15	26	30											

Legend:

1. תקופת הדגירה
2. הופעת הפטרייה
3. " נבגים

התוצאות מסוכמות בטבלה 1 ותמונות 1-2. התמונות מציגות להשוואה את תקופות הדגירה של העובש הירוק והכחול בשמוטי וולנסיה. בענין הדגירה לימון ואשכולית דומים לת"ז שמוטי.

תקופת הדגירה הקצרה ביותר של שני מיני העובש הנ"ל בתפוז שמוטי וולנסיה וכן באשכולית ולימון נצפתה בטמפרטורות 18-27 מ.צ. היא נמשכה בהן 2-3 ימים. בטמפרטורות אלה אין הבדלים ניכרים לגבי אורך תקופת הדגירה בין הפונדקים השונים וגם לא בין שתי הפטריות; ההדבקה הצליחה בלי יוצא מן הכלל כמעט.



תמונה 1 Figure 1

תמונה 2 Figure 2

תקופת הדגירה של פניציליום דיגיטאטום ופניציליום איטאליקום בתפוחי זהב בטמפרטורות שונות (מוצג עונתי, בימים): תמונה 1 — שמוטי, תמונה 2 — ולנסיה.

Incubation period of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* in Oranges at different temperatures (seasonal average, in days): Figure 1 — Shamouti, Figure 2 — Valencia.

בטמפרטורה של 35 מ.צ. לא התפתח הרקבון.

טמפרטורה של 32-33 מ.צ. היא, כנראה, טמפרטורה גבולית להתפתחות רקבונות העובש. פניציליום איטאליקום בטמפרטורה זו ניגע כ-30 אחוז מן הפירות המודבקים אצל כל הפונדקים. לאחר 2-3 שבועות הופיע הרקבון לא בצורה האופיינית, אלא כנגע חום גמיש מסביב למרכז ההדבקה; יש והנגע חדר וירד עד לאמצע הפרי. 3-4 שבועות אחרי ההדבקה הופיעו נבגי הפטריה בכמות קטנה מפוזרים על פני שטח הפרי. לעומת כן פניציליום דיגיטאטום כ-32-33 מ.צ. לא הרקיב את השמוטי, ולנסיה ולימון, אלא רק את האשכולית. בה הופיע פגם שחור מסביב למקום ההדבקה כעבור 4 שבועות.

כ-30 מ.צ. תקופת הדגירה של 2 הפטריות מתקרבת לזו שבטמפרטורות האופטימליות (18-27 מ.צ.) ונמשכת 2-3 ימים בלימון, אשכולית וולנסיה. בשמוטי היא מתארכת עד 5 ימים גבי פניציליום דיגיטאטום ועד כ-10 ימים גבי פניציליום איטאליקום. בטמפרטורה זו תפסה ההדבקה בתחילת העונה רק כ-60 אחוז ובסופה 100 אחוז.

מתחת ל-18 מ.צ. תקופת הדגירה מוסיפה והולכת עם ירידת הטמפרטורה. ב-12 מ.צ. אורכה 4-6 ימים אצל שתי הפטריות ובכל הפונדקים, ב-8 מ.צ. נמשכת הדגירה לרוב 8-10 ימים. ב-5 מ.צ. הנמוכה בטמפרטורות שנבחנו, תקופת הדגירה נעה בין 14 ל-38 יום. בטמפרטורות הנמוכות 5 ו-8 מ.צ. אין קבע באורך הדגירה, — יש אז תנודות גדולות בו גם תוך קבוצת נסיון אחת, בין פרי לפרי. ב-5 מ.צ. מסתמנים אף הבדלי אורך דגירה בין שתי הפטריות; כאן הדגירה של העובש הירוק תמיד, בכל הפונדקים, ארוכה משל העובש הכחול. הדבר בולט במיוחד בולנסיה, שבה לפניציליום דיגיטאטום 38 ימי דגירה כנגד 29 ימים של פניציליום איטאליקום. בטמפרטורה של 5 מ.צ. יש הבדלי אורך דגירה גם בין הפונדקים השונים: גבי פניציליום דיגיטאטום עומדים לעומת 38 ימים בולנסיה 22 ימים באשכולית, 18 ימים בשמוטי ובליון; המספרים המקבילים בשביל פניציליום איטאליקום הם 29, 18 ו-15 יום.

גבי הטמפרטורות האופטימליות לא השפיעה מידת ההבשלה של הפרי במשך העונה השפעה ניכרת על אורך הדגירה. אמנם הדגירה היתה קצרה ביותר בסוף העונה, כשהפרי סטיף. תוצאות נסיונותינו דומות למה שקבלו פוצט-ברגר (5), סאבסנו-פוצט (4) וטומקינס (2).

השפעת הטמפרטורה על צורת הרקבון ומהירות התפתחותו

בכל הטמפרטורות מחוץ לגבולות (30, 33 מ.צ.), הרקבון אחיד במראהו. תחילתו כתם רך, כשהוא פושה והולך, וכעבור זמן מה מופיעים על פני שטח ההתרככות תפטיר ונבגים. בטמפרטורות 30, 33 מ.צ. לא הופיע הרקבון בצורה האופינית אלא כפגם יבש, גמיש, צבוע חום-בהיר עד חום-כהה. לא

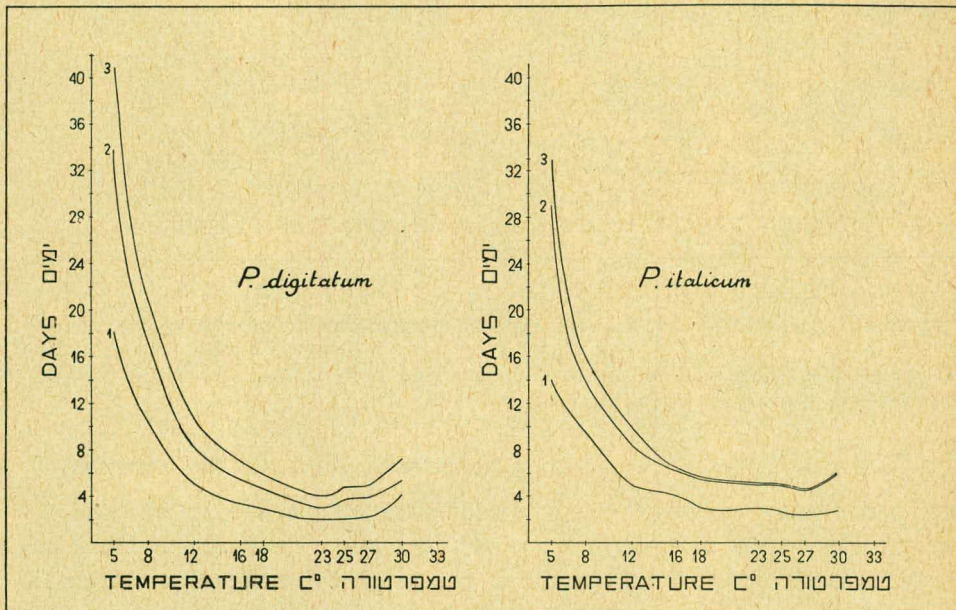


Figure 3 תמונה 3

Figure 4 תמונה 4

תקופת הדגירה, הופעה של התפטיר והנבגים בהפוחי זהב שמוטי בטמפרטורות שונות (ממוצע עונתי, בימים). Incubation period, appearance of mycelium and spores in Shamouti Oranges at different temperatures (seasonal average, in days).

- 1 — Incubation period
- 2 — Appearance of mycelium
- 3 — Appearance of spores

- 1 — תקופת הדגירה
- 2 — הופעת תפטיר
- 3 — הופעת נבגים

תמונה 3 — פניציליום דיגיטאטום, תמונה 4 — פניציליום איטאליקום.
Figure 3 — *Penicillium digitatum*, Figure 4 — *Penicillium italicum*.

תמיד נצפים תפטיר ונבגים בטמפרטורות אלו. בהדבקות של סוף העונה מתפשט הפגם החום על פני כל הפרי כמעט ועושה אותו כולו חום ויבש.

גבי שתי הפטריות, בכל הטמפרטורות ועל גבי כל הפונדקים, מתגלה הקבל מסויים בין אורך הדגירה וזמן הופעת התפטיר והנבגים: במקום שתקופת הדגירה ממושכת עובר זמן רב עד להופעת התפטיר והנבגים, ולהפך, תקופת דגירה קצרה ממזירה את הופעת התפטיר והנבגים (תמונות 3.4). לדוגמה: לפניציליום דיגיטאטום על גבי שמוטי ב-5 מ.צ. הזמן מן ההדבקה עד להסתמנות הראשונה של הרקבון הוא 18 יום, עד להופעתם של התפטיר 34 ימים ושל הנבגים 41 יום. ואילו על גבי שמוטי ב-23 מ.צ. מן ההדבקה עד לסימנים הראשונים של רקבון 2 ימים, עד להופעת התפטיר 3 ימים ושל הנבגים 4 ימים.

בנוגע לסדר ההופעה של התפטיר והנבגים יש הבדל בין שני מיני הפניציליום. בפניציליום דיגיטאטום תמיד קודם התפטיר זמן מה לנבגים, בעוד שבפניציליום איטאליקום לרוב התפטיר והנבגים באים כאחד (תמונות 4.3) או שהופעת הנבגים על פני הקליפה אפילו קודמת לשל התפטיר.

סיכום

נבדקה השפעת הטמפרטורה, מ-5 עד 35 מ.צ., על אורך הדגירה ומהירות ההתפתחות של רקבונות הפרי, שמחולליהם פניציליום דיגיטאטום ואיטאליקום. כפונדקים לניסויים נלקחו: ת"ז שמוטי וולנסיה וכן אשכולית ולימון, 3 פעמים במשך עונת הקטיפה של פרי ההדר.

תחום הטמפרטורות האופטימלי להתפתחות הרקבון מחמת שתי הפטריות נמצא ב-18-27 מ.צ. הטמפרטורה הגבולית לרקבונות העובש נתונה בקרבת 33 מ.צ. בטמפרטורה הנמוכה בין אותן שנבדקו על ידינו, היינו 5 מ.צ. הרקבון מתפתח עוד, אבל דגירתו ארוכה עד 14-38 יום. בטמפרטורה זו הדגירה של פניציליום דיגיטאטום בכל הפונדקים ארוכה משל פניציליום איטאליקום. כאן יותר מבטמפרטורות אחרות מתבלטים ההבדלים באורך הדגירה בין הפונדקים השונים: הדגירה על גבי ולנסיה ארוכה מבשאר הפונדקים, בשמוטי ולימון היא קצרה ביותר.

בתנאי הטמפרטורה המאריכים את הדגירה גם התפתחות הרקבון (הופעת התפטיר והנבגים) אטית היא, ולהפך, בצד תקופת הדגירה קצרה מצויה תמיד התפתחות רקבון מהירה.

המחברים מביעים את תודתם לחבר ג. מינץ, שעבר על כתב היד.

REFERENCES

1. BATES G.R. 1936. Studies on the infection of Citrus fruit.
1. Some methods of infection by the green mould *Penicillium digitatum*.
Mazoe Citrus Exp. Sta. Publ. No. 4b, 1936.
2. FAWCETT, H.S. and BARGER, W.R. 1927. Relation of temperature to growth of *Penicillium italicum* and *P. digitatum* and to fruit decay produced by these fungi. *Journal Agr. Research* 35: 925-931.
3. GREEN, MARY F. 1932. The infection of oranges by *Penicillium*. *Journal of Pomology and Horticultural Science*, 10, No. 3, p. 184-215.
4. SAVASTANO, G. and FAWCETT, H.S. 1929. A study of decay in Citrus fruits produced by inoculations with known mixtures of fungi at different constant temperatures. *Journ. Agric. Research* 39: 163-198.
5. TOMKINS R.G., 1936. The microbiology of fruit. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 55 No. 11.