



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ

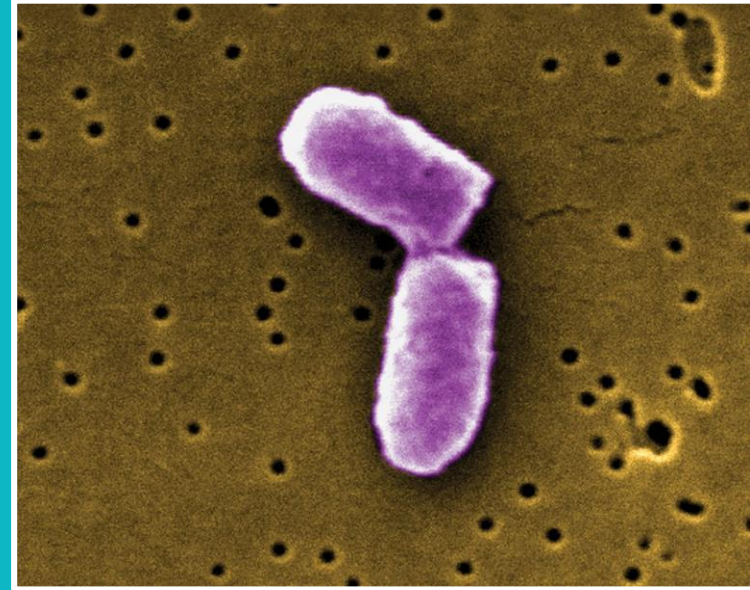
04

ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

2022-2023

ΕΚΔΟΣΗ 01

ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

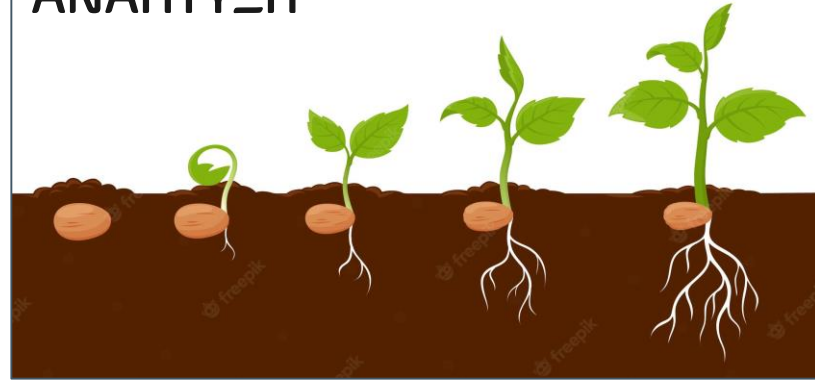


ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ή ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ;

Τα βακτήρια είναι
μονοκυτταρικοί οργανισμοί
και σε αντίθεση με τους
πολυκυτταρικούς δεν
αυξάνονται σε μέγεθος αλλά
σε **ΑΡΙΘΜΟ** !

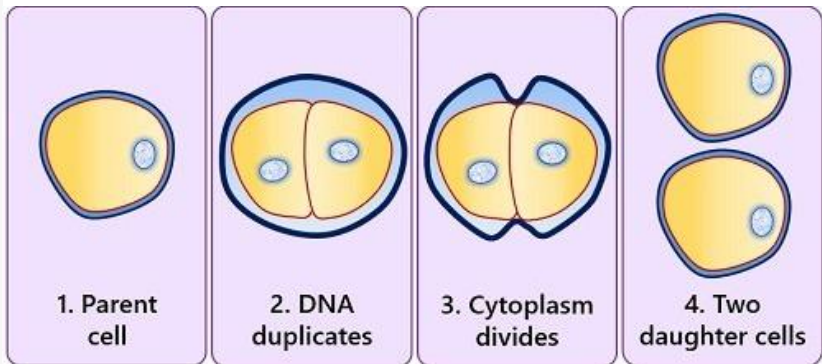
ΑΝΑΠΤΥΞΗ



ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ



ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

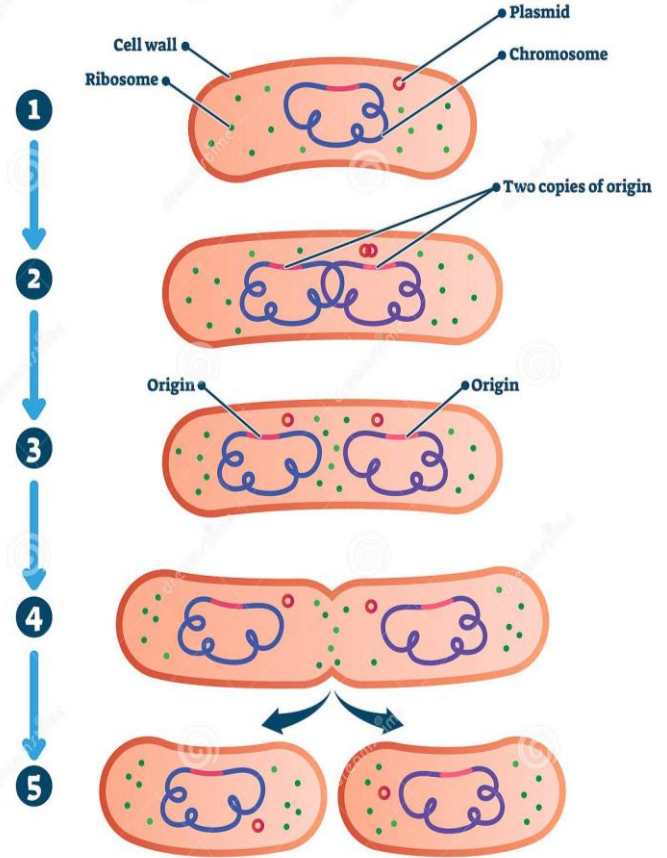


Οι προκαρυώτες, όπως τα βακτήρια, πολλαπλασιάζονται με **δυσαδική σχάση** (binary fission). Για τους μονοκύτταρους οργανισμούς, η κυτταρική διαίρεση είναι η μόνη μέθοδος που δημιουργίας νέων κυττάρων. Και στα προκαρυωτικά και στα ευκαρυωτικά κύτταρα, το αποτέλεσμα της κυτταρικής αναπαραγωγής είναι ένα ζευγάρι θυγατρικών κυττάρων που είναι **γενετικά πανομοιότυπα** με το γονικό κύτταρο. Όμως στους μονοκύτταρους οργανισμούς, τα θυγατρικά κύτταρα είναι **ανεξάρτητα μεταξύ τους!**

ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

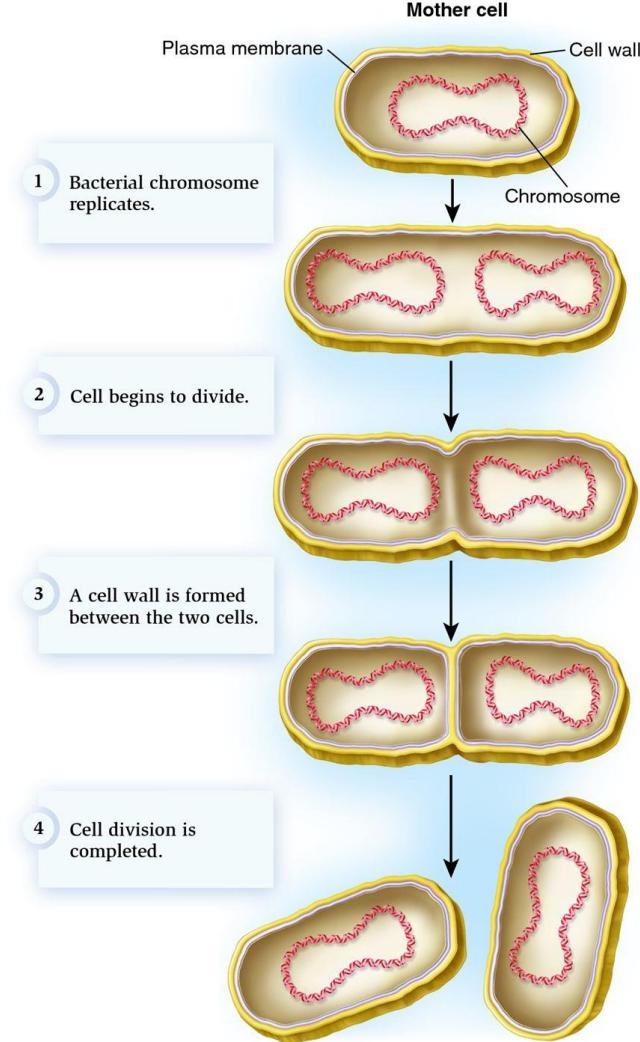


Λόγω της **σχετικής απλότητας** των προκαρυωτικών, η διαδικασία διαίρεσης των κυττάρων, ή δυαδική σχάση, είναι μια λιγότερο περίπλοκη και **πολύ πιο γρήγορη διαδικασία** από την κυτταρική διαίρεση στους ευκαρυώτες. Το μοναδικό, κυκλικό χρωμόσωμα DNA των βακτηρίων δεν περικλείεται σε έναν πυρήνα, αλλά καταλαμβάνει μια συγκεκριμένη θέση (νουκλεοειδές) μέσα στο κύτταρο..



ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ – ΣΧΑΣΗ

Τα μακρομόρια συσσωρεύονται στο κυτταρόπλασμα ενός κυττάρου, συγκεντρώνονται σε κύριες κυτταρικές δομές, όπως το κυτταρικό τοίχωμα, η κυτταροπλασματική μεμβράνη, τα μαστίγια, τα ριβοσώματα, τα σύμπλοκα ενζύμων και ούτω καθεξής, **οδηγώντας τελικά στα γεγονότα της ίδιας της κυτταρικής διαίρεσης.**



ΔΙΑΔΙΚΗ ΣΧΑΣΗ

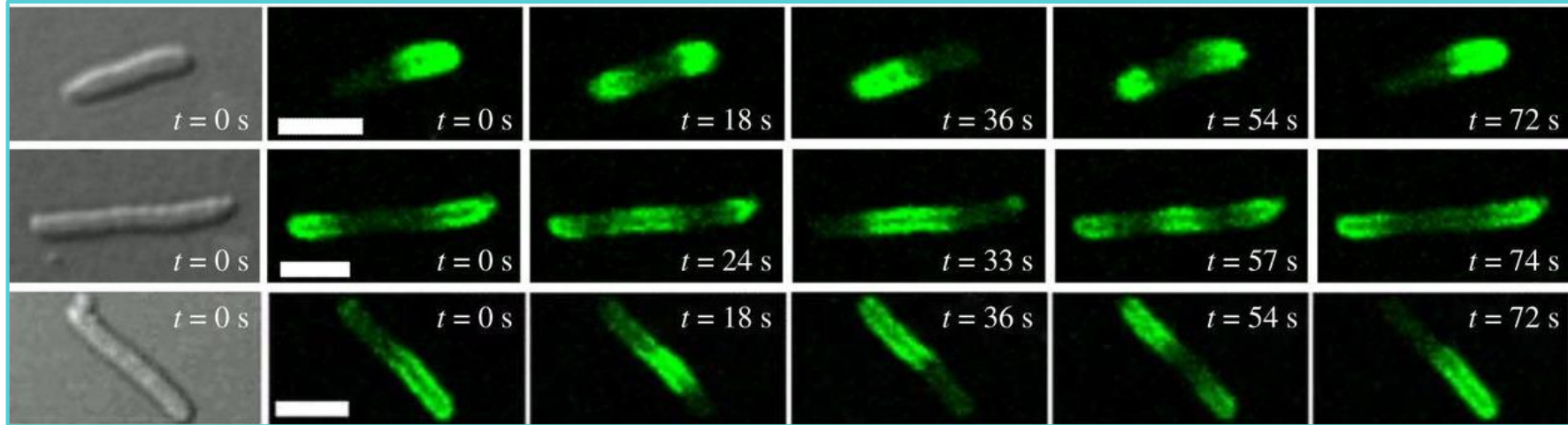
Η δυαδική σχάση είναι η **ασεξουαλική αναπαραγωγή*** - χωρίς μίτωση ή μείωση, είναι διαίρεση σε δύο περίπου ίσα μέρη.

*Από την πλευρά της γενετικής «πλαστικότητα» και εμπλουτισμού του DNA αυτός ο τρόπος είναι επισφαλής - όμως τα βακτήρια έχουν **μηχανισμούς εμπλουτισμού του DNA** τους.



ΔΙΑΔΙΚΗ ΣΧΑΣΗ

χρόνος



ΔΙΑΔΙΚΗ ΣΧΑΣΗ

χρόνος



Computer simulation

ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

Το **βακτηριακό χρωμόσωμα** συνδέεται με την πλασματική μεμβράνη περίπου στο μέσο του κυττάρου. Το **σημείο εκκίνησης** της αντιγραφής, η αρχή, είναι κοντά στη **θέση δέσμευσης** του χρωμοσώματος στην πλασματική μεμβράνη.

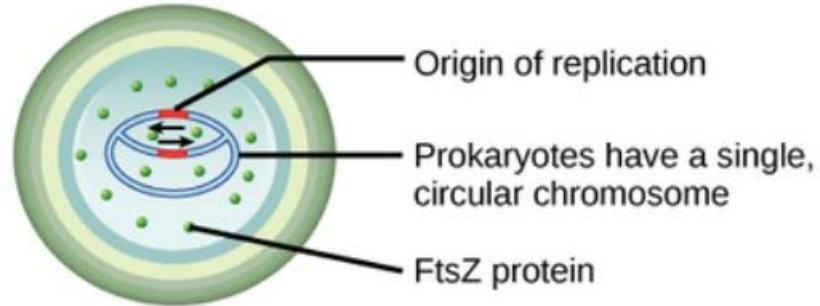
Η αντιγραφή του DNA είναι αμφίδρομη, απομακρύνεται από την αρχή και στις δύο έλικες του βρόχου ταυτόχρονα. Καθώς σχηματίζονται οι **νέοι διπλοί κλώνοι**, κάθε σημείο προέλευσης απομακρύνεται από την προσάρτηση του κυτταρικού τοιχώματος προς τα απέναντι άκρα του κυττάρου.

ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

Binary Fission in Prokaryotes

Replication of the circular prokaryotic chromosome begins at the origin of replication and continues in both directions at once.

1



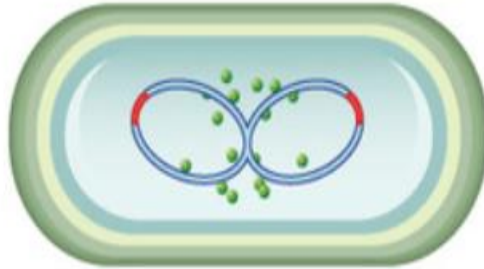
ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

—
Καθώς το κύτταρο επιμηκύνεται,
η αναπτυσσόμενη μεμβράνη
βοηθά στη μεταφορά των
χρωμοσωμάτων.

ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

The cell begins to elongate. FtsZ proteins migrate toward the midpoint of the cell.

2



ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

Όταν τα χρωμοσώματα έχουν απομακρυνθεί από το μέσο του επιμήκους κυττάρου, αρχίζει ο **κυτταροπλασματικός διαχωρισμός**.

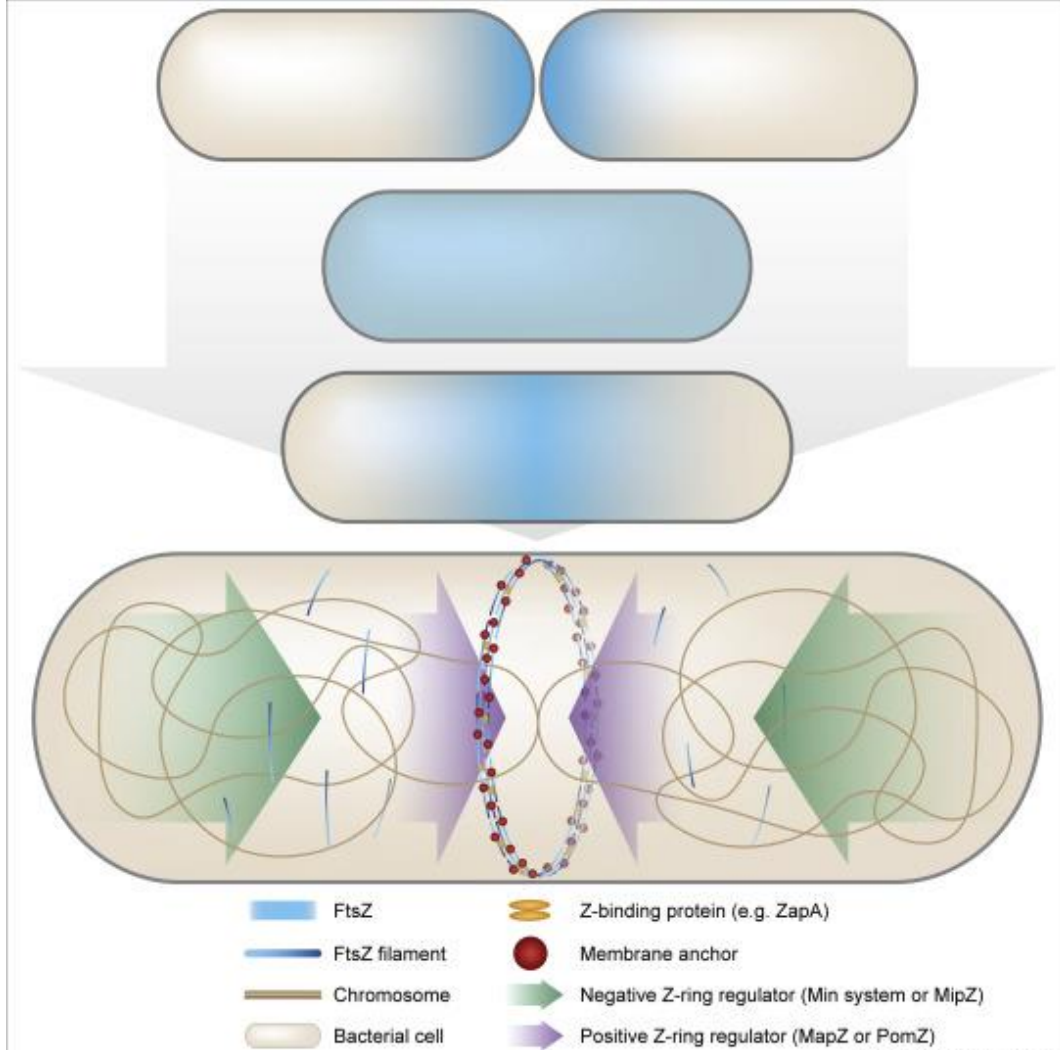
Ο σχηματισμός ενός **δακτυλίου** που αποτελείται από επαναλαμβανόμενες μονάδες μιας πρωτεΐνης, **FtsZ**, κατευθύνει τη διαίρεση μεταξύ των νουκλεοειδών

ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

Κατά τη διάρκεια της κυτταρικής διαίρεσης, η **FtsZ** είναι η πρώτη πρωτεΐνη που μετακινείται στη θέση διαίρεσης και είναι **απαραίτητη για τη στρατολόγηση άλλων πρωτεϊνών** που παράγουν ένα νέο κυτταρικό τοίχωμα μεταξύ των κυττάρων που διαιρούνται.

ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

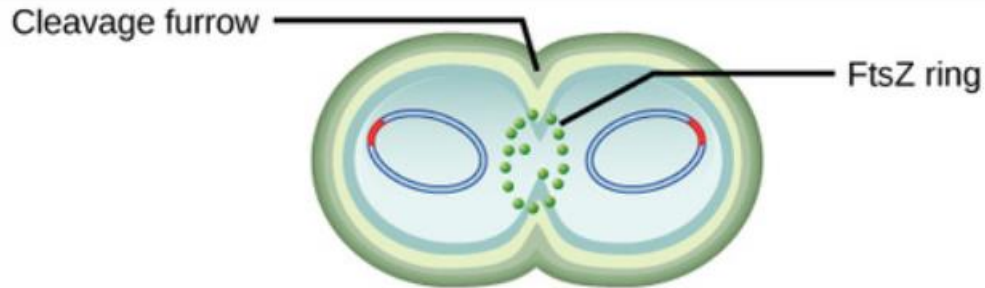
Συναρμολόγηση του δακτυλίου Z



ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

The duplicated chromosomes separate and continue to move away from each other toward opposite ends of the cell. FtsZ proteins form a ring around the periphery of the midpoint between the chromosomes.

3



ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

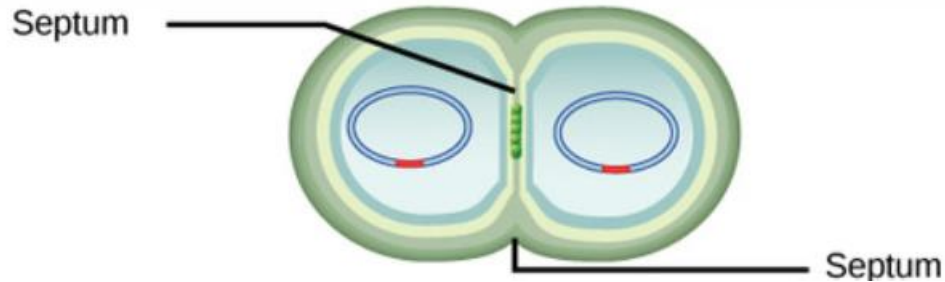
Ο σχηματισμός του **δακτυλίου FtsZ** πυροδοτεί τη συσσώρευση άλλων πρωτεϊνών που συνεργάζονται για να στρατολογήσουν νέα υλικά μεμβράνης και κυτταρικού τοιχώματος στην περιοχή.

Μεταξύ των νουκλεοειδών σχηματίζεται ένα **διάφραγμα**, που εκτείνεται σταδιακά από την περιφέρεια προς το κέντρο του κυττάρου.

ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

The FtsZ ring directs the formation of a septum that divides the cell. Plasma membrane and cell wall materials accumulate.

4



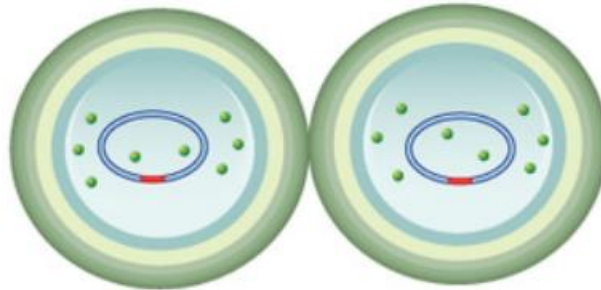
ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

—
Όταν τα νέα κυτταρικά τοιχώματα είναι στη θέση τους, τα θυγατρικά κύτταρα διαχωρίζονται και η πρωτεΐνη **FtsZ διασκορπίζεται** στα δύο νέα θυγατρικά κύτταρα.

ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

After the septum is complete, the cell pinches in two, forming two daughter cells. FtsZ is dispersed throughout the cytoplasm of the new cells.

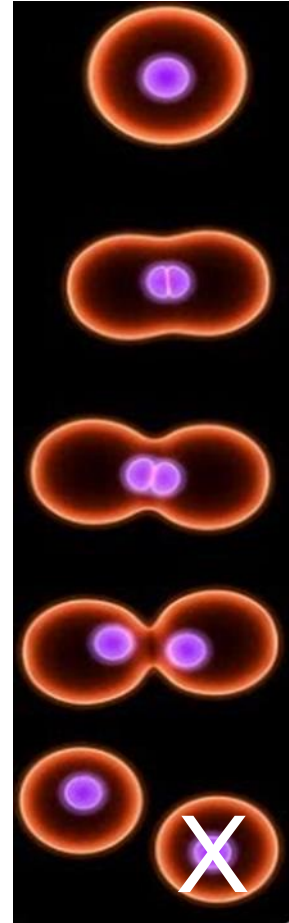
5



ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ !!

Από τα δύο θυγατρικά κύτταρα που προκύπτουν από τη διαίρεση **δεν επιβιώνουν απαραίτητα και τα δύο !!!!!**



ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ !!

Εάν ο αριθμός που **επιβιώνει υπερβαίνει τη μονάδα** κατά μέσο όρο, ο βακτηριακός πληθυσμός υφίσταται εκθετική ανάπτυξη.

ΤΟ
ΚΛΑΣΜΑ

Αριθμός Βακτηρίων που **επιβιώνουν**

Αριθμός Βακτηρίων που **πεθαίνουν**

Καθορίζει και
την φάση της
καμπύλης
ανάπτυξής του

ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΗΣ ΣΧΑΣΗΣ

ΤΟ ΚΛΑΣΜΑ

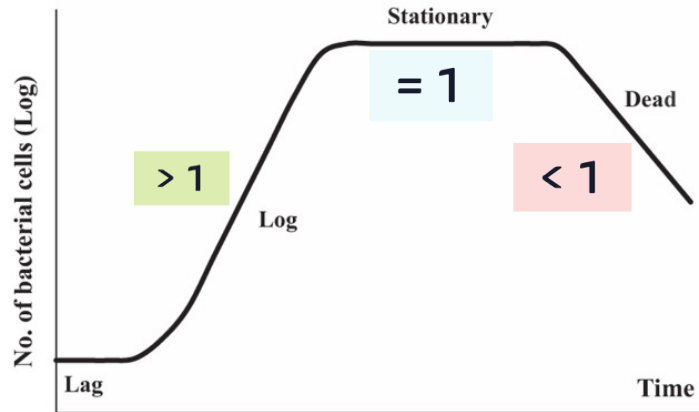
Αριθμός Βακτηρίων που **επιβιώνουν**

Αριθμός Βακτηρίων που **πεθαίνουν**

> 1

$= 1$

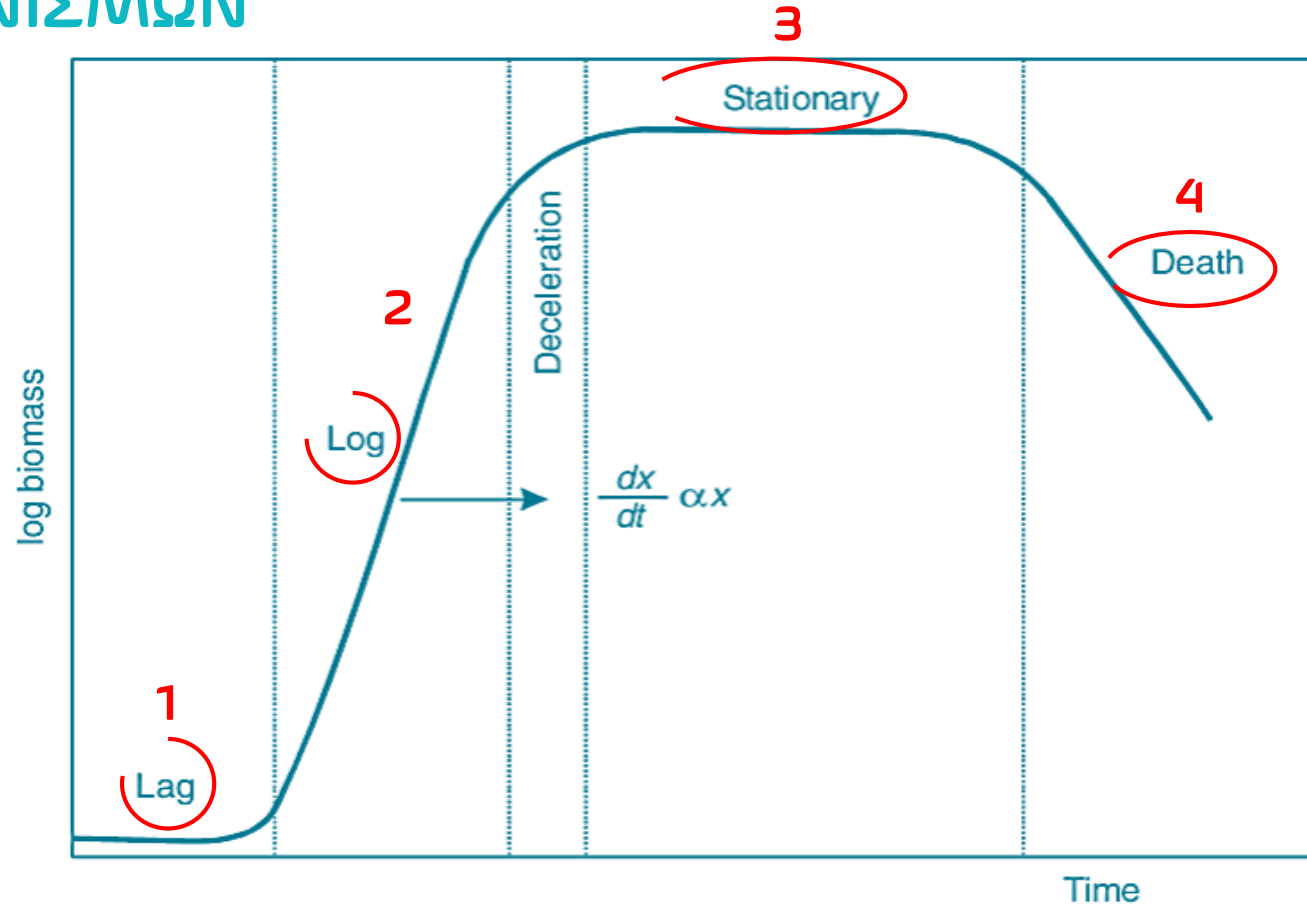
< 1



ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

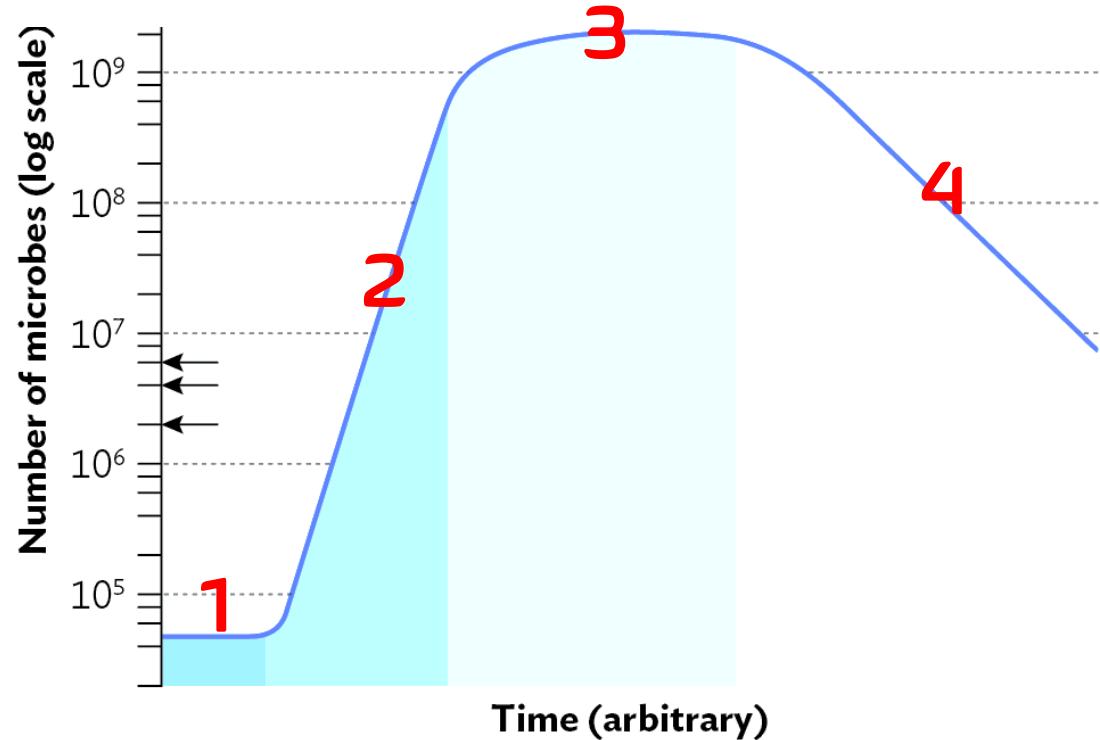
4 φάσεις !!



ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

4 ΦΑΣΕΙΣ !

- 1 Προσαρμογής
- 2 Λογαριθμικής ανάπτυξης
- 3 Στατική
- 4 Θανάτου

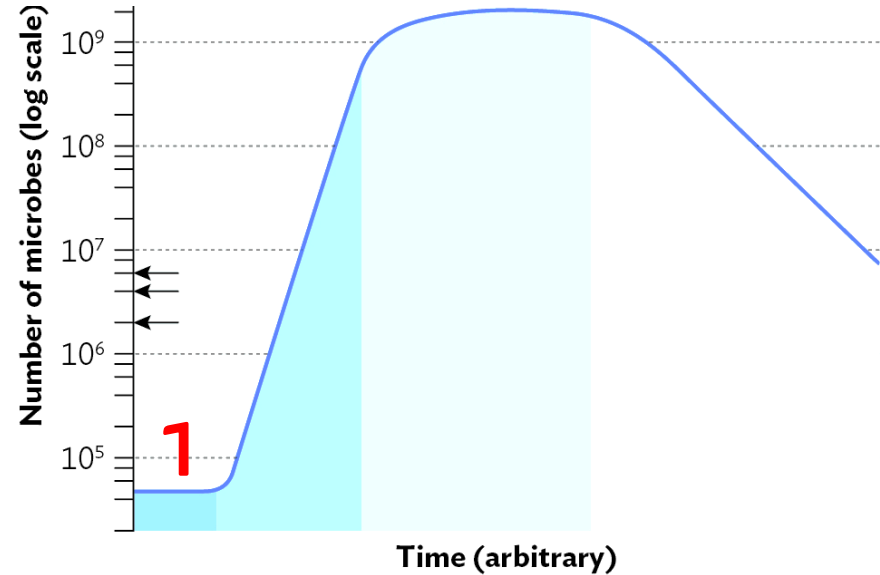


ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ



ΦΑΣΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

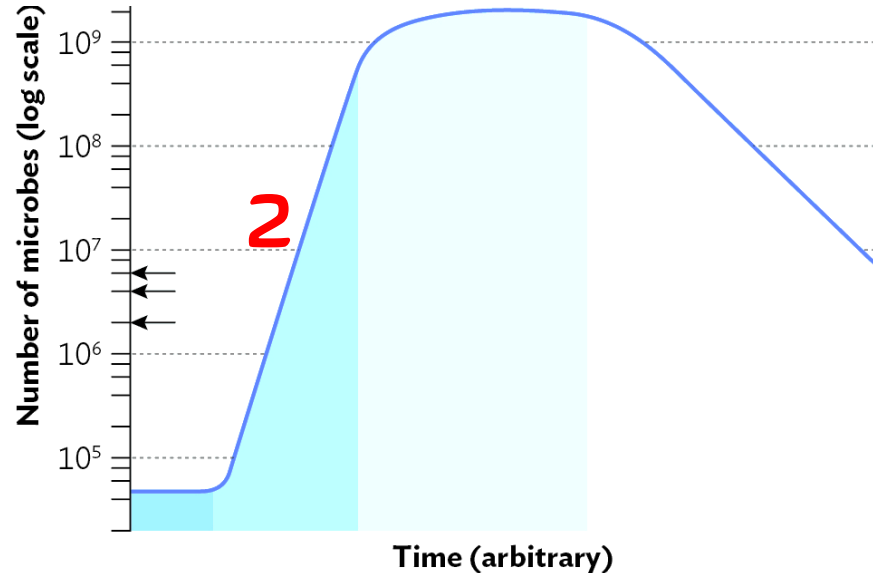
- Δεν υπάρχει αναδιπλασιασμός
- Το κύτταρο διερευνά το περιβάλλον του
- Ενεργοποιούνται τα «επαγώμενα» ένζυμα



ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

ΦΑΣΗ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

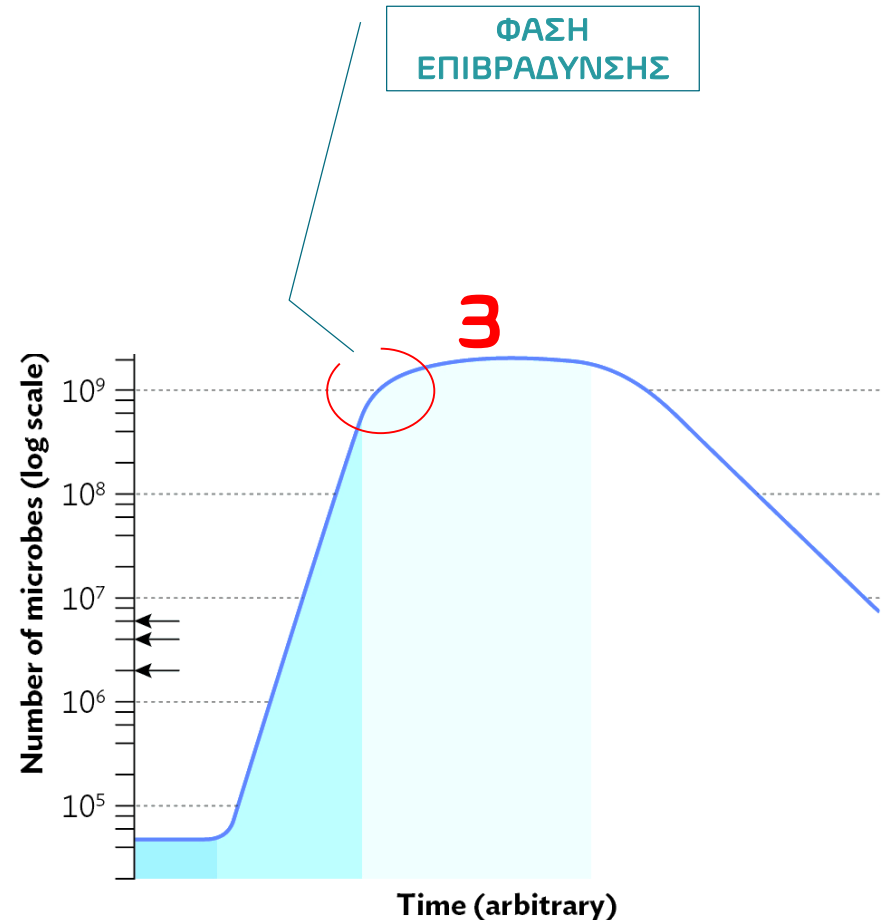
- Λογαριθμικός πολλαπλασιασμός
- Μέγιστος ο ρυθμός ανάπτυξης
- Από κάθε κύτταρο προκύπτουν άλλα δύο
- Η πλειονότητα των κυττάρων πολλαπλασιάζεται, ορισμένα πεθαίνουν όμως
- τα υπό ανάπτυξη βακτήρια βρίσκονται σε ιδιαίτερη βιολογική κατάσταση



ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΑΣΗ

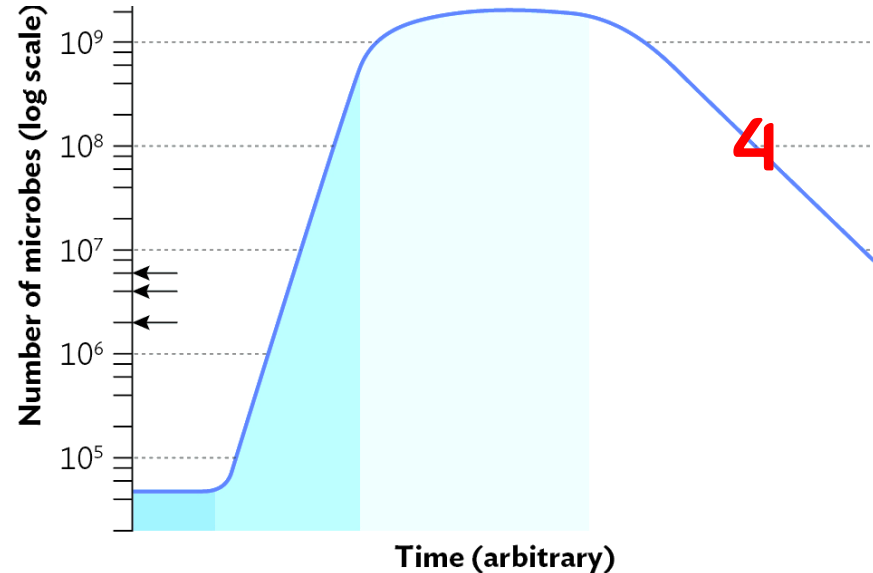
- σταθερός ο πληθυσμός (όσα δημιουργούνται, τόσα θανατώνονται)
- εξαντλούνται τα θρεπτικά συστατικά του υποστρώματος
- συσσωρεύονται μεταβολικά προϊόντα στο περιβάλλον
- συνήθως αρκετά «ανθεκτικά» τα βακτήρια κατά την φάση αυτή



ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

ΦΑΣΗ ΘΑΝΑΤΟΥ

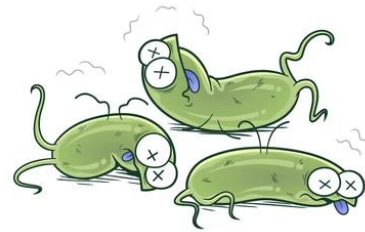
- Ο πληθυσμός σταθερά μειώνεται
(περισσότερα πεθαίνουν – λιγότερα αναπτύσσονται)



ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

ΑΙΤΙΑ ΘΑΝΑΤΟΥ ΤΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

- **Μειώνεται** η συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών



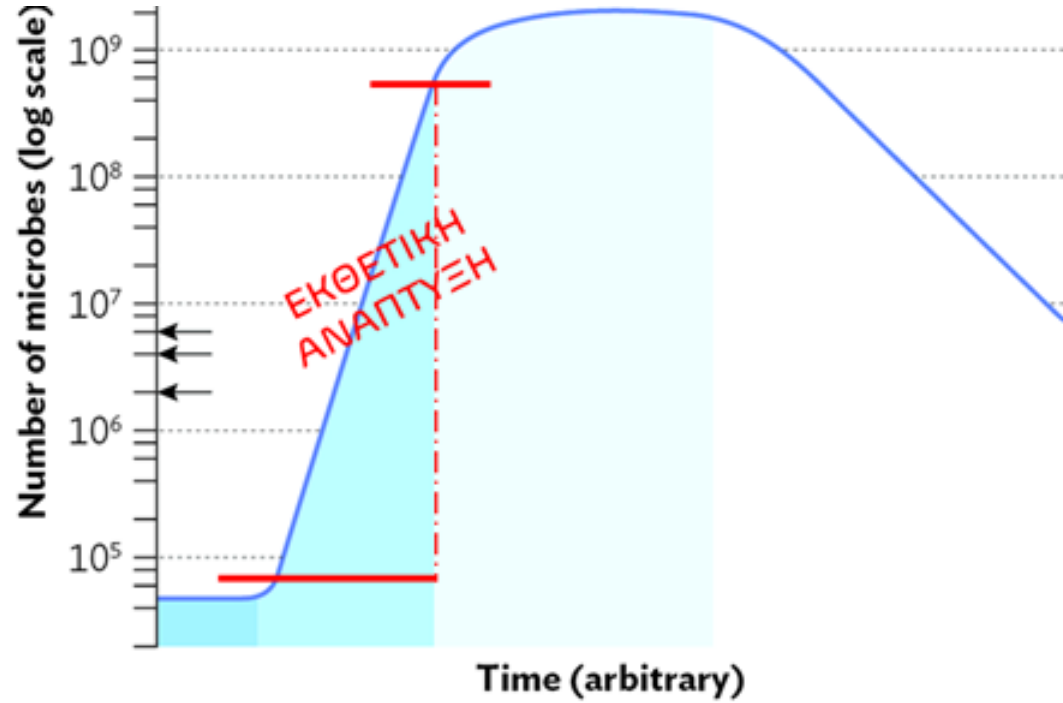
- **Αύξηση** των παραπροϊόντων στο περιβάλλον



ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Αφορούν την
ΕΚΘΕΤΙΚΗ φάση
ανάπτυξης

- ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΔΙΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ ή ΓΕΝΕΑΣ
(Generation Time)
- ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
(Growth rate)



ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

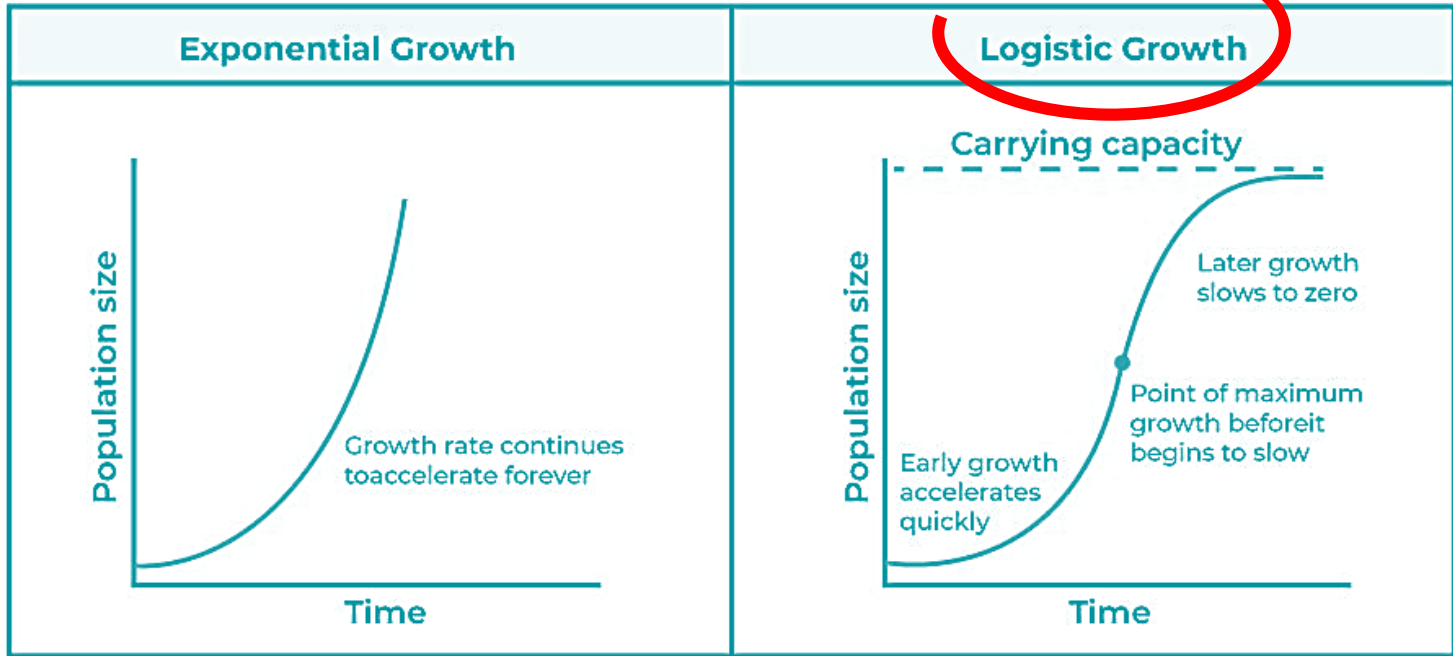
- Λογαριθμική Ανάπτυξη σημαίνει ότι ο πληθυσμός ξεκινά με **1 κύτταρο** και μέσα σε λίγο χρόνο ο πληθυσμός έχει αυξηθεί **κατά τάξεις μεγέθους!**

ΕΚΘΕΤΙΚΗ ή ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ Η
ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ?

Exponential or Logistic growth ?



ΕΚΘΕΤΙΚΗ Ή ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ?

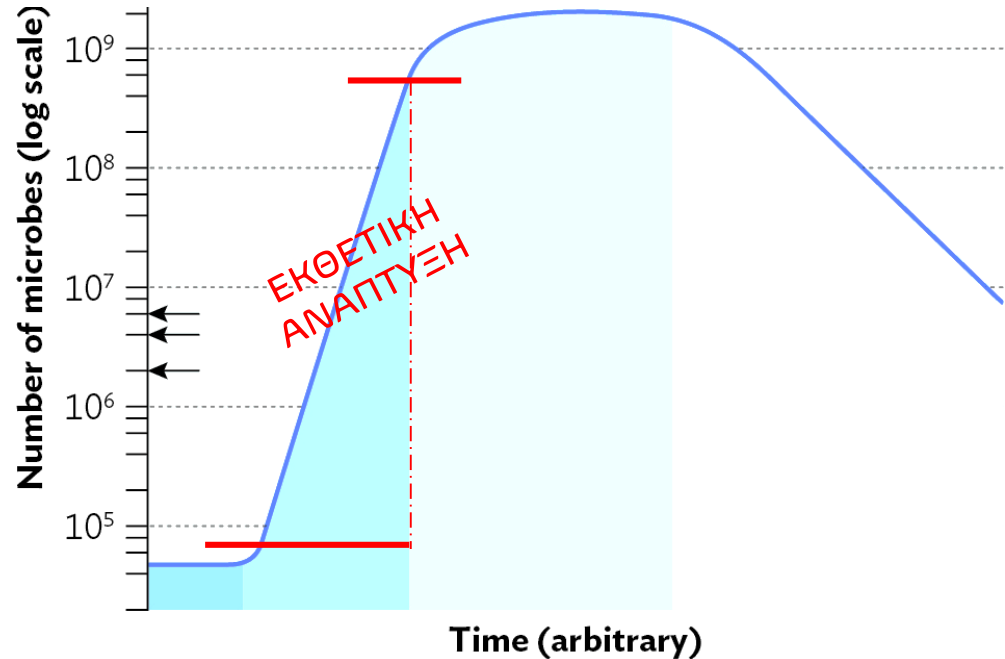


(a)

(b)

ΕΚΘΕΤΙΚΗ Ή ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ?

Στην **εκθετική ανάπτυξη**, ο ανά ΚΥΤΤΑΡΟ ρυθμός αύξησης του πληθυσμού παραμένει ο ίδιος ανεξάρτητα από το μέγεθος του πληθυσμού, κάνοντας τον πληθυσμό να αυξάνεται ολοένα και πιο γρήγορα όσο μεγαλώνει.



ΕΚΘΕΤΙΚΗ Ή ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ?

Στην **εκθετική ανάπτυξη**, ο ανά ΚΥΤΤΑΡΟ ρυθμός αύξησης του πληθυσμού παραμένει ο ίδιος ανεξάρτητα από το μέγεθος του πληθυσμού, κάνοντας τον πληθυσμό να αυξάνεται ολοένα και πιο γρήγορα όσο μεγαλώνει.

Όμως αυτό προϋποθέτει **ΑΠΕΡΙΟΡΙΣΤΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ** πράγμα **ΑΔΥΝΑΤΟ** στη Φύση !



ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΕΚΘΕΤΙΚΗ

Exponential growth of a population refers to a growth whose rate is proportional to the size of the population over a specific period of time

Growth curve is J-shaped

Depends on the size of the population

Occurs when the resources are plentiful

Does not frequently reach a stationary phase

Does not have an upper limit

Applicable to any population that does not have a limitation for the growth

Has two phases: lag phase and log phase

Causes an explosion of the population

Population crash occurs due to mass mortality

Commonality does not occur

ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ

Logistic growth refers to a population growth whose rate decreases with the increasing number of individuals

Growth curve is sigmoid

Depends on the size of the population, competition and the amount of resources

Occurs when the resources are limited

Reaches a stationary phase

Has an upper limit called the carrying capacity

Applicable to any population that comes to its carrying capacity

Has four phases: lag phase, lag phase, deceleration phase, and stationary phase

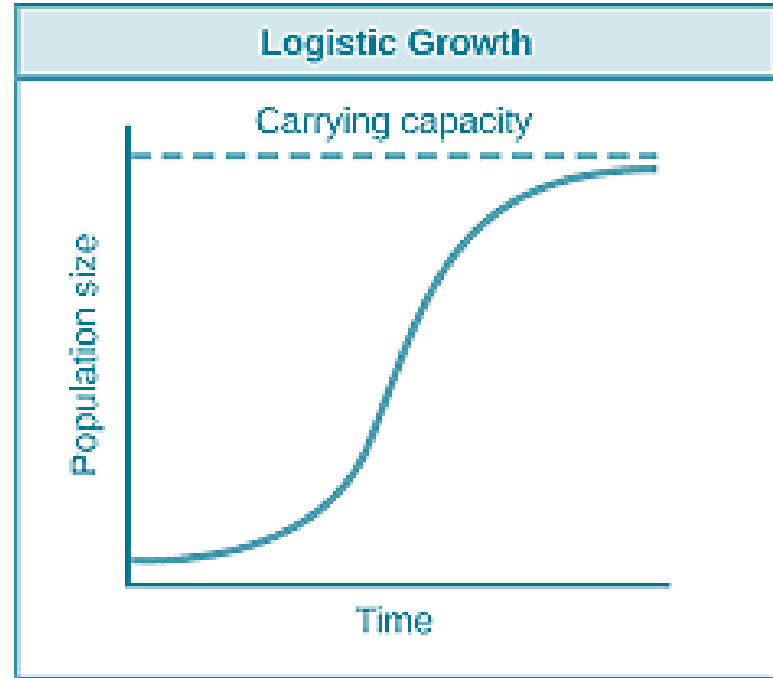
Causes relatively constant growth rate in the population

Population crash occurs very rarely

Commonality often occurs

ΕΚΘΕΤΙΚΗ Ή ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ?

Στην **ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**, ο ανά κύτταρο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού **γίνεται όλο και μικρότερος** καθώς το μέγεθος του πληθυσμού πλησιάζει το μέγιστο που επιβάλλεται από περιορισμένους πόρους του περιβάλλοντος



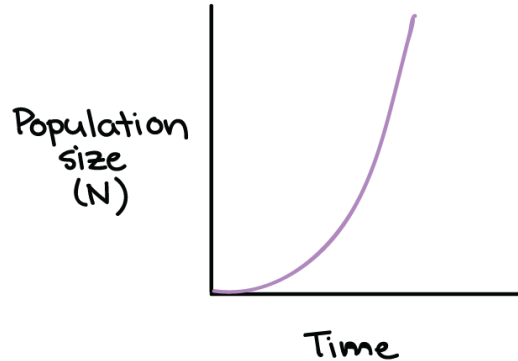
ΕΚΘΕΤΙΚΗ Ή ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ?

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

Exponential
growth

Per capita growth rate (r)
doesn't change, even if pop.
gets very large.

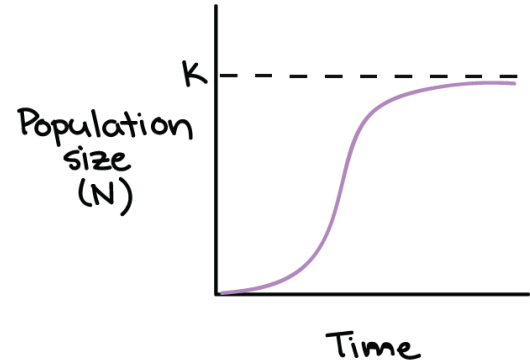
$$\frac{dN}{dt} = r_{\max} N$$



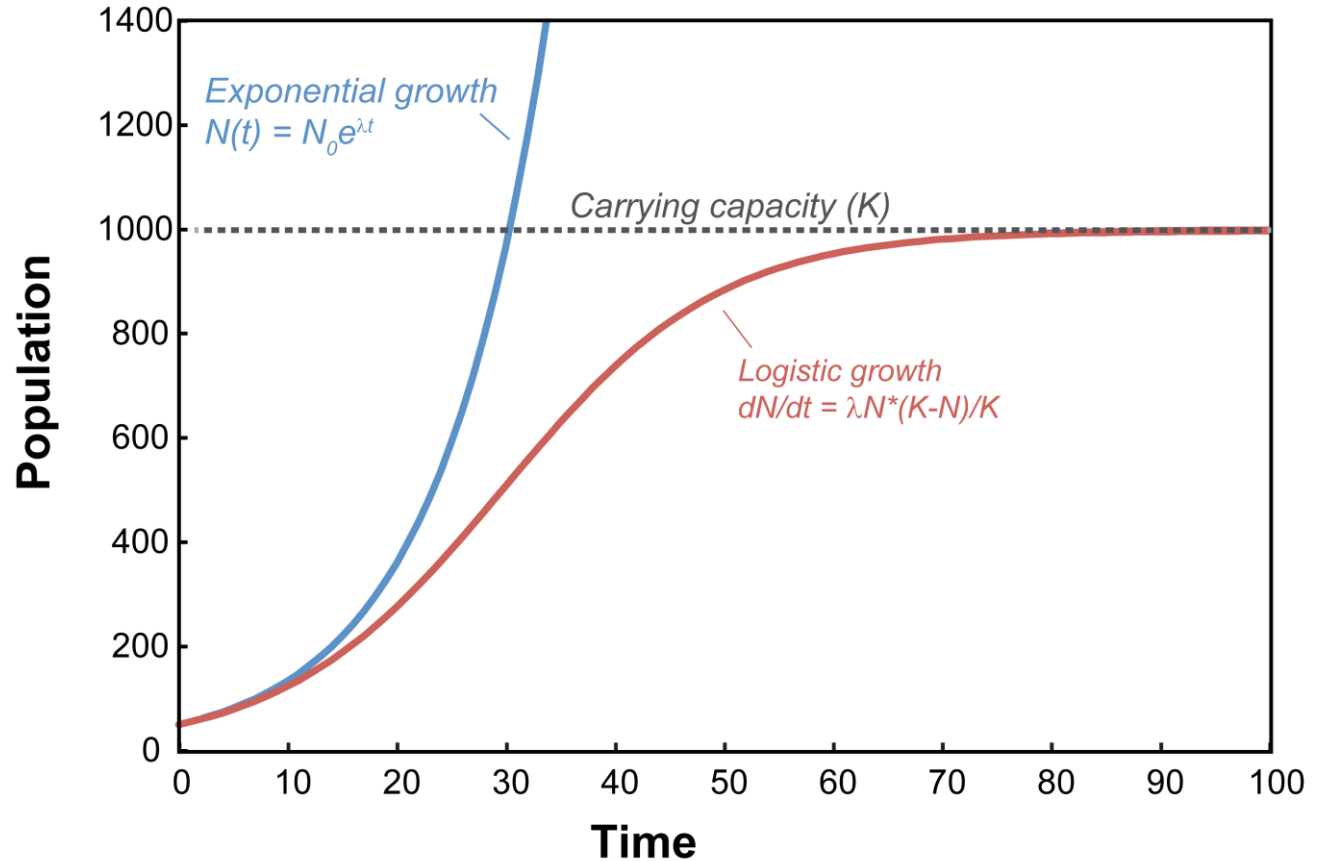
Logistic
growth

Per capita growth rate (r)
gets smaller as pop.
approaches its max. size.

$$\frac{dN}{dt} = r_{\max} \left(\frac{K-N}{K} \right) N$$

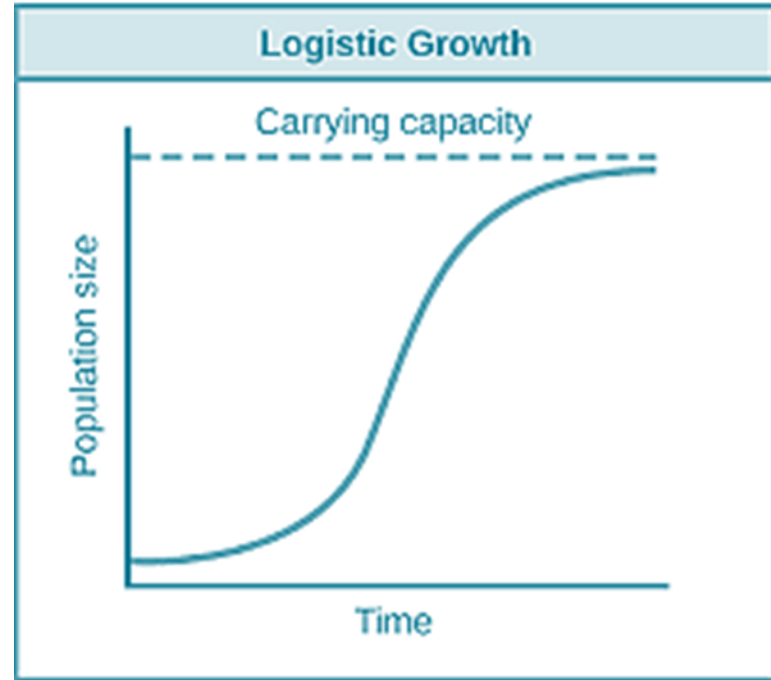


ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ



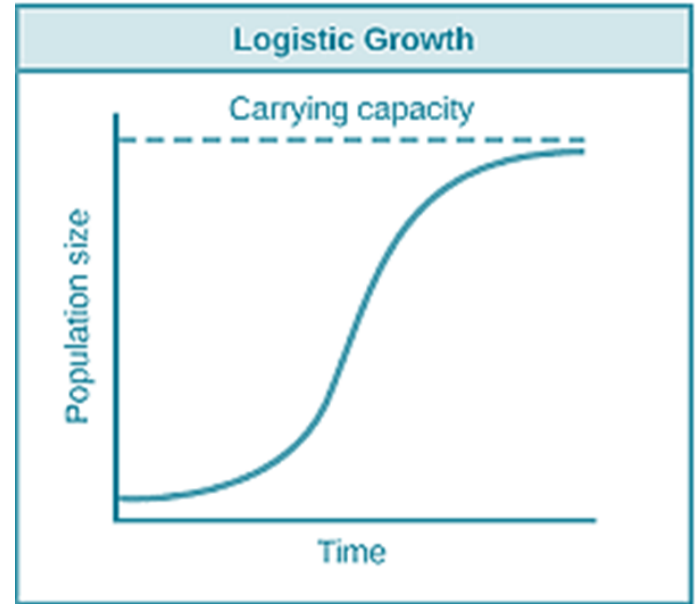
ΕΚΘΕΤΙΚΗ ή ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ?

Στο ΣΥΝΟΛΟ της η
καμπύλη
ανάπτυξης των
βακτηρίων είναι
ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ
δηλαδή έχει
ΣΙΓΜΟΕΙΔΗ μορφή.



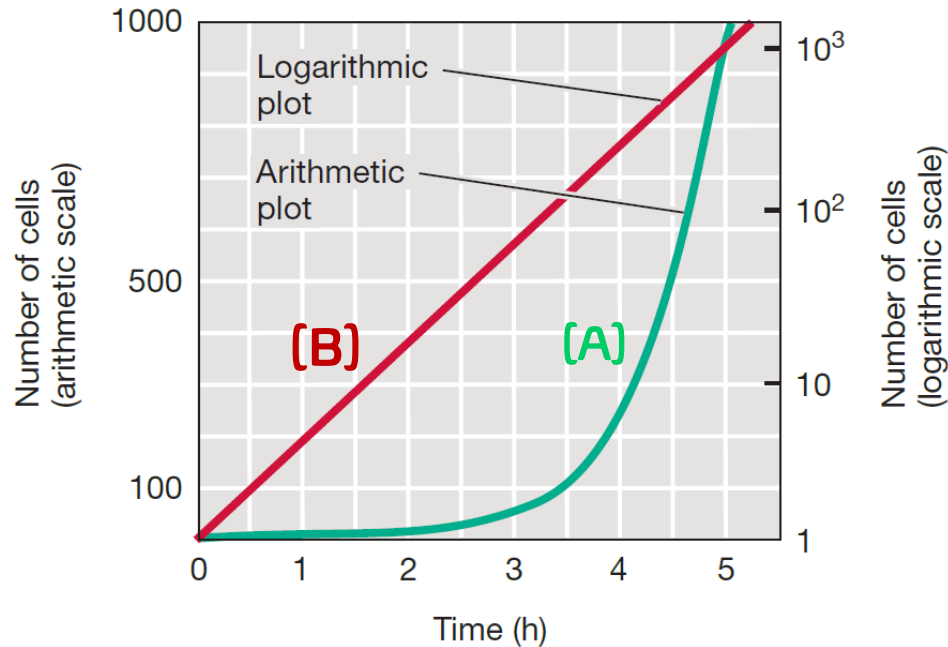
ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Στην **ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**, ο ανά κύτταρο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού **γίνεται όλο και μικρότερος** καθώς το μέγεθος του πληθυσμού πλησιάζει το μέγιστο που επιβάλλεται από **περιορισμένους πόρους** του περιβάλλοντος



ΤΡΟΠΟΙ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΤΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ



(A) Σε αριθμητική κλίμακα εμφανίζεται ως **εκθετικά αυξανόμενη καμπύλη**.

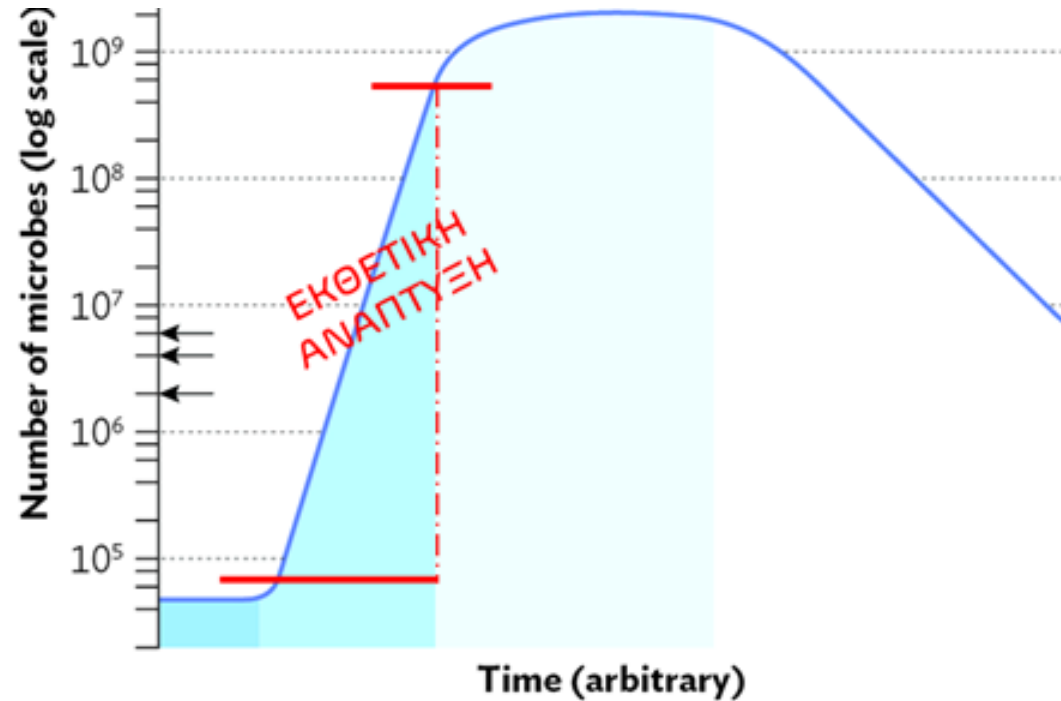
(B) Σε λογαριθμική κλίμακα εμφανίζεται ως **ευθεία γραμμή**, η οποία διευκολύνει μαθηματικούς υπολογισμούς!

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

”

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ
ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΙΣΧΥΟΥΝ
ΜΟΝΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ
ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΦΑΣΗ



ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Generation time (g)

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Generation time (g): χρόνος γενεάς ή αναδιπλασιασμού είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να **διπλασιαστεί ο αριθμός** των βακτηρίων, 1, 2, 4, 8, 16,

Για πολλά κοινά βακτήρια, ο χρόνος γενεάς είναι αρκετά μικρός, **20-60 min** υπό τις **βέλτιστες συνθήκες**.

Όσο πιο **μικρός ο χρόνος αναδιπλασιασμού** τόσο πιο **γρήγορα πολλαπλασιάζεται** το βακτήριο.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Generation time

Generation times for some common bacteria under optimal conditions of growth

Bacterium	Medium	Generation Time (minutes)
<i>Escherichia coli</i>	Glucose-salts	17
<i>Bacillus megaterium</i>	Sucrose-salts	25
<i>Streptococcus lactis</i>	Milk	26
<i>Streptococcus lactis</i>	Lactose broth	48
<i>Staphylococcus aureus</i>	Heart infusion broth	27-30
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Milk	66-87

Salmonella spp.

Διαφοροποιήσεις
ανάλογα με το
στέλεχος!

Journal of Food Protection, Vol. 61, No. 8, 1998, Pages 964–968
Copyright ©, International Association of Milk, Food and Environmental Sanitarians

Growth Kinetics of *Salmonella* Isolates in a Laboratory Medium as Affected by Isolate and Holding Temperature[†]

THOMAS P. OSCAR*

United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Eastern Regional Research Center, Microbial Food Safety Research Unit, 1124 Trigg Hall, University of Maryland Eastern Shore, Princess Anne, Maryland 21853, USA

MS 97-176: Received 30 July 1997/Accepted 29 October 1997

ABSTRACT

Salmonella isolates were surveyed for their growth kinetics in a laboratory medium for the purpose of identifying isolates suitable for modeling experiments. In addition, the effect of holding stationary phase *Salmonella* cultures at different temperatures on their subsequent growth kinetics was evaluated for the purpose of developing a protocol to prevent the need for midnight sampling in modeling experiments. In Experiment 1, 16 isolates of *Salmonella*, 2 from the American Type Culture Collection (ATCC) and 14 from broiler operations, were surveyed for their growth kinetics in brain heart infusion (BHI) broth at 40°C. Lag time ($P = 0.005$) and growth rate ($P = 0.022$) were affected by identity of the isolate. Lag time ranged from 0.73 to 1.38 h, whereas growth rate ranged from 0.78 to 0.94 \log_{10} CFU/ml/h. Overall, isolate S1 (*Salmonella infantis* from ATCC) was the fastest growing. In Experiment 2, 4 isolates of *Salmonella*, 1 from ATCC and 3 from broiler operations, were used to determine whether holding temperature influences subsequent growth kinetics. *Salmonella* isolates were grown to stationary phase at 37°C in BHI and then held for 24 h at 5, 22, or 37°C before dilution and reinitiation of growth in BHI at 37°C. Holding temperature did not alter or interact with identity of the isolate to alter subsequent growth kinetics. From the latter finding, a protocol was devised in which a dual-flask system is used to prevent the need for midnight sampling in modeling experiments. Similar to the results obtained in Experiment 1, identity of the isolate had only minor effects on growth kinetics in Experiment 2 indicating that all isolates examined were suitable for modeling experiments.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Η σχέση μεταξύ του **αριθμού των βακτηρίων** σε έναν πληθυσμό σε μια δεδομένη χρονική στιγμή (N_t), του **αρχικού αριθμού βακτηριακών** κυττάρων στον πληθυσμό (N_0) και του **αριθμού των διαιρέσεων** που έχουν υποστεί αυτά τα βακτήρια κατά τη διάρκεια αυτού του **χρόνου** (n) μπορεί να εκφραστεί ως την ακόλουθη εξίσωση:

$$N_t = N_0 \times 2^n$$

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Το Gram αρνητικό βακτήριο *Escherichia coli*,
υπό τις βέλτιστες συνθήκες, έχει χρόνο
παραγωγής 20 λεπτών ($G = 20$).

Εάν ξεκινούσαμε με έστω 10 κύτταρα *E. coli* ($N_0 = 10$) και
μπορούσαν απρόσκοπτα να αναπτυχθούν για 12 ώρες στις
βέλτιστες συνθήκες θα είχαμε 36 αναδιπλασιασμούς διότι 1 h
 $= 3 \times 20 \text{ min}$, $12 \text{ h} \times 3 = 36$ αναδιπλασιασμοί.

$$N_t = N_0 \times 2^n = 10 \times 2^{36} = 687,194,767,360 = 6,87 \times 10^{11} \text{ cfu/mL}$$

ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ!

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Το Gram αρνητικό βακτήριο *Escherichia coli*, υπό τις βέλτιστες συνθήκες, έχει χρόνο παραγωγής 20 λεπτών ($G = 20$).

Εάν ξεκινούσαμε με έστω 10 κύτταρα *E. coli* ($N_0 = 10$) και μπορούσαν απρόσκοπτα να αναπτυχθούν για 12 ώρες στις βέλτιστες συνθήκες θα είχαμε 36 αναδιπλασιασμούς διότι $1 \text{ h} = 3 \times 20 \text{ min}$, $12 \text{ h} \times 3 = 36$ αναδιπλασιασμοί.

$$N_t = N_0 \times 2^n = 10 \times 2^{36} = 687,194,767,360 = 6,87 \times 10^{11} \text{ cfu/mL}$$

ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ!

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΓΕΝΕΑΣ ΥΠΟ ΤΙΣ ΑΡΙΣΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

$$G \text{ (generation time)} = \frac{\text{Time (minutes or hours)}}{n \text{ (number of generations)}} \quad G = t/n$$

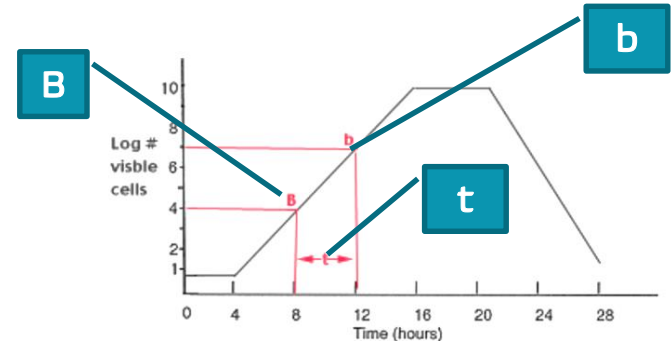
t = χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο μετρήσεων

B = αριθμός βακτηρίων κατά την πρώτη μέτρηση

b = αριθμός βακτηρίων κατά την δεύτερη μέτρηση

n = αριθμός γενεών

$b = B \times 2^n$ (This equation is an expression of growth by binary fission)



ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΓΕΝΕΑΣ
ΥΠΟ ΤΙΣ ΑΡΙΣΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

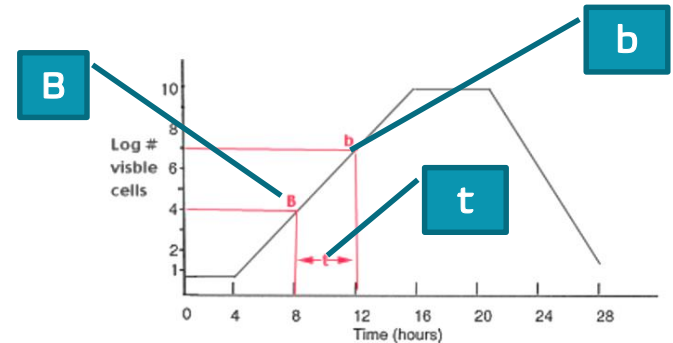
$$G \text{ (generation time)} = \frac{\text{Time (minutes or hours)}}{n \text{ (number of generations)}} \quad G = t/n$$

$$b = B \times 2^n$$

Λύνουμε ως προς n

$$\log b = \log B + n \log 2$$

$$n = \frac{\log b - \log B}{\log 2} \quad \boxed{0.301}$$



ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΓΕΝΕΑΣ
ΥΠΟ ΤΙΣ ΑΡΙΣΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

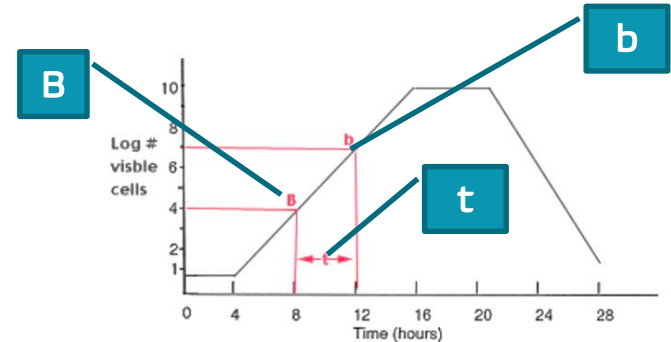
$$G \text{ (generation time)} = \frac{\text{Time (minutes or hours)}}{n \text{ (number of generations)}} \quad G = t/n$$

$$b = B \times 2^n$$

Λύνουμε ως προς n

$$\log b = \log B + n \log 2$$

$$n = \frac{\log b - \log B}{\log 2} \quad \boxed{0.301}$$



ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

$$n = \frac{\log b - \log B}{\log 2}$$

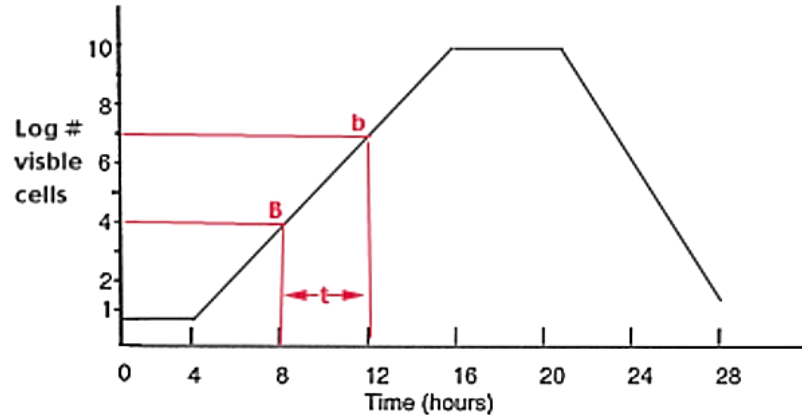
0.301

$$n = 3.3 \log b/B$$

$$G = t/n$$

$$G = \frac{t}{3.3 \log b/B}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΓΕΝΕΑΣ ΥΠΟ ΤΙΣ ΑΡΙΣΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ



Πρακτικά χρειάζονται μόνο δυο τιμές: ο αριθμός των αποικιών σε δύο χρονικές στιγμές εντός της λογαριθμικής φάσης

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Σταθερός μέσος ρυθμός ανάπτυξης
(k)

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Χρόνος Αναδιπλασιασμού
(g)

Είναι ο χρόνος που απαιτείται
για να **διπλασιαστεί** ο
βακτηριακός πληθυσμός

Σταθερός μέσος ρυθμός
ανάπτυξης (k)

Σταθερά ανάπτυξης του
βακτηριακού πληθυσμού ανά
πάσα στιγμή – στη
λογαριθμική φάση !!!

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Χρόνος Αναδιπλασιασμού (g)

Είναι ο χρόνος που απαιτείται
για να **διπλασιαστεί** ο
βακτηριακός πληθυσμός

Σταθερά Στιγμαίας Ανάπτυξης (k)

Σταθερά ανάπτυξης του
βακτηριακού πληθυσμού ανά
πάσα στιγμή

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Σταθερός μέσος ρυθμός ανάπτυξης (k)

Αριθμός γενεών
ανά μονάδα χρόνου

$$n = \frac{\log b - \log B}{\log 2} = \frac{\log b - \log B}{0.301}$$

$$k = \frac{n}{t}$$

$$k = \frac{\log b - \log B}{0.301 t}$$

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

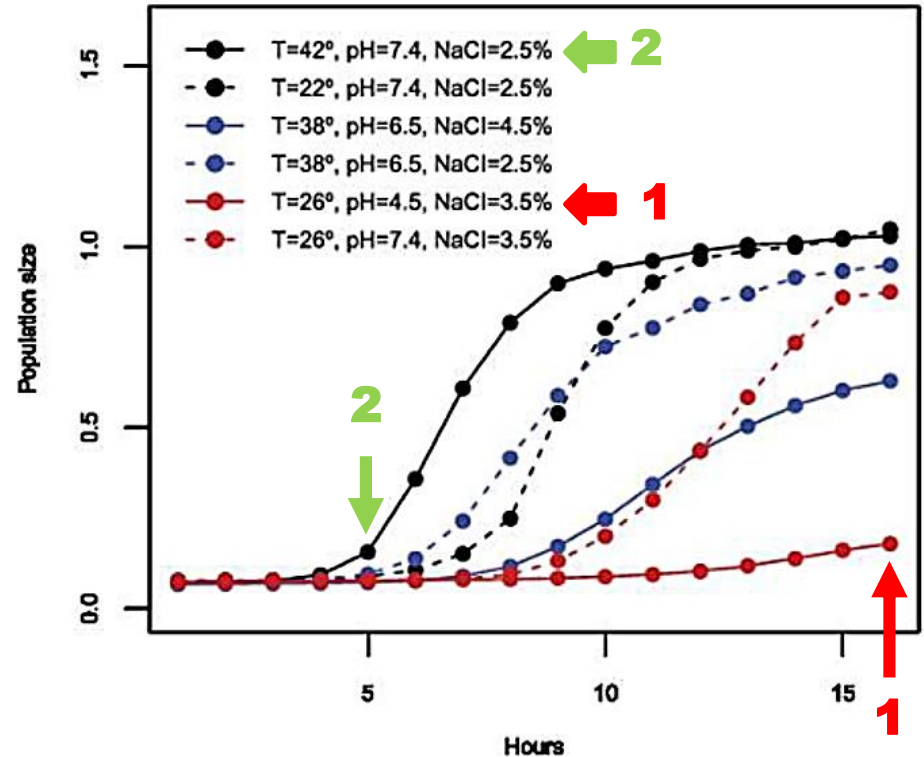
”

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

ΦΑΣΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

1 Μακρά φάση Προσαρμογής

2 Σύντομη φάση προσαρμογής



ΦΑΣΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Μακρά φάση Προσαρμογής

Για τα αλλοιογόνα βακτήρια - όσο περισσότερο **καθυστερεί η φάση της προσαρμογής** τόσο καθυστερεί να αναπτυχθεί ο πληθυσμός τους σε **επίπεδα για να προκαλέσει αλλοίωση**

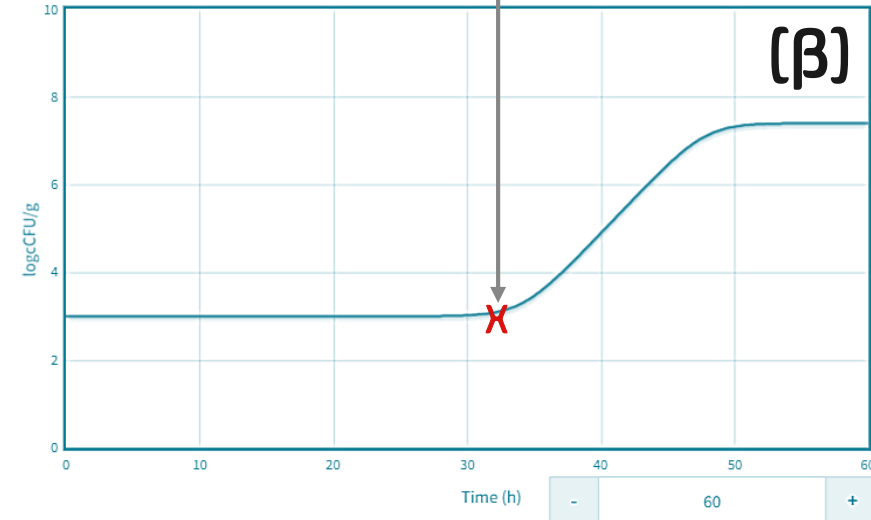
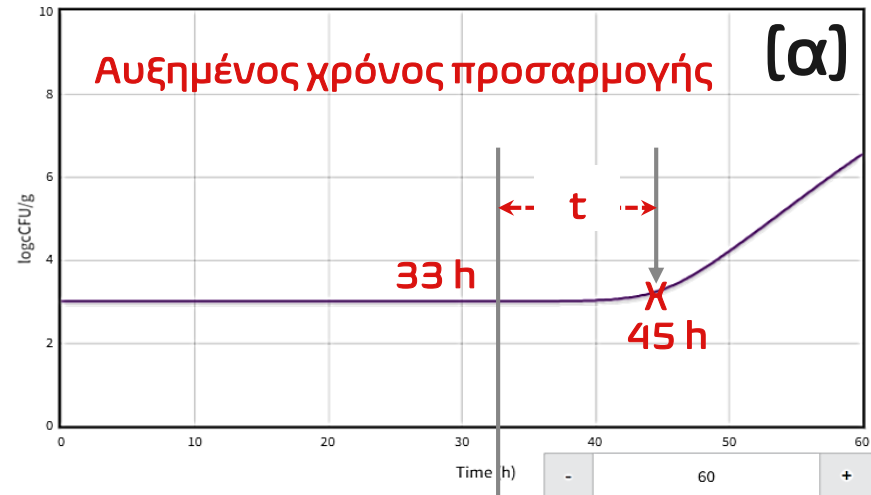
Σύντομη φάση προσαρμογής

Για τα επιθυμητά βακτήρια των ζυμώσεων, όσο πιο σύντομη είναι η φάση προσαρμογής τόσο πιο **γρήγορα θα ξεκινήσει η επιθυμητή ζύμωση**

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Τρόποι αύξησης του χρόνου
προσαρμογής (παραδείγματα)

- Η ψύξη για τα μεσόφιλα
βακτήρια – προϊόντα ψυγείου
- Η τροποποιημένη
ατμόσφαιρα για τα αερόβια –
συσκευασία



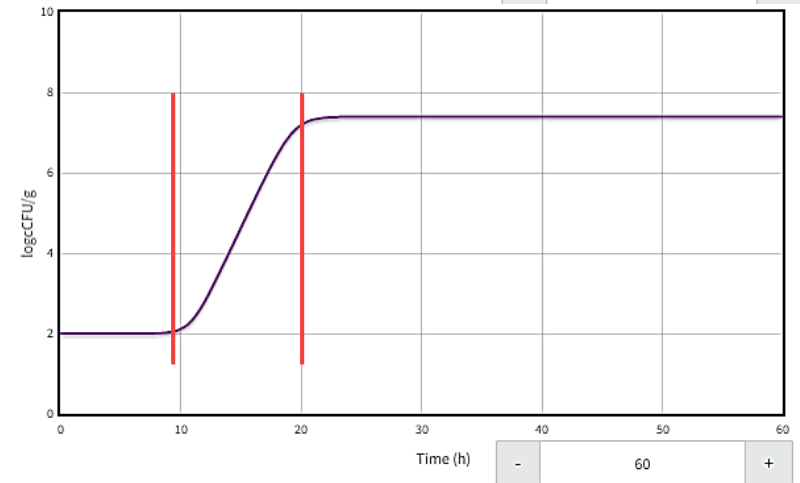
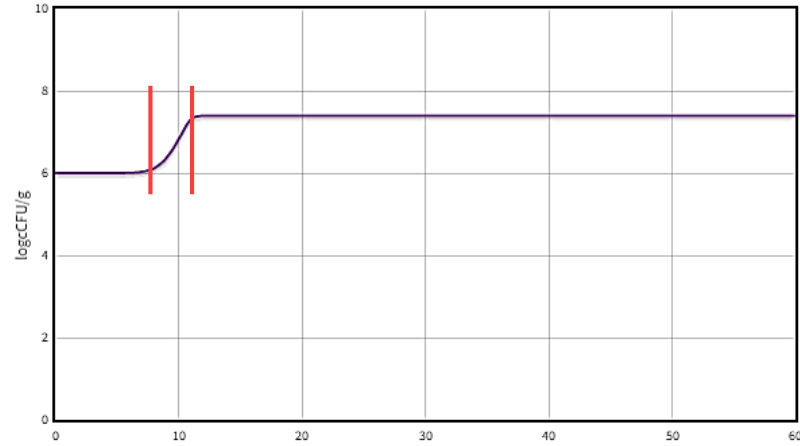
ΦΑΣΗ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Σύντομη σε επιθυμητά βακτήρια !
π.χ. ζυμώσεις

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Το αρχικό μικροβιακό φορτίο επηρεάζει σημαντικά το χρόνο της λογαριθμικής φάσης ανάπτυξης ...

Όσο πιο υψηλό το αρχικό μικροβιακό φορτίο τόσο πιο σύντομη η λογαριθμική φάση (... γιατί ?)



ΤΕΛΟΣ
ΕΝΟΤΗΤΑΣ
04