

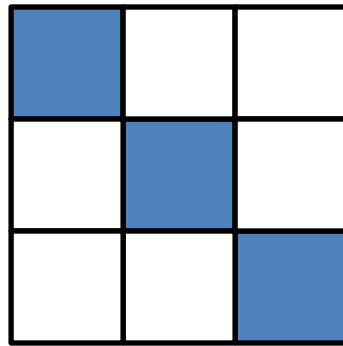
אבולוציה ומוטציה

בעתות עקה

יואב רם

כנס מחזורים

7 יולי 2016



מי אני?

- יואב רם, אוגוסט 2002
- הייתי כמעט בכל הצוותים...
- מפקד קורס מאי 2005
- אבא לשלושה, גר בפרדס חנה
- תואר ראשון ביולוגיה ומתמטיקה אונ' ת"א 2010
- דוקטורט ישיר בביולוגיה תיאורטית וחשובית 2016
- בקרוב: פוסטדוק בסטנפורד
- הדרכות פייטון מדעי למהנדסים, אלגוריתמאים וכולם

אבולוציה

ע"פ גנטיקה של אוכלוסיות

- שינוי בשכיחות תכונות שעוברות בהורשה בתהליך רב-דורי
- הכוחות המרכזיים:

– ברירה selection

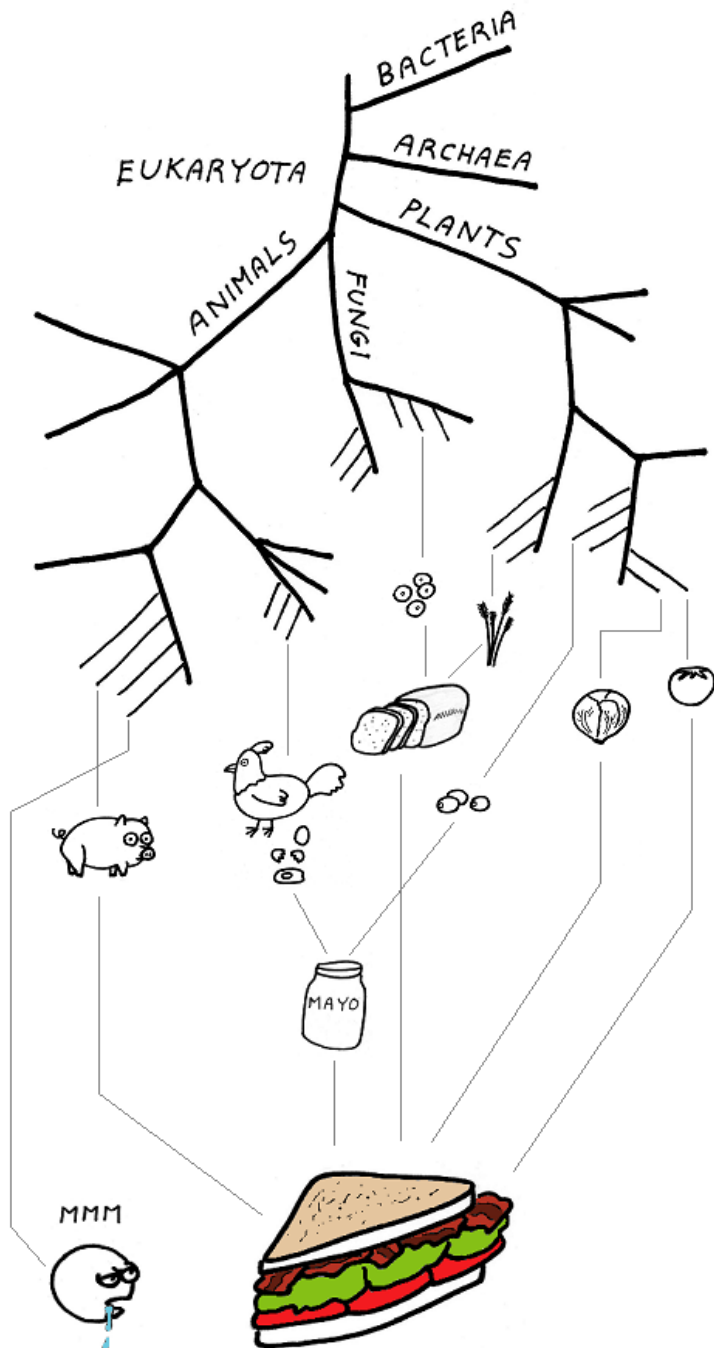
– מוטציה mutation

– רבייה מינית

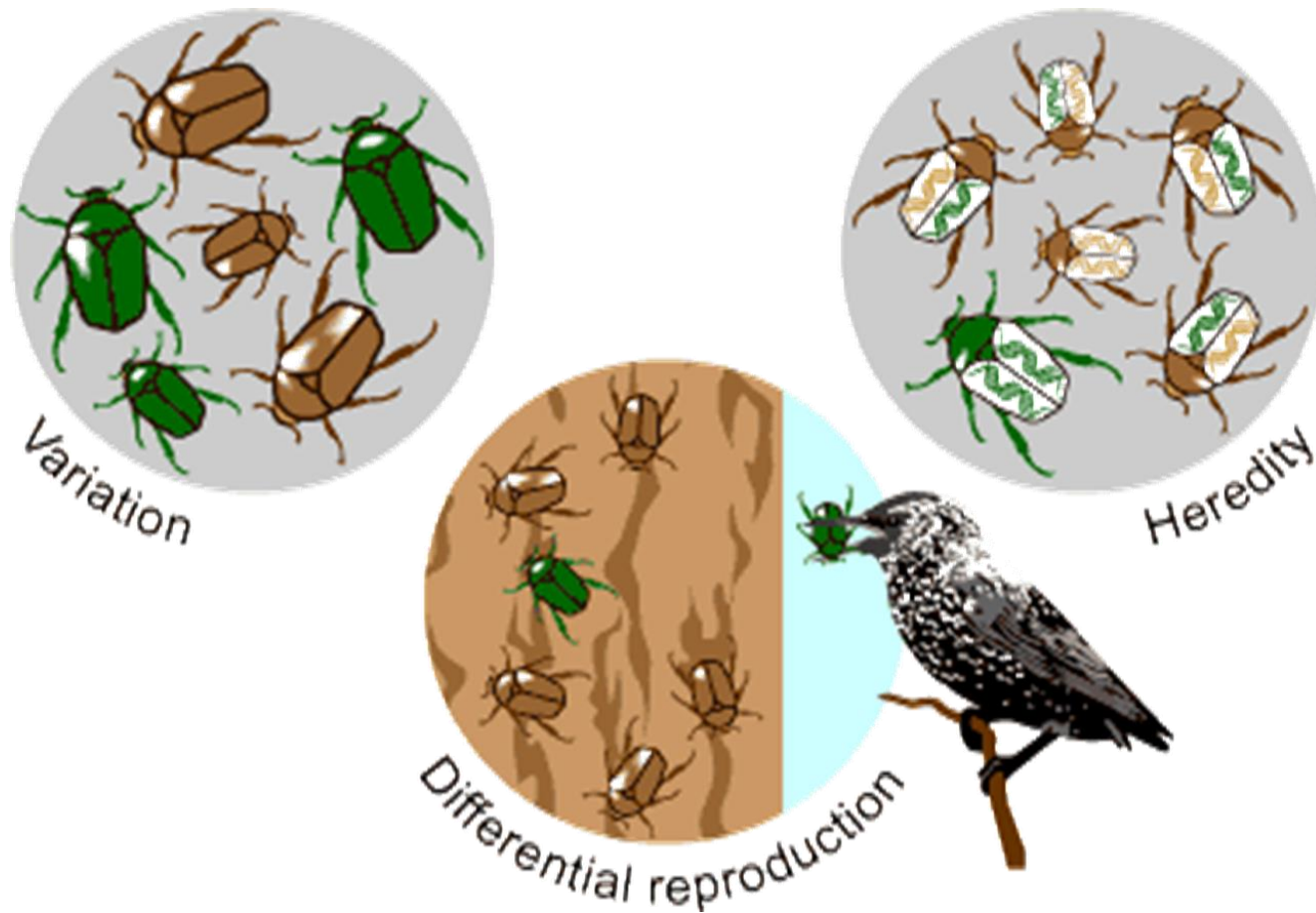
sexual reproduction

– סחיפה אקראית

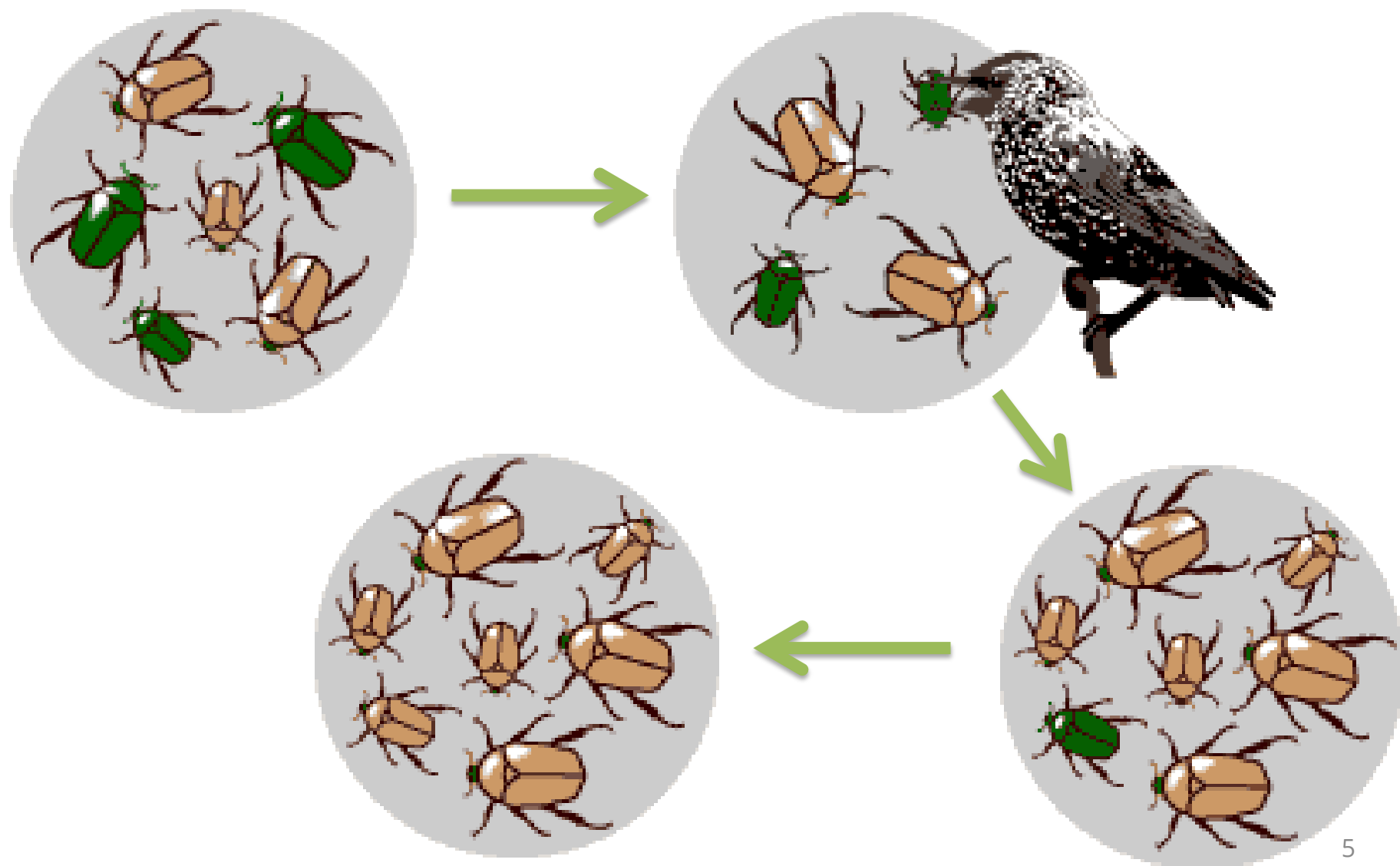
random drift



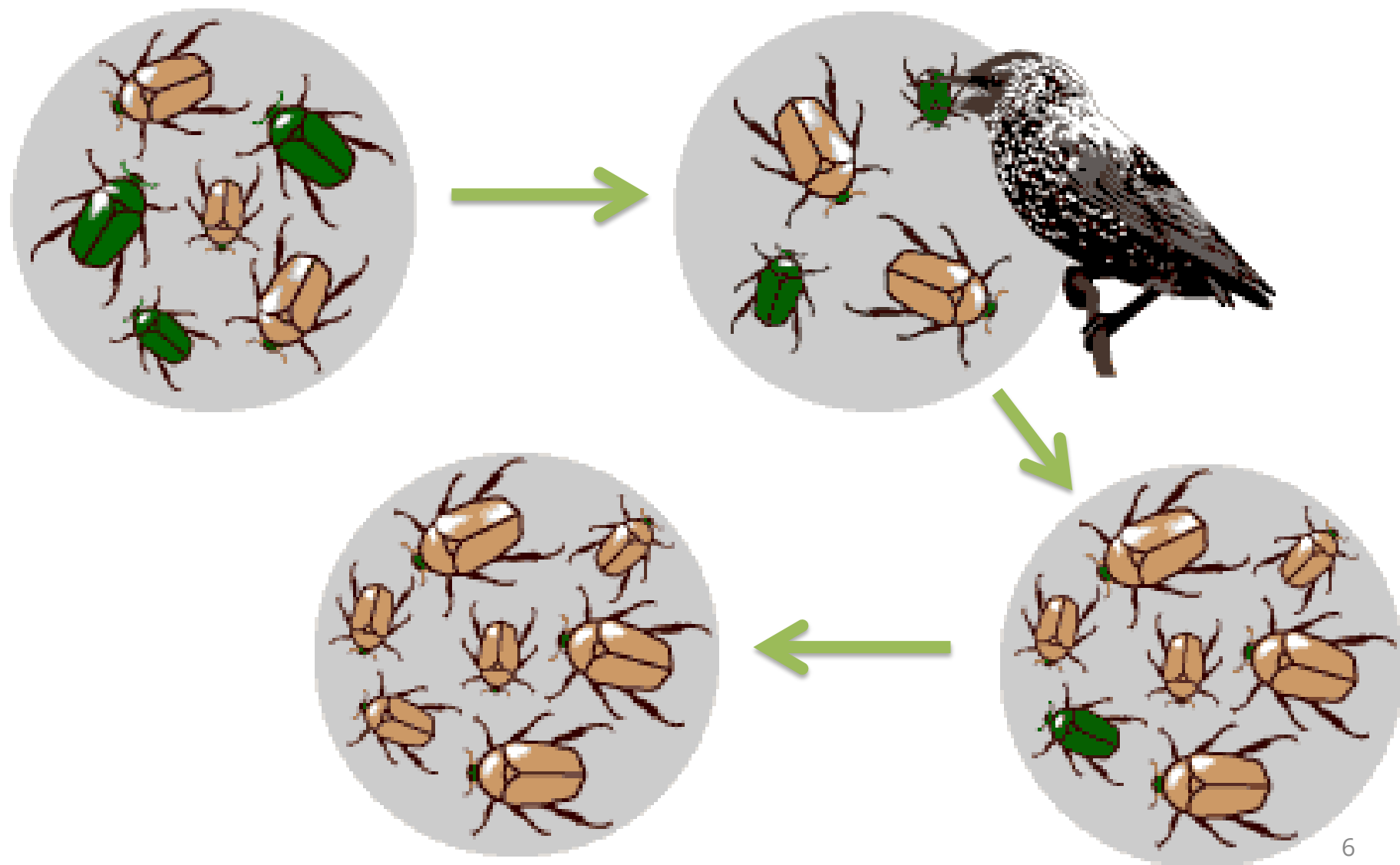
אבולוציה



אבולוציה ע"י ברירה טבעית



כיצד נוצרת השונות הגנטית?



מוטציה

- "מוטציות...מספקות את חומר הגלם לאבולוציה"
– דובז'נסקי, 1937
- "מוטציות הן המקור הבסיסי לשונות שעליה
פועלת הברירה הטבעית"
– לינץ', 2007
- בעברית – תשנית



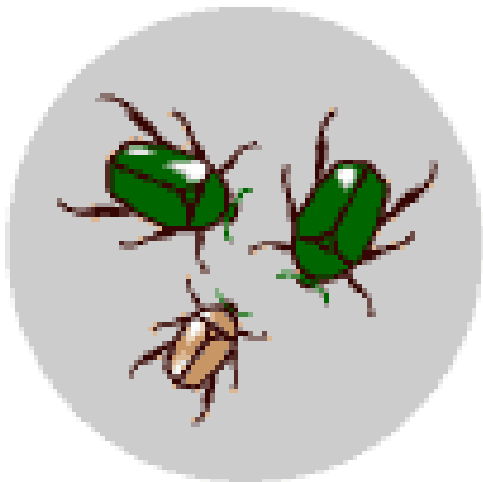
מוטציה: חיפושיות

הורים ירוקים -

CGTCGACGTGCA**A**ATTTGGGGCTGGCA

צאצא חום -

CGTCGACGTGCA**T**ATTTGGGGCTGGCA

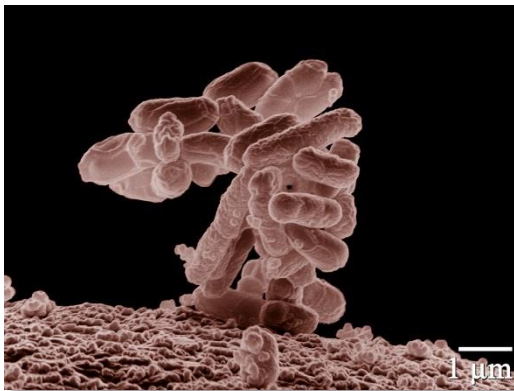


שונות בקצב המוטציה

בין מינים

הקצבים מתוארים במספר המוטציות הממוצע לדור שניתן למדוד

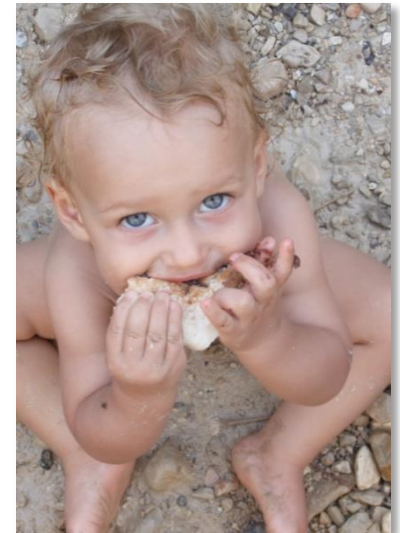
חיידקים: 0.0004
Wielgoss 2011



זבובים: 0.455
Keightley et al. 2009



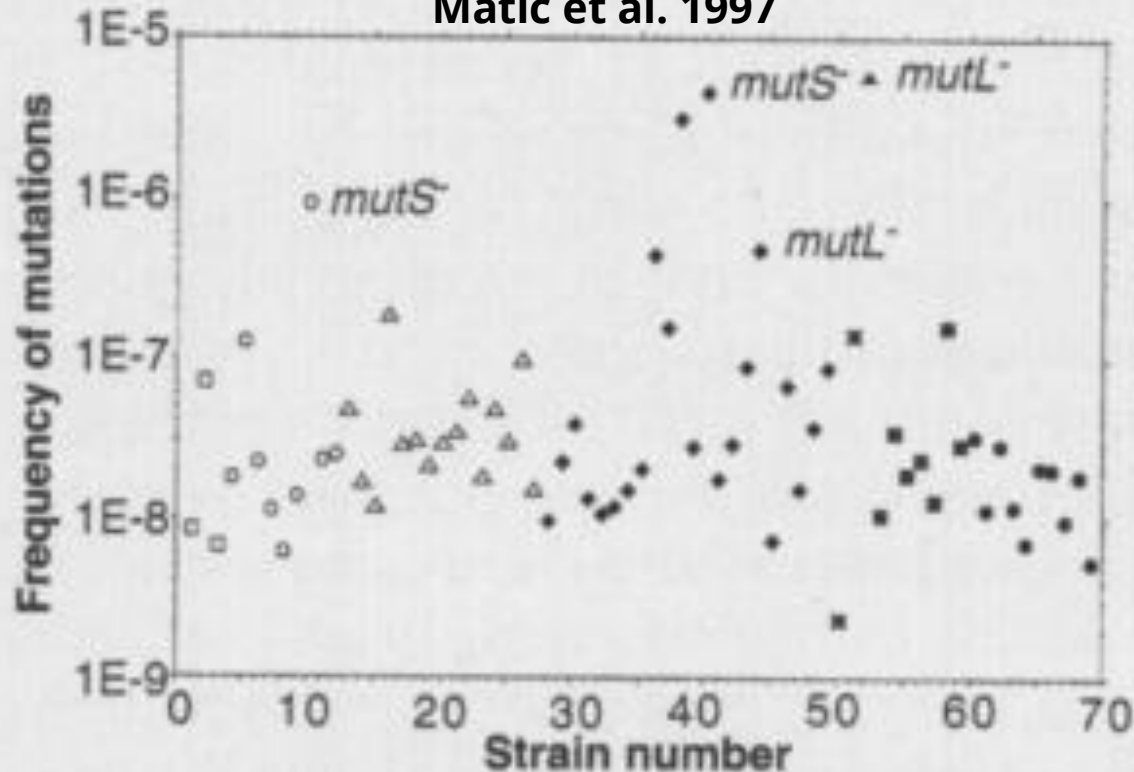
בני אדם: 41
Lynch PNAS 2010



שונות בקצב המוטציה

בין אוכלוסיות

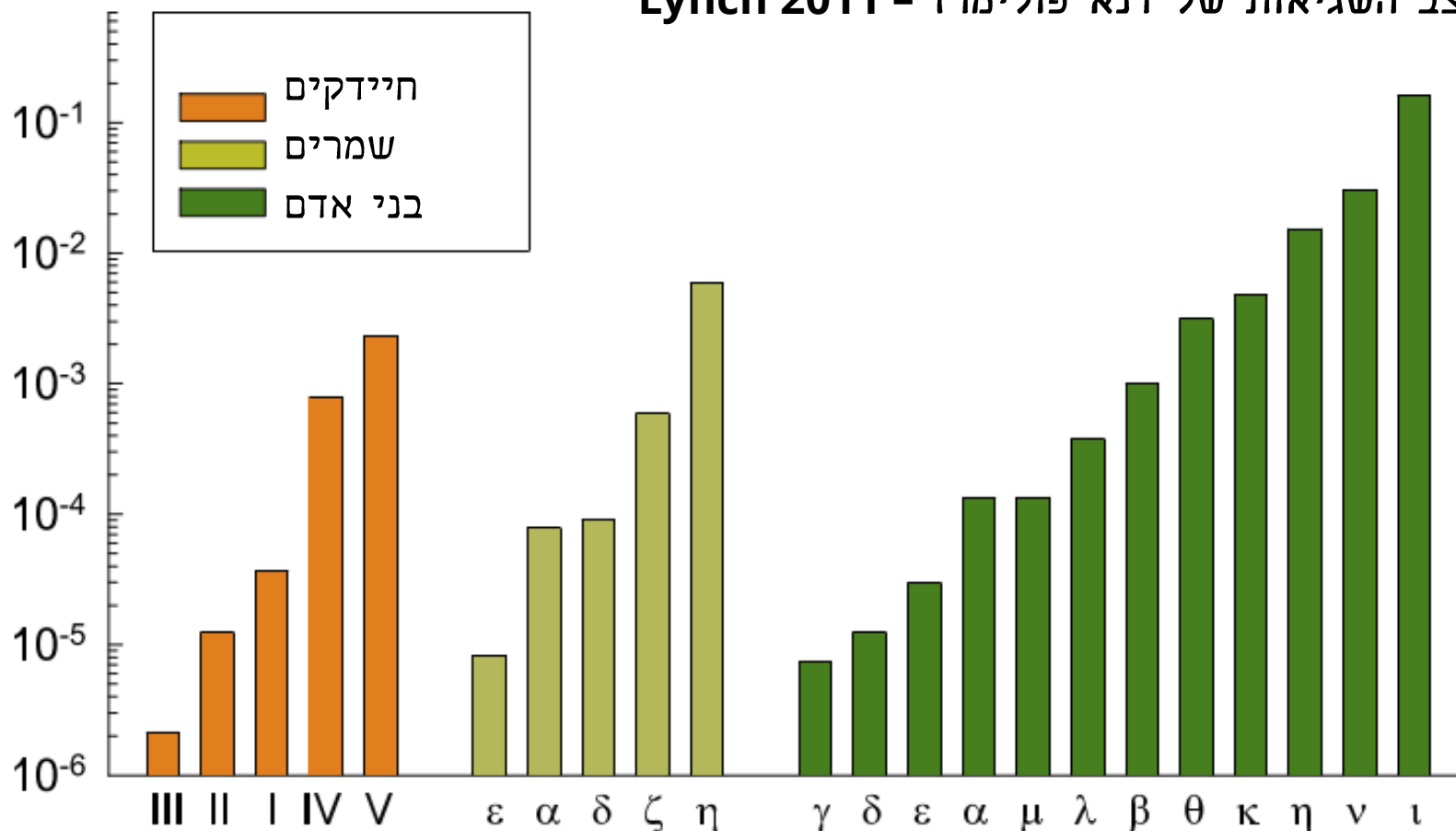
קצב המוטציה ב-69 אוכלוסיות טבעיות של חיידקי אי קולי
Matic et al. 1997



שונות בקצב המוטציה

בתוך הפרט

קצב השגיאות של דנא פולימراز – Lynch 2011



מוטציה מושרית עקה

באי קולי:

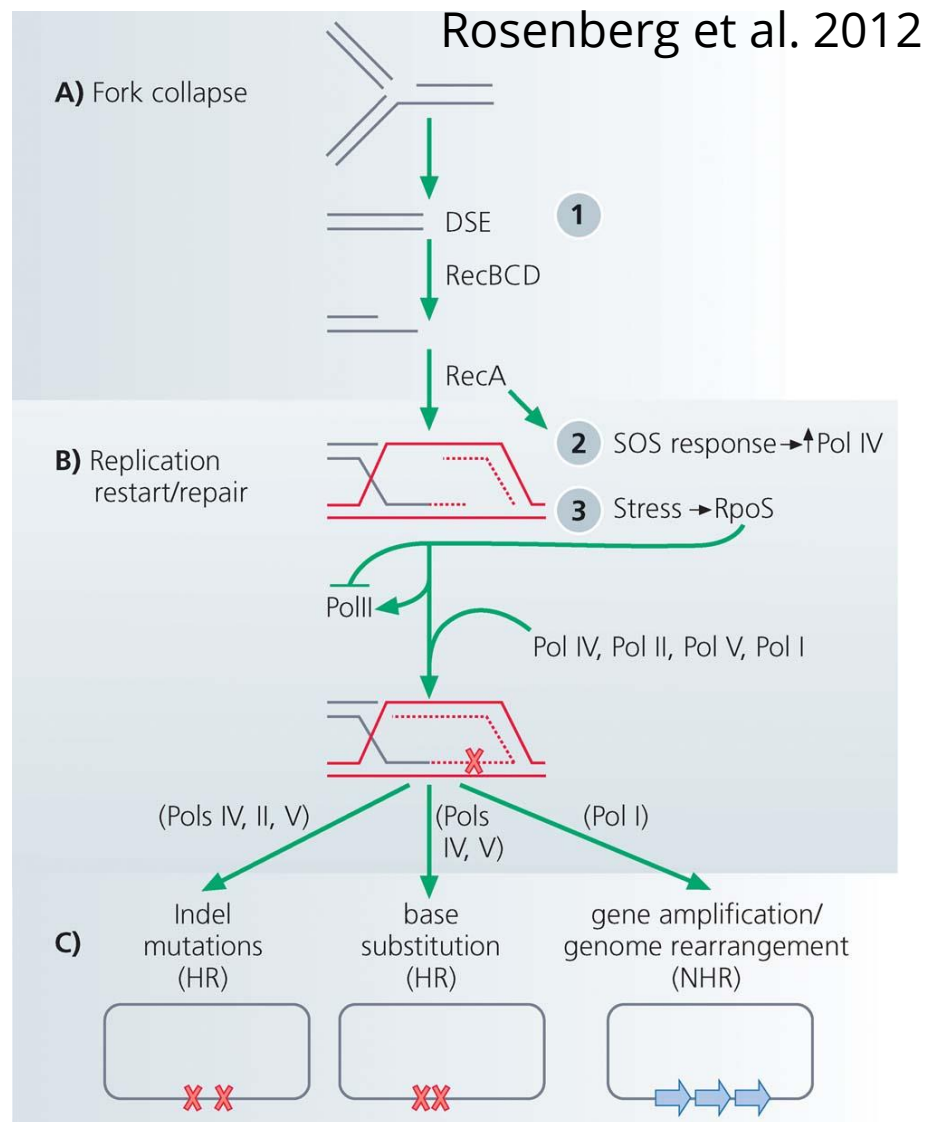
דנא פולימרז שנוטה
לשגיאות מופעל ע"י

תגובות עקה:

– תגובת SOS

– רעב

– נזק ל-DNA





אצה ירוקה

עדויות



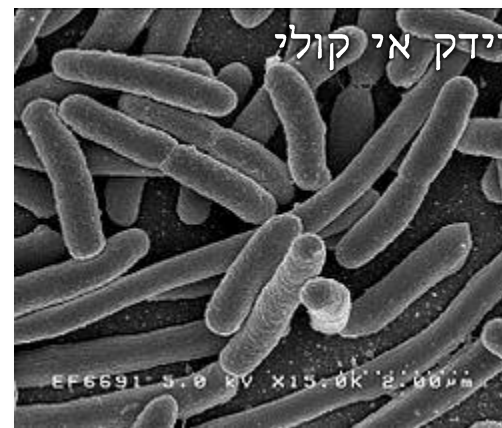
נמטודה



חיידק בצילוס



תא סרטן השד



חיידק אי קולי



תסיסנית המחקר



חיידק השחפת



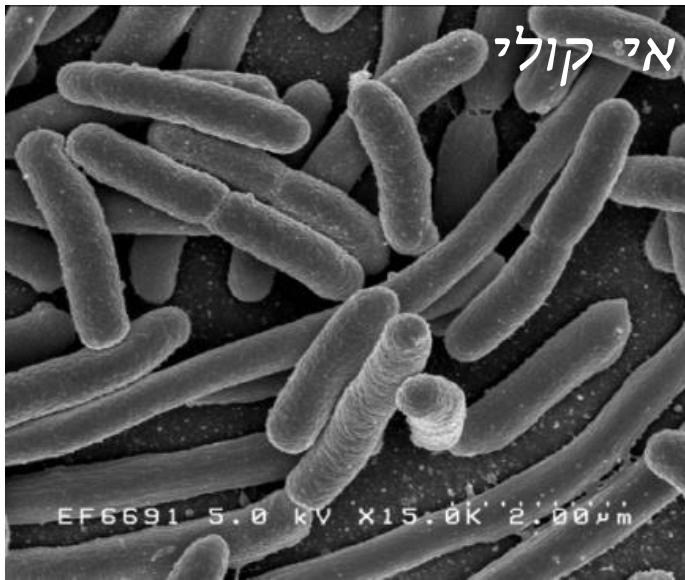
חיידק הליסטריה

האבולוציה של מוטציה מושרית עקה

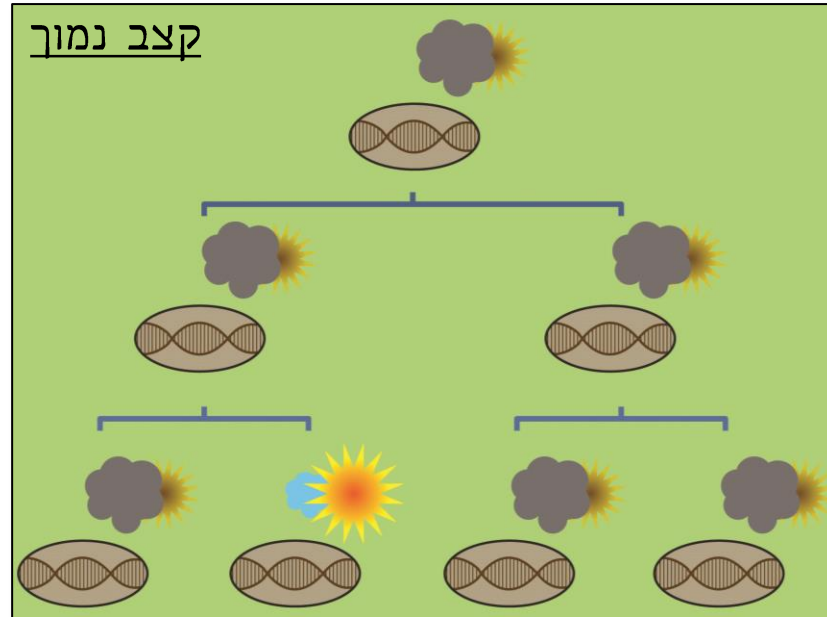
- השערת האפס: מוטציה היא תוצר לוואי של עקה
- השערה אלטרנטיבית לא-אדפטיבית:
מחיר שכפול דנא בנאמנות גבוהה

- ההשערה האדפטיבית:

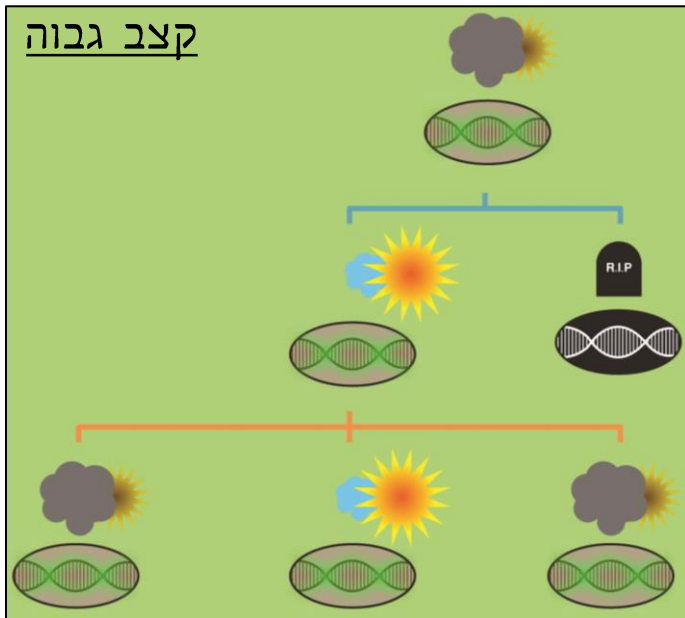
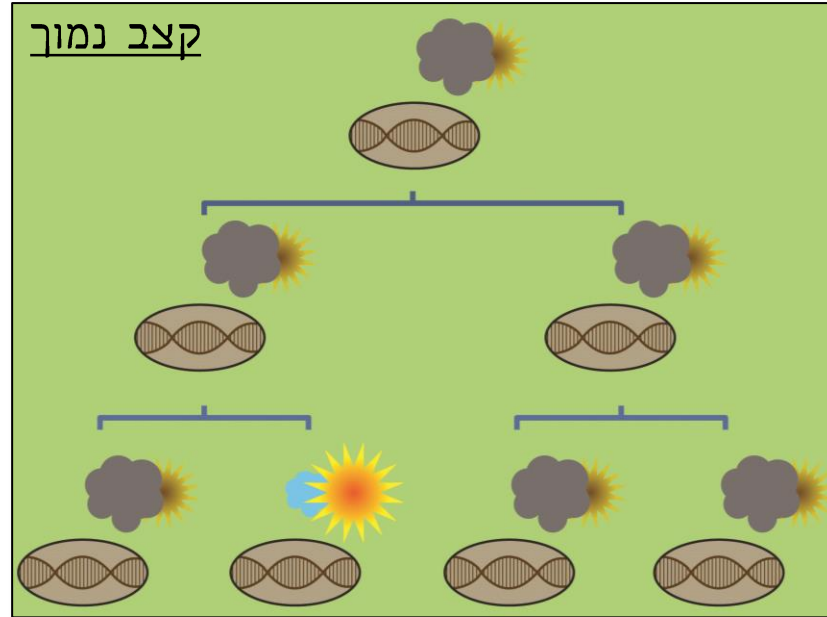
מוטציה מושרית עקה מתפתחת כי היא מאפשר לפרטים ואוכלוסיות להתאים במהירות לסביבות חדשות



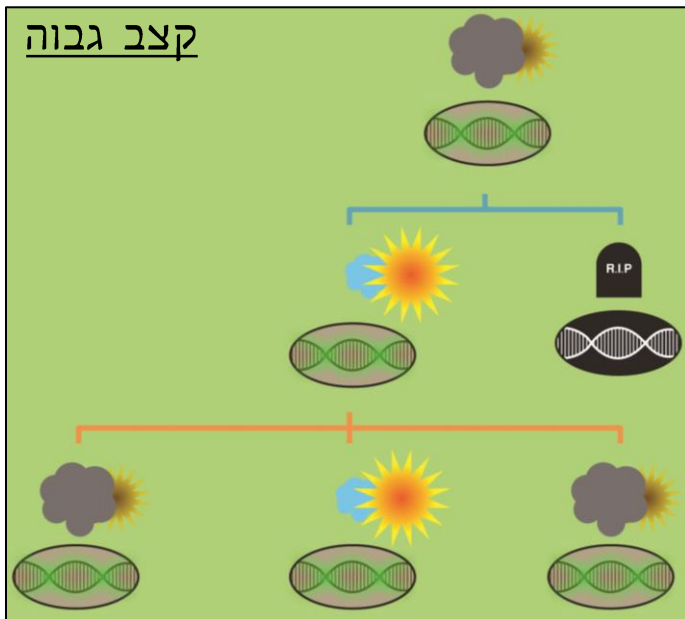
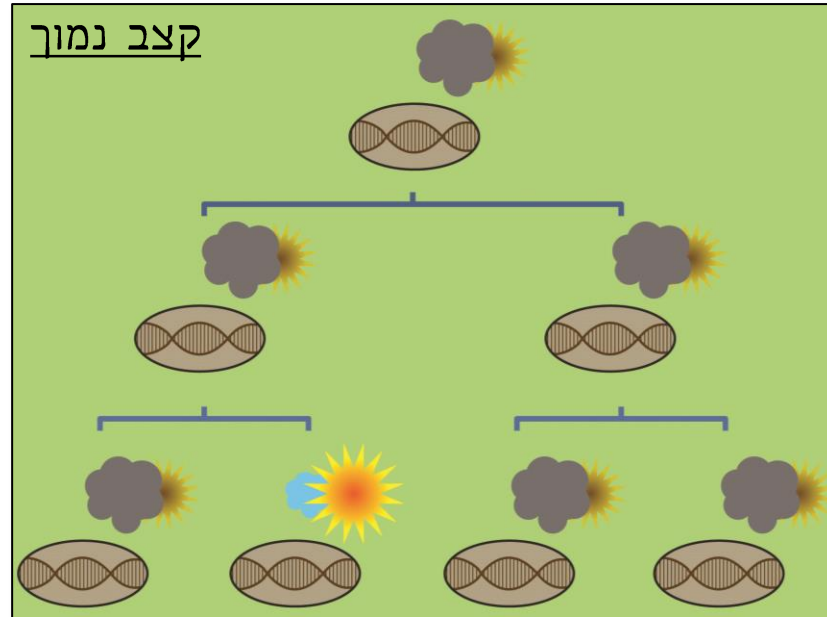
ההשערה האדפטיבית



ההשערה האדפטיבית



ההשערה האדפטיבית



סביבות קבועות – מודל מתמטי

הפתרון הכללי עבור שיווי משקל בין מוטציה וברירה
טבעית:

$$\text{sign} \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial m_x} = \text{sign} (\bar{\omega} - \omega_x)$$

“הגברת קצב המוטציה של פרטים עם
כשירות מתחת לממוצע מגדילה את
הכשירות הממוצעת באוכלוסיה”

Cambia todo cambia



מרסדס סוסה, 1935-2009, זמרת
ארגנטינאית

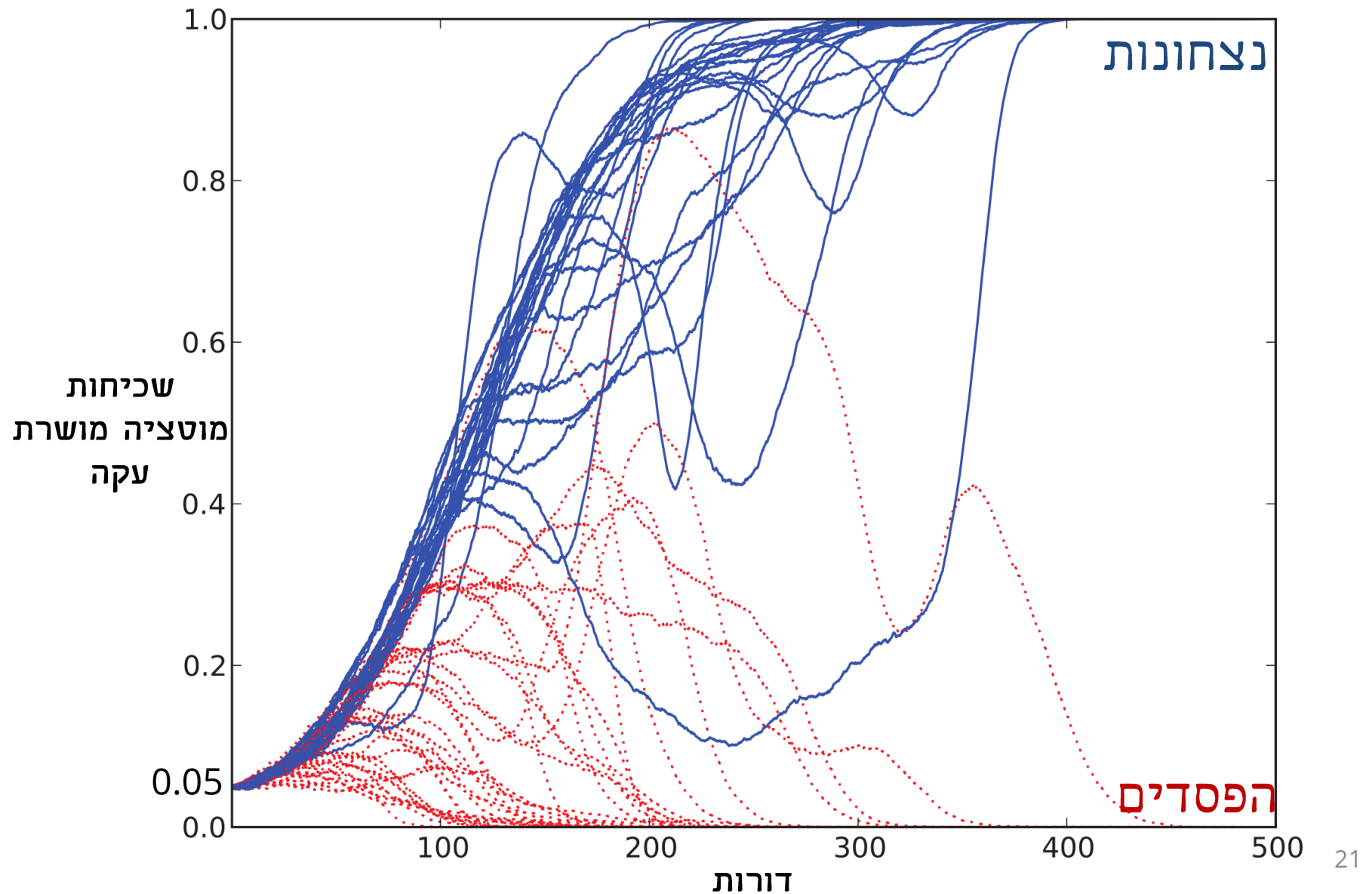


המלכה האדומה, מתוך "מבעד למראה
ומה אליס מצאה שם" / לואיס קרול,
1871

סביבות משתנות - סימולציות מחשב



קצב מוטציה מושרה עקה מנצח קצב קבוע



סיכום

- קצב **מוטציה** מושרה עקה מועדף על פני קצב קבוע ע"י **הברירה הטבעית**
- גם בסביבות קבועות וגם בסביבות משתנות
- בגלל ההשפעה על היכולת לעבור התאמה לסביבה – **evolvability**
- **תמיכה בהשערה האדפטיבית**



תודה!

מצגת (כולל גרסא ארוכה):

github.com/yoavram/Reunion2016



✉ yoav@yoavram.com
🐦 [@yoavram](https://twitter.com/yoavram)
🐙 github.com/yoavram
🏠 www.yoavram.com
🐍 python.yoavram.com