

نمو البكتريا وتكاثرها **Bacterial growth and population**: يمكن تعريف النمو في الكائنات الحية عموما بأنه

الزيادة الحاصلة في عموم المكونات الكيميائية للكائن الحي ، وان الزيادة في مجموع الكتلة لا تعني بالضرورة نمو الكائن الحي فهي قد تكون نتيجة تخليق وتجميع مادة تخزينية خلوية مثل النشا الحيواني دون ان يرافق هذه العملية تخليق المواد الحيوية الأساسية المتمثلة بالبروتينات والحوامض النووية ويحدث النمو عادة نتيجة الانقسام الخلوي وهذا يؤدي الى زيادة في حجم الكائن الحي المتعدد الخلايا اما في الاحياء وحيدة الخلية فانه يؤدي الى زيادة في عدد الافراد .

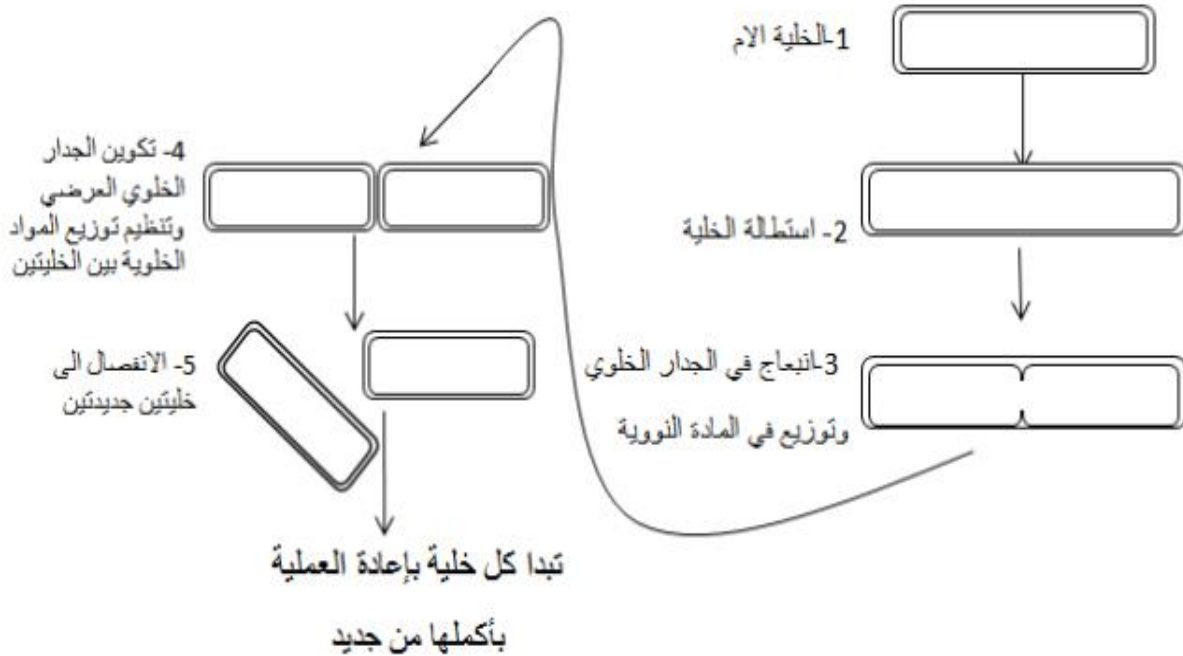
الانقسام الخلوي Cell Division: تتضاعف جميع الخلايا الخضرية Vegetative cell حيوانية كانت ام نباتية او التي تمثل كائنا حيا بذاتها عن طريق الانقسام الخلوي غير الجنسي (الا ان هذا التقسيم لا يسري على الفيروسات) وينتج الانشطار عن انقسام الخلية الى خليتين او اكثر . وان كلا من هذه الخلايا المتولدة تستمر في الانشطار او الانقسام غير الجنسي الى ما لانهاية بشرط توافر الغذاء والطاقة اللازمين لديمومة النمو والتكاثر فضلا عن توفر الظروف البيئية المناسبة من الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة الى كمية الاوكسجين وتتكاثر معظم البكتريا عن طريق الانشطار الثنائي العرضي transverse binary fission وتشمل عدة مراحل :

١ - استطالة الخلية cell elongation وتضاعف المادة النووية جزئيا .

٢ - انبعاج في الجدار الخلوي وتوزيع المادة النووية .

٣ - تكوين الجدار الخلوي العرضي وتنظيم توزيع المواد الخلوية بين الخليتين .

٤ - تبدأ كل خلية بإعادة العملية بأكملها من جديد .



شكل يوضح تضاعف الخلية البكتيرية عن طريق الانشطار الثنائي

معدل النمو للمايكروبات أحادية الخلية ذات مدى واسع ومتباين ويكون قصير جدا عند توفر الظروف الملائمة للنمو ويمكن مشاهدة اعلى سرعة للتضاعف تصل الى عشرة دقائق (بكتريا *E.coli* تتضاعف كل 10 دقائق) وقد تصل الى 24 ساعة للاحياء المجهرية او اكثر للابتدائيات بطيئة النمو *Slow-growing protozoa* وبصورة عامة فترة تضاعف الغالب من البكتريا يتراوح بين 30-60 دقيقة حيث يصل عدد البكتريا المتضاعف من خلية واحدة الى بليون خلال 24 ساعة وهذا يفسر قدرة مشاهدة المزارع البكتيرية في الأوساط السائلة او الصلبة خلال فترة حضانة تتراوح بين 24-48 ساعة .ان النمو في الاحياء المجهرية يصل نتيجة الانقسام الخلوي الا انه في بعض الأحيان يحصل النمو دون الانشطار مثل بعض البكتريا العسوية التي لا تستطيع القيام بعملية الانشطار بسبب تأثير عوامل خارجية كثيرة ، فهي تحت هذه الظروف تعاني من استنساخ المادة النووية ونمو الجدار الخلوي والغشاء الساييتوبلازمي والمحتويات الخلوية الا انها لا تنشط وانما تطول وتنمو الى خيوط طويلة غير مجزئة اما العوامل المانعة للانشطار فهي كثيرة منها الصابون والاملاح الصفراء والاشعة فوق البنفسجية وبعض المضادات الحيوية بالإضافة الى النقص في المواد المغذية او حدوث الطفرات .ان البكتريا تستطيع ان تتكاثر بطرق أخرى غير الانشطار الثنائي العرضي ففي بعض الأنواع مثل رتبة الاكتينوميستات يحصل نمو خيطي يتبعه تجزؤ هذه الخيوط الى وحدات صغيرة تنمو الى خلايا بالحجم الاعتيادي وهناك أنواع أخرى مثل الاحياء التابعة لرتبة الـ *Hyphomicrobiales* تتكاثر عن طريق التبرعم حيث ينفصل البرعم من الخلية الام بعد ان يصل الى حجم معين وينمو بعدها الى خلية كاملة .

قياس النمو البكتيري : Measurement of bacterial Growth

يتم حساب التجمعات البكتيرية بصورة كمية في الوسط السائل *Fluid culture* او بحساب المستعمرات البكتيرية في الوسط الصلب ويتم ذلك بحساب :

عدد الخلايا *Cell count* ، كثافة الخلايا *Cell density* ، او كتلة الخلايا *Cell mass*

ويتم تعداد الخلايا بطريقتين رئيسيتين وهي :

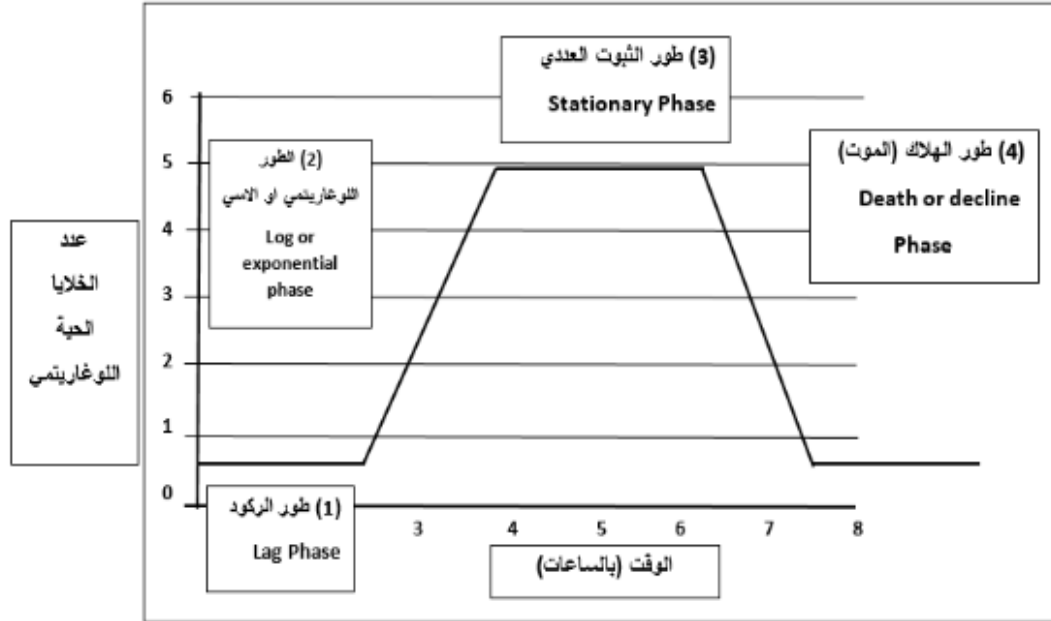
١ - العدد الكلي *total count* 2- التعداد الحي *viable count*

منحنى النمو البكتيري : Growth curve

مثال لحساب منحنى النمو البكتيري : نفترض ان لدينا مزرعة سائلة لبكتريا القولون *Escherichia coli* وقد وفرنا لها كل مستلزمات النمو من درجة حرارة ورقم هيدروجيني ومواد مغذية وغيرها ... عندها نتوقع ان خلايا هذه المزرعة ستنمو وتنقسم او تتضاعف بمعدل ثابت .

ويمكن الاستمرار في الحساب لمدة 24 ساعة ان العدد الخلوي قد يصل الى عدة ملايين من الخلايا في الملتر الواحد (لهذا ترسم العلاقة على ورقة بيانية شبه لوغاريتمية) .

مراحل النمو البكتيري :منحنى النمو يحتوي على عدة أجزاء تبدأ بمرحلة ابتدائية لا يظهر فيها أي نمو يتبعها مرحلة نمو سريعة ثم مرحلة توقف في النمو يليها تناقص في العدد الحي وهناك مراحل انتقالية تتوسط المراحل الأربعة الرئيسية :



شكل يوضح منحنى النمو البكتيري Bacterial growth phases

١ - طور الركود Lag phase أو الطور الكامن Latent phase :

هي الفترة التي تحتاجها خلية معمرة مزروعة في وسط غذائي طازج تحت ظروف بيئية مناسبة تبقى مؤقتاً كما هي لا تتغير ولا تنقسم لمدة قد تطول أو تقصر اعتماداً على نوع البكتريا وهذا لا يعني ان الخلايا خاملة أو ساكنة بل يزداد حجمها بشكل ملحوظ لتجمع الحامض النووي وتخليق الانزيمات والانزيمات المساعدة coenzyme وبكميات مناسبة لعمليات التمثيل الغذائي التي تحدث داخل الخلية .

٢ - الطور اللوغاريتمي Exponential or Logarithmic phase :

تقوم الخلايا في هذا الطور بالانشطار بصورة منتظمة وبمعدل ثابت وان الخط البياني الذي يربط لوغاريتم العدد البكتيري والوقت هو خط مستقيم والعلاقة بينها هي علاقة طردية .

مميزات الطور :

- تكون الخلايا خلال هذا الطور متساوية تقريباً من ناحية المكونات الكيميائية والفعاليات الايضية والخصائص الايضية الأخرى .
- عدد الخلايا الحية يتساوى مع العدد الكلي وذلك لان نسبة الخلايا الميتة تكون واطنة جداً وان الخلايا جميعها خلايا فنية نشطة .

ت. ان حجم الخلايا في هذا الطور يكون في حده الأدنى .

ث. الغشاء الساييتوبلازمي او الجدار يرق بشكل ملحوظ وان فعالية الخلية الايضية تكون في اوج نشاطها .

ج. الخلايا في هذا الطور اكثر حساسية للمؤثرات البيئية الخارجية للمضادات الحيوية .

ويدعى الوقت اللازم لانشطار الخلية الواحدة الى خليتين اثنتين بعمر او زمن الجيل **Generation Time** وهو ثابت

بالنسبة للنوع البكتيري اذا ما ثبتت الظروف البيئية فاذا بدانا بخلية واحدة فستتضاعف خلال مدة معينة من الوقت الى

خليتين ثم الى اربع خلايا لنفس المدة من الوقت وهكذا الى ثمانية ... ستة عشر ... وان المدة الفاصلة بين كل

انشطارين تبقى ثابتة وبذلك يمكن حساب عدد الخلايا الناتجة بعد فترة معينة من الزمن (زمن التجربة) وحساب عمر

الجيل ضمن المعادلة الرياضية التالية :

ن(المدة الزمنية لإنجاز التجربة)

ح (عمر الجيل) =

ع (عدد الأجيال)

ع=3,3 او ب ١ أ = عدد الخلايا المزروعة التي بدانا بها عند الوقت صفر .

ب= عدد الخلايا بعد مدة معينة من الوقت .

٣ - طور الثبوت والاستقرار **Stationary phase** :

يمثل ثبوت العدد البكتيري نتيجة التوقف التام للانشطار الخلوي او ربما نتيجة التوازن بين معدل الانشطار ومعدل الموت

للخلايا وذلك نتيجة قلة المواد المغذية ، تجمع المواد التالفة والسامة وتغير الاس الهيدروجيني .

٤ - طور الموت **Decline or death phase** :

في هذا الطور يتغلب معدل موت الخلايا على معدل انشطارها ويكون موت الخلايا لوغاريتميا اي ان الخلايا تموت بمعدل

ثابت ويحدث موت الخلايا نتيجة نفاذ المواد الغذائية الرئيسية وتجمع المواد التالفة والسامة مثل الحوامض .

٥ - المراحل الانتقالية بين اطوار النمو :الملاحظ عند انتقال المزرعة تدريجيا من طور الى اخر وهذا يعني ان الخلايا ليست

جميعا في حالة عضوية واحدة متماثلة عند اقتراب المزرعة من الطور التالي .