Prof. Dr. Ahmed **Abdelhalim**
Associate Professor of Environmental & Earth Sciences
Cairo University, Faculty of Science, Giza, Egypt

دكتور احمد عبدالحليم مصطفى
استاذ الجيولوجيا البيئيه بكليه العلوم جامعه القاهره-مصر

ahmedabdelhalim@cu.edu.eg
+20 1009326921

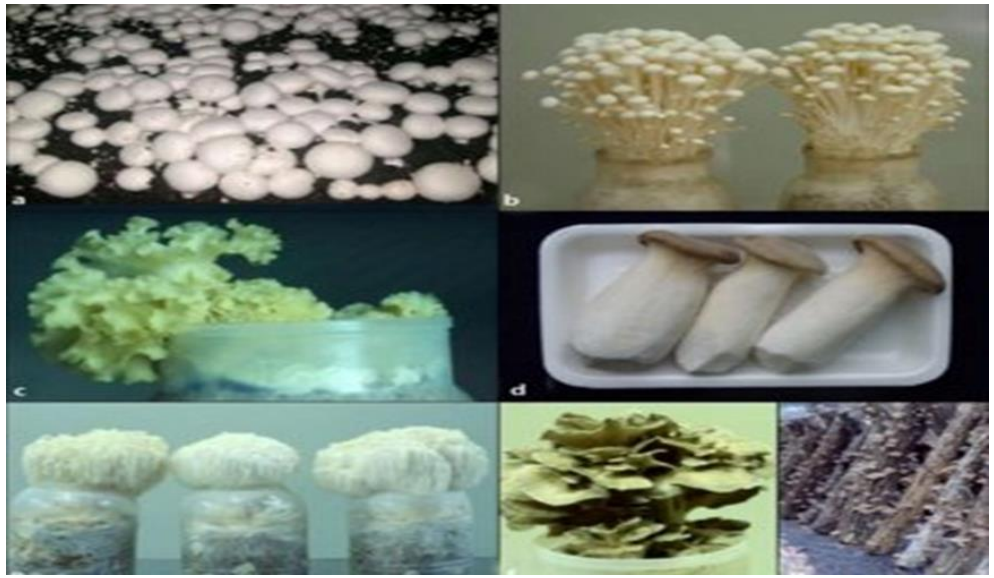
| Scopus | ORCID | Google Scholar | CU Scholar | Clarivate

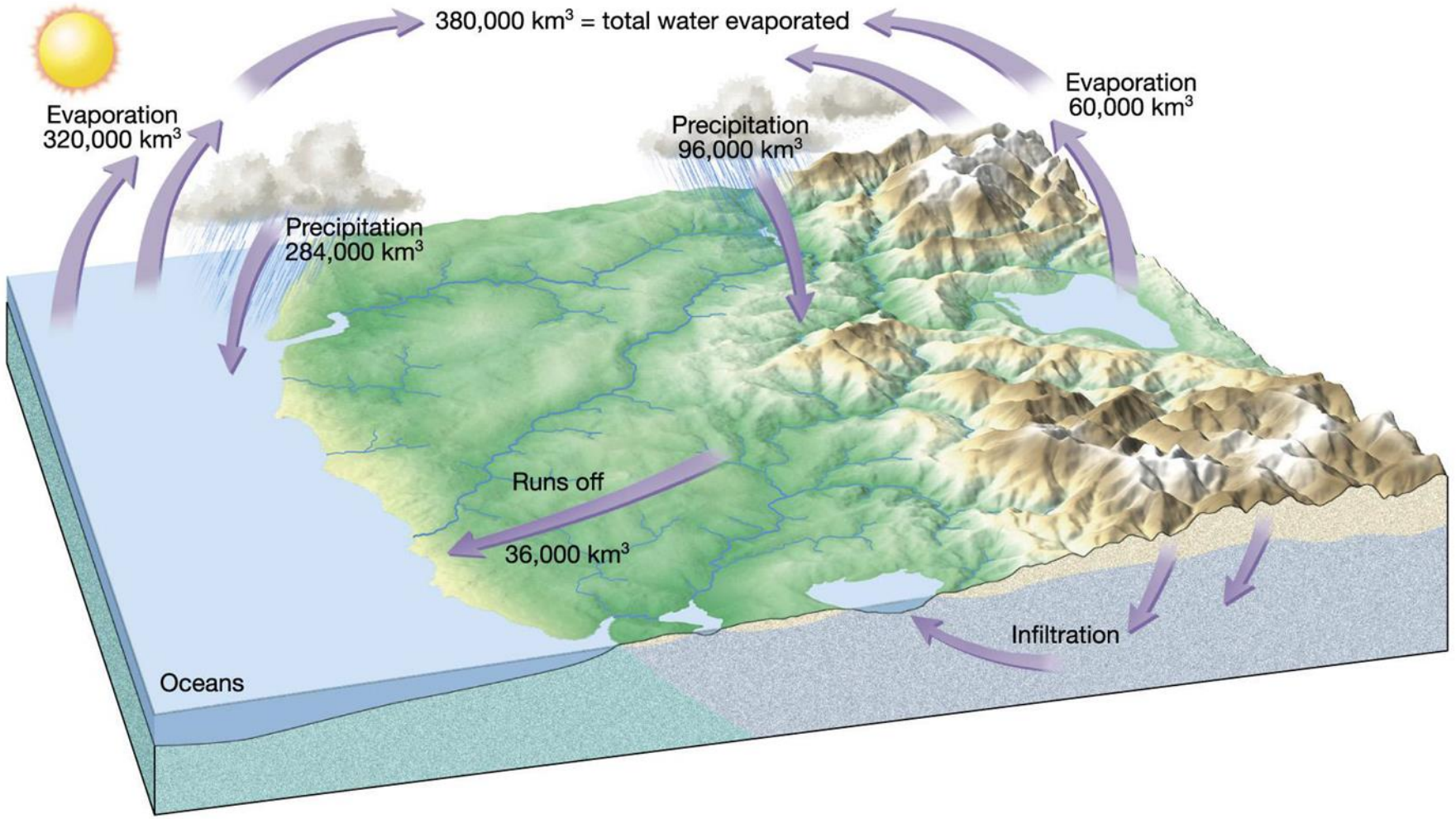
عنوان المحاضره

"اعاده تدوير المياه باستزراع الفطريات"

ضمن المحور السابع من محاور المبادرة الخمسة عشر بعنوان

"الإدارة المستدامة للمياه"



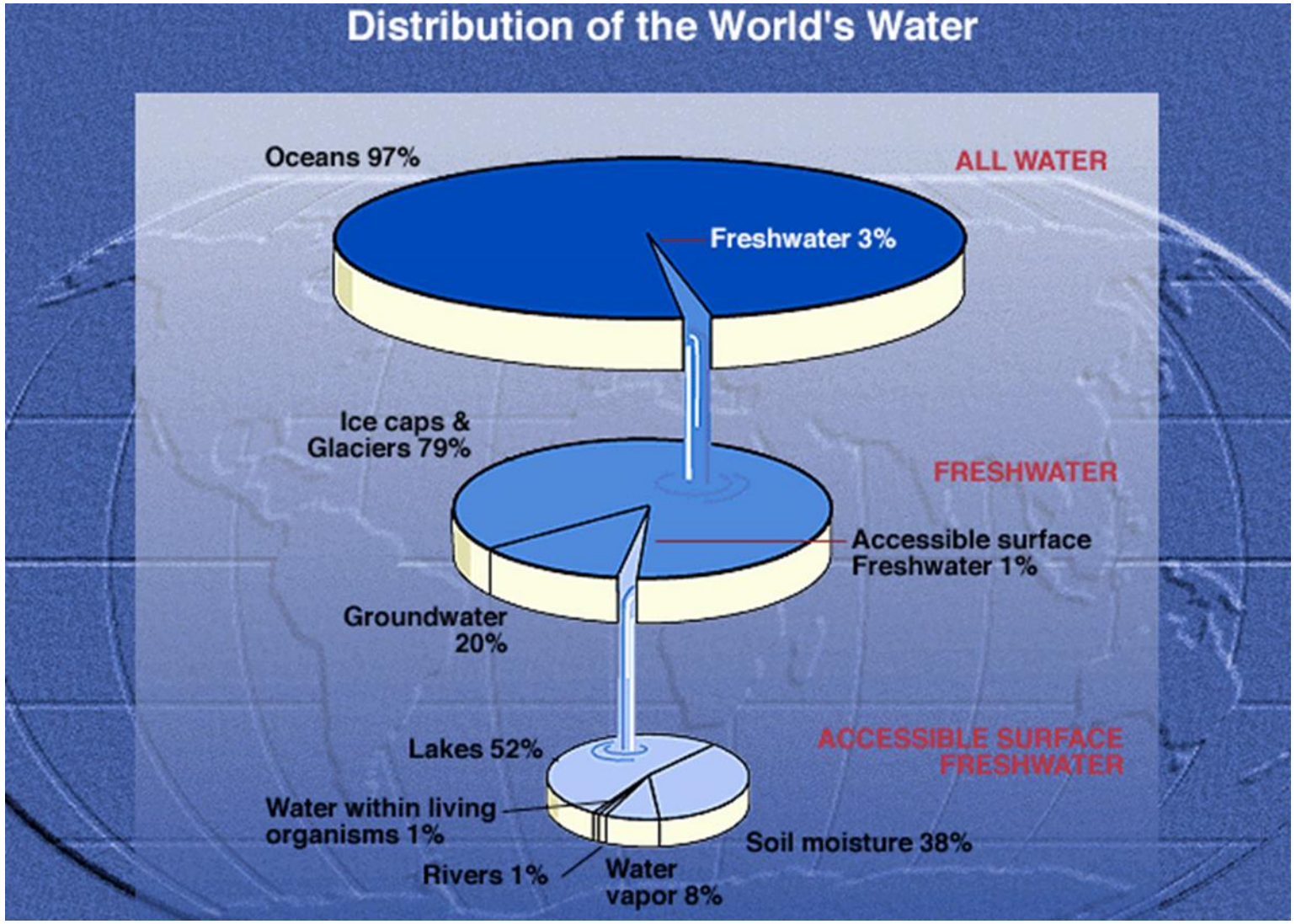


دوره المياه الارضيه

- المياه السطحيه العذبه تغطى حوالى 36000 كم مربع.
- بنسبه مياه عذبه بحوالى 3% فقط.

المياه العذبه 3%

- المياه العذبه السطحيه تمثل 1% من مجموع المياه العذبه بمختلف انواعها.
- يمثل مجارى الانهار نسبه 1% من المياه العذبه السطحيه.



معدلات مياه الصرف عالميا.

الملاحظات	المعدل/النسبة عالميًا	النوع
أعلى في الدول المتقدمة، أقل في النامية	100 – 250 لتر/فرد/يوم (متوسط ≈ 180 لتر)	**منزلي**
أكبر مصدر للصرف، يتأثر بنظام الري (غمر/رش/تنقيط)	>70% من استهلاك المياه العالمي	**زراعي**
يختلف حسب الصناعة (5–300 م³/طن منتج)	≈ 20% من إجمالي مياه الصرف	**صناعي**
80% من مياه الصرف عالميًا تُصرف دون معالجة كافية	مرتفعة الدخل: 70%متوسطة الدخل: 38%منخفضة الدخل: <10%	**نسبة المعالجة**

•UN-Water, *Progress on Wastewater Treatment – 2024 Update*. UN-Water

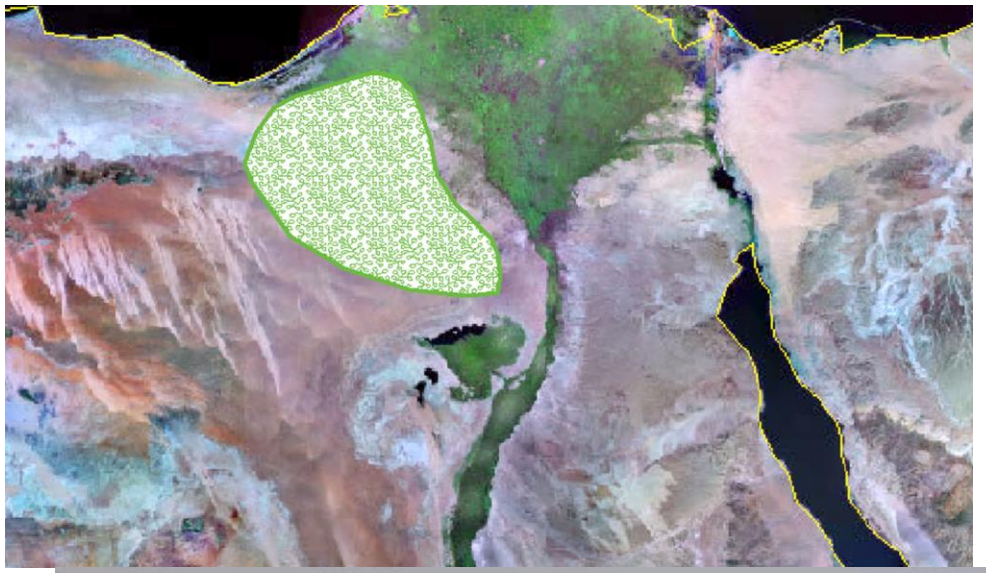
معدلات مياه الصرف فى الترع بمصر

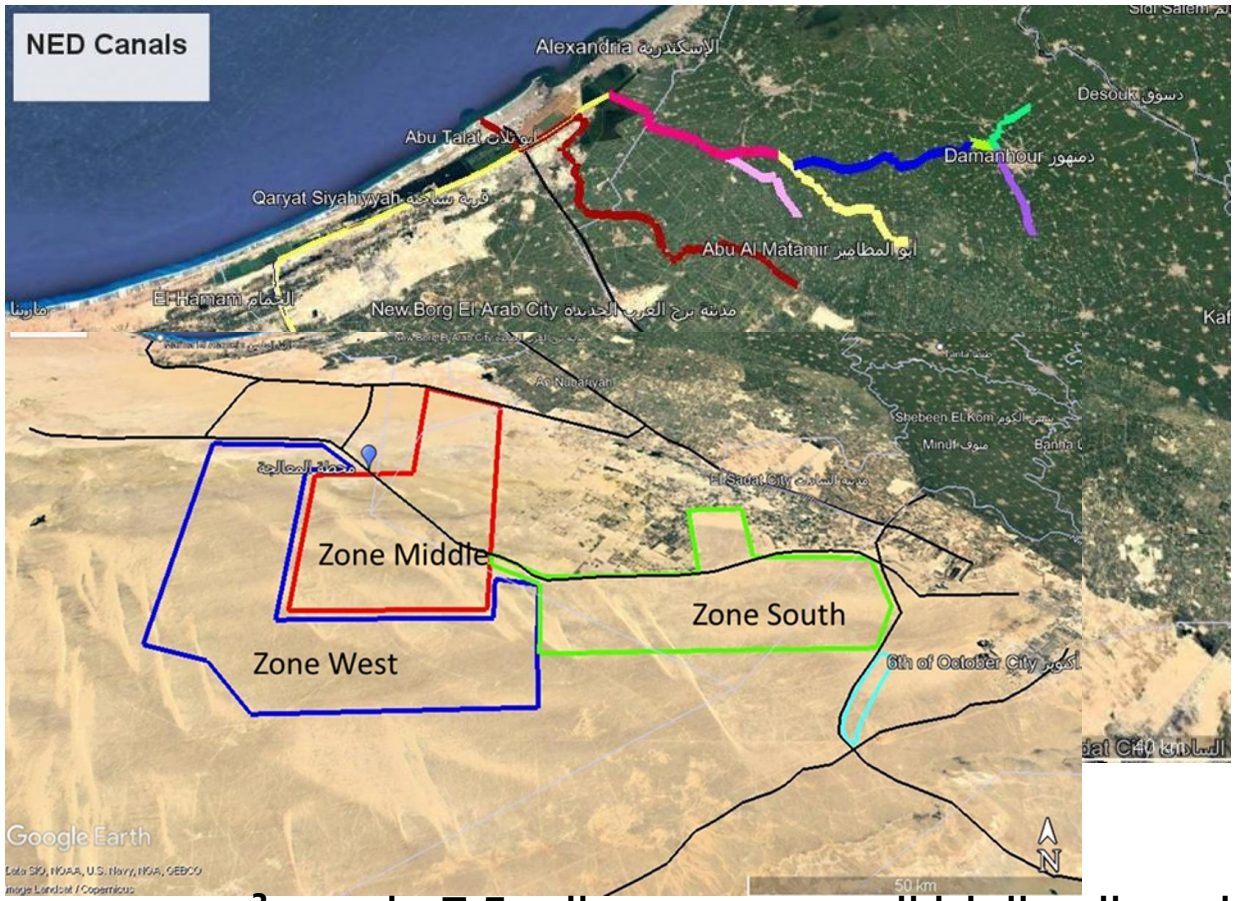
- إجمالى الموارد المائية المتاحة فى مصر حوالى 80-70**مليار م^3/سنوياً** .(2023)
- نصيب مياه النيل حوالى **55 مليار م^3/سنوياً**.
- وفقا للنسبه العالميه فمياه الصرف الزراعى ممكن ان تصل حوالى 40-35 مليار م^3.
- مياه الصرف الزراعى المستهدف اعاده استخدامها تقدر بحوالى **15 – 13مليار م^3/سنوياً**.
- مياه الصرف الصحى والصناعى المستهدف المعالجة تصل إلى حوالى **6 – 5مليار م^3/سنوياً.**
- تمثل مياه الصرف (الزراعى + الصحى + الصناعى) **حوالى من 25 %**من الموارد المائية المتجددة فى مصر.
- أهم مناطق تجميع الصرف :**الترع والمصارف فى الدلتا ووادي النيل** مثل مصرف بحر البقر، مصرف المحسمة، مصرف كتشنر محطه تجميع المكس وغيرها .

FAO, *AQUASTAT – Global Information System on Water*

مقارنه بين المعالجه والتحليه

البند	معالجة الصرف	تحلية مياه البحر
التكلفة/م^3	6 – 3جنيه	18 – 12جنيه
الطاقة المطلوبة	منخفضة	عالية جداً
الجودة	زراعى/صناعى/شرب بعد معالجة متقدمة	شرب مباشرة
الانتشار	الدلتا – وادى النيل	السواحل (البحر الأحمر، المتوسط)
الجدوى	أوفر وأوسع للاستخدامات المختلفة	موجهة للشرب والمناطق الساحلية





محطه معالجه الدلتا الجديده بسعه حوالى 7.5 مليون م^3 وهى من اكبر نحطات العالم.

تحديات معالجه مياه الصرف:

- ارتفاع ملوحة مياه الصرف الزراعى.
- تلوث الصرف الصناعى بالمعادن الثقيلة.
- تداخل الصرف المنزلة والزراعى والصناعى.
- تكاليف محطات المعالجة الضخمة.
- الحاجة لمراقبة مستمرة لنوعية المياه.

الوضع العالمي لمعالجة مياه الصرف (حسب تقارير الأمم المتحدة وUNESCO)
80%من مياه الصرف في العالم تُصرف دون معالجة كافية.
الدول ذات الدخل المرتفع: تعالج حوالي **70% من مياه الصرف.**
الدول متوسطة الدخل: تعالج حوالي **38%** فقط.
الدول منخفضة الدخل: أقل من **10%.**

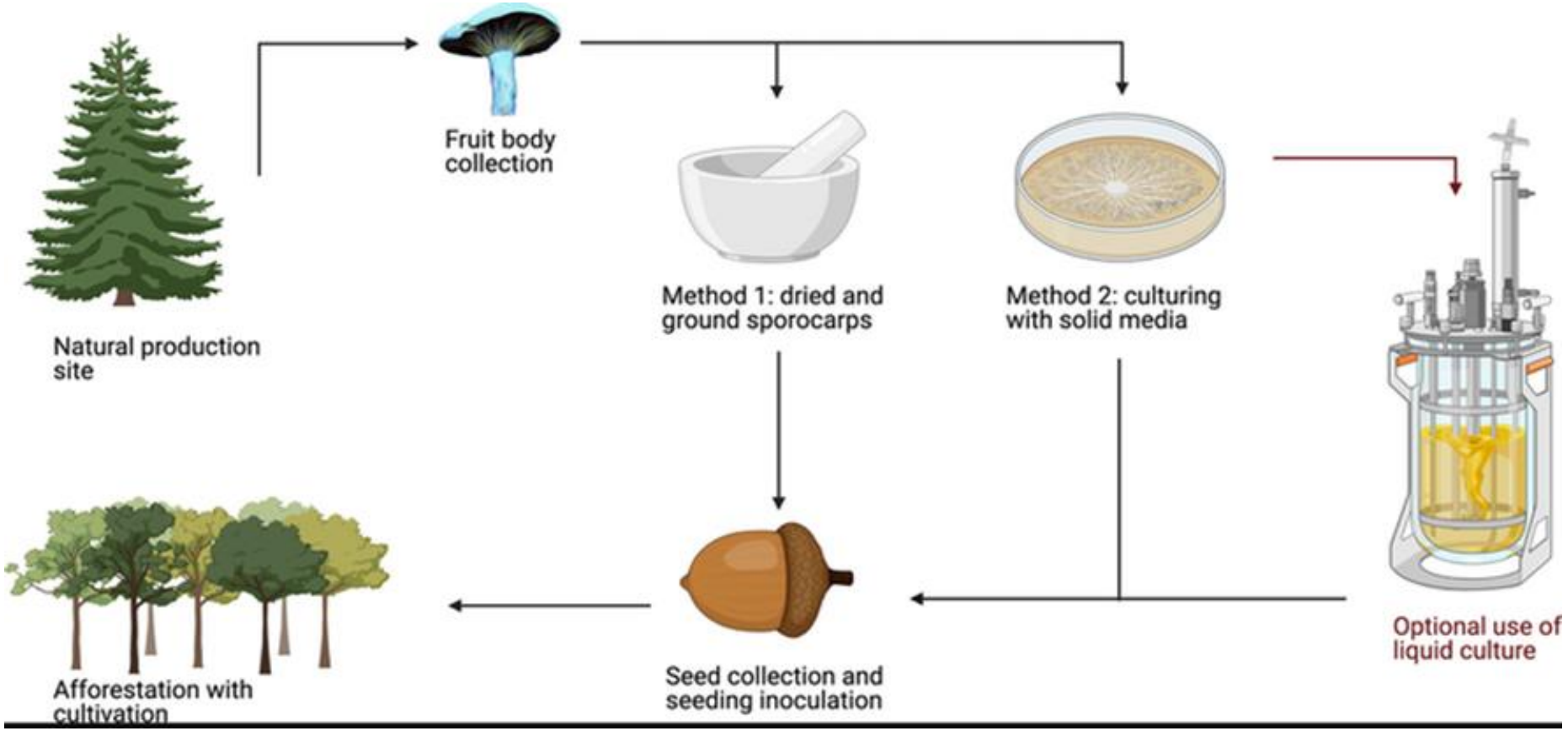
- **مفهوم المعالجة البيولوجية**

. تعتمد على **نشاط الكائنات الحية الدقيقة** فى تفكيك وتحليل المواد العضوية والملوثات.

. أهم طرق المعالجة البيولوجية باستخدام البكتريا الهوائيه (Aerobic) والاهوائيه (Anerobic) او المعالجة البيولوجية الطبيعية مثل البرك الأكسيدية (Stabilization Pond والأراضى الرطبة الصناعية (Constructed Wetlands).

. وفى الاونه الاخيره تطورت سريعا المعالجة بالفطريات **(Mycoremediation)** وهو من أحدث الاتجاهات فى معالجة مياه الصرف، وبيُعتبر امتداد للمعالجة البيولوجية.

Woon Yao Chai, Umahsreerekah Gopala Krishnan, Vikine for oyster mushrooms Pleurotus pulmonarius and Pleurotus floridanus, Future Foods, Vlume 4, 2021,



طريقه انبات المشروم و حقنه فى الاشجار حول الاراضى المستصلحه حديثا

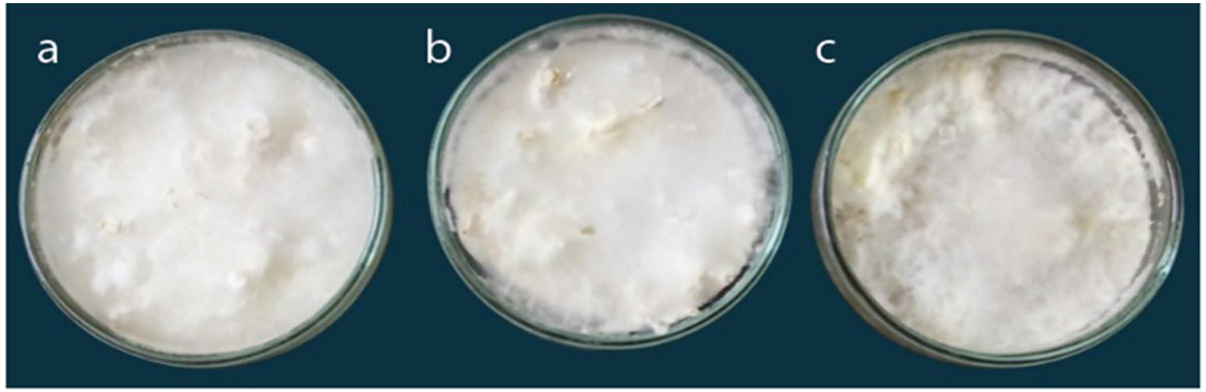
تطبيقات معالجة مياه الصرف بالفطريات

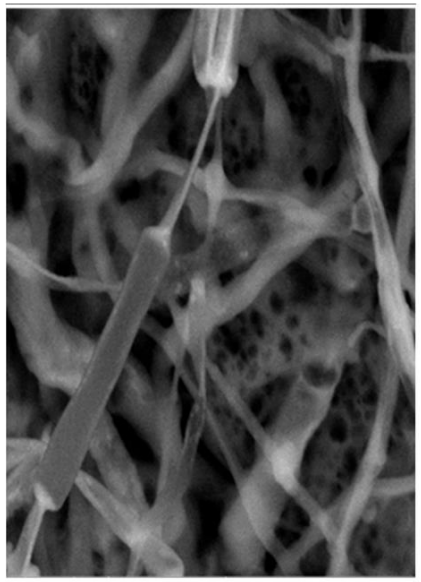
1. إزالة الملوثات العضوية:
تحلل الفطريات المواد العضوية والملونات (خاصة فى مياه الصرف الصناعى مثل مصانع النسيج).
2. إزالة المعادن الثقيلة:
الفطريات قادرة على امتصاص Bio-sorptionأو ترسيب المعادن الثقيلة مثل الكادميوم والرصاص والزنك.
3. إزالة الملوثات الدوائية والمركبات الصعبة التحلل:
مثل المضادات الحيوية، والهرمونات، ومركبات الهيدروكربون.

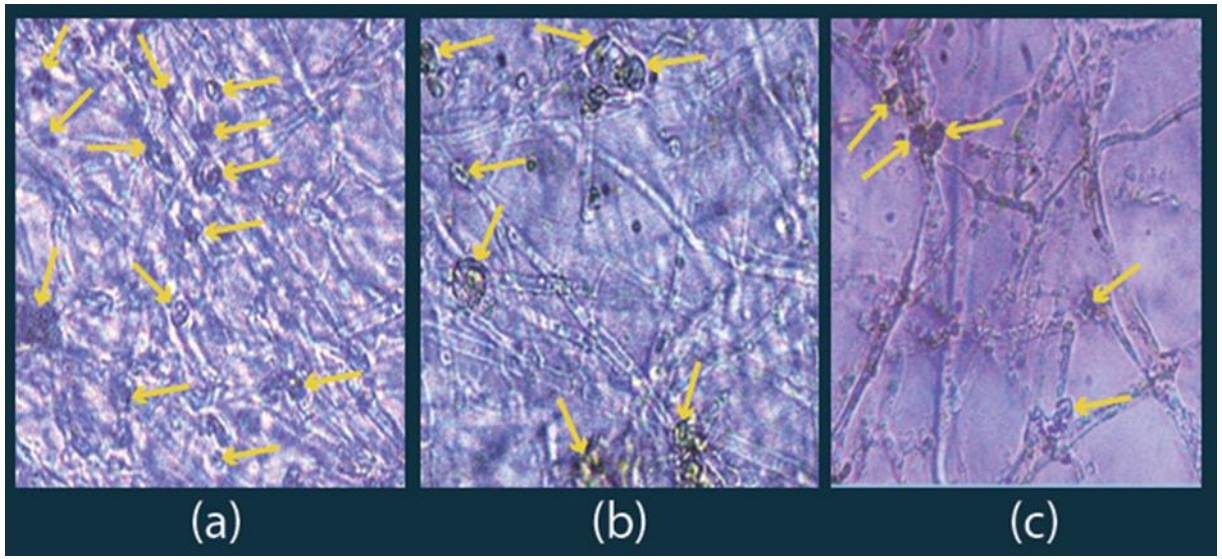
Pleurotus

العنصر	المعالجة البكتيرية	المعالجة بالفطريات
الآلية	تفكيك مواد بسيطة/متوسطة	إنزيمات قوية تكسر المركبات المعقدة
المجال الرئيسى	إزالة BOD وCOD	إزالة أصباغ، مبيدات، أدوية، معادن
سرعة النمو	سريعة	أبطأ نسبياً
الظروف البيئية	تحتاج ظروف مستقرة	تتحمل ظروف قاسية
المخاطر	آمنة نسبياً	قد تنتج سموماً
التكلفة	منخفضة	منخفضة
أمثلة	Pseudomonas ،E. coli	Pleurotus Trichoderma

* الفطريات المستخدمة ثلاثة أنواع من فطر المحار
  - ***Pleurotus*** ostreatus (PO)
  - ***Pleurotus*** pulmonarius (PP)
  - ***Pleurotus*** floridanus (PF)





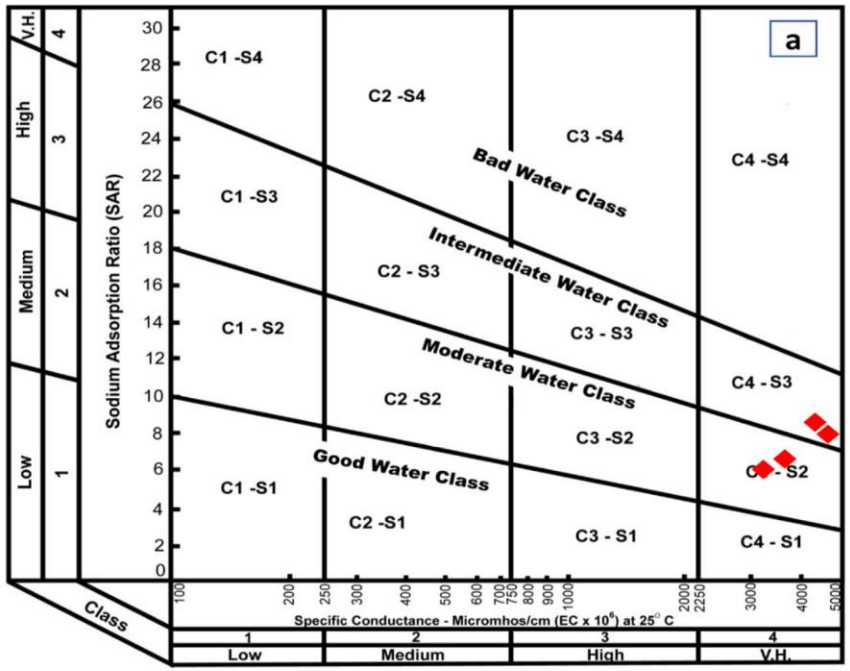


1. كفاءة إزالة المعادن الثقيلة

- أظهرت التجارب انخفاضًا ملحوظًا في تراكيز معظم المعادن الثقيلة عند معالجتها بالفطريات:
  - POأزال بكفاءة عالية **الألومنيوم(Al 53%) ، الكوبالت(Co 96%) ، الكروم(Cr 58%) ، النيكل (Ni 85%).**
  - PPأزال **الكادميوم(Cd 70%) ، السيليكون(Si 56%) ، القصدير(Sn 41%) ، السترونشيوم (Sr 53%، الفاناديوم.(V 96%)**
  - PFأظهر أفضلية في إزالة **الباريوم(Ba 88%) ، الحديد(Fe 47%) ، الموليبدينوم.(Mo 97%)**
- بعض العناصر مثل النحاس (Cu) والرصاص (Pb) لم تُكتشف بتراكيز قابلة للقياس.

* **آليات الإزالة**

- امتصاص المعادن على سطح الخلايا الفطرية.
- التراكم الحيوي داخل الخلايا.
- تكوين مركبات غير ذائبة تقلل السمية.



* **تقييم صلاحية المياه للري بعد المعالجة**

- أظهرت المياه المحسّنة **انخفاضًا كبيرًا في المعادن الثقيلة**، لكن ما زالت **مرتفعة الملوحة والصوديوم**.
- يمكن استخدامها في الري مع محاصيل متوسطه التحمل للملوحة وفي تربة جيدة الصرف مع تحسينات إضافية.

* الخصائص والاهميه

. الفطريات قادرة على **العمل بكفاءة في ظروف بيئية** صعبة (تغيرات حرارة، تجميد، جفاف).

. **يمكن استخدامها ميدانيًا** لأنها تستمر لفترات طويلة دون فقدان فعاليتها في حالة المعادن الثقيلة.

. الفطريات تمثل **حلًا بيئيًا مستدامًا ورخيصًا** لمعالجة مياه الصرف الزراعي مقارنة بالطرق الكيميائية والفيزيائية المكلفة والمسببة لتلوث ثانوي.

. تساعد على **إعادة استخدام مياه الصرف** وتقليل الضغط على المياه الجوفية.

. مناسبة للمشروعات القومية مثل **الدلتا الجديدة** حيث الحاجة لمصادر مياه بديلة.

استخدام معادن الطين لتحسين جوده الفطريات فى معالجه وتنقيه المياه

دور الزيوليت المستخلص من الطين في تنقية المياه

1. التحضير:

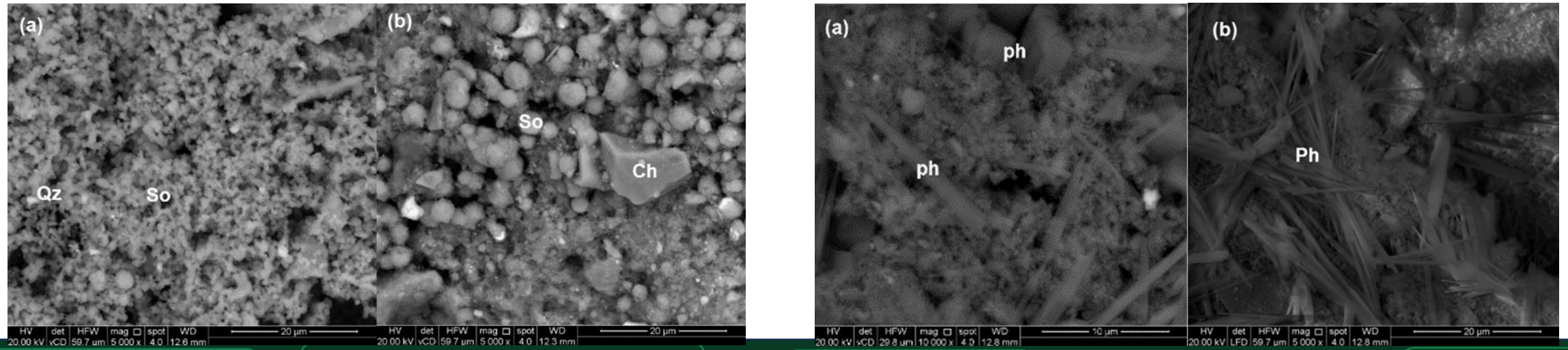
- يُستخلص الزيوليت صناعيًا من **الكولين والبنتونيت** بعد معالجات حرارية وكيميائية، باوكسيت كمصدر ألومينا.
- يتميز ببنية مسامية ثلاثية الأبعاد غنية بمواقع تبادل أيوني.

2. الخصائص:

- **قدرة عالية على التبادل الأيوني (CEC)** وصلت إلى 280 meq/100g في بعض العينات.
- **معدل Si/Al منخفض** ←يجعله محبًا للماء (Hydrophilic) وبالتالي فعال في إزالة المواد العضوية والملوثات القطبية.
- مسام دقيقة قادرة على احتجاز الأيونات والمعادن الثقيلة.

1. فعاليه الزيوليت في المعالجة:

- إزالة H_2S من مياه الصرف والغازات.
- إزالة **أيونات المعادن الثقيلة** مثل الكوبالت(Co^{2+}) ، السترونشيوم(Sr^{2+}) ، والسيزيوم (Cs^{+}) من مياه الصرف وحتى النفايات النووية.
- تقليل الملوحة وتحسين جودة المياه للاستخدام الزراعي.



دمج الزيوليت مع الفطريات لزيادة الفاعلية.

1. آلية الدمج:

- استخدام الزيوليت كـ **وسط داعم لنمو الفطريات**، حيث يعمل كركيزة صلبة مسامية تساعد على تثبيت الميسيليوم الفطري.
- الجمع بين **التحلل الحيوي (Biodegradation)** بواسطة الفطريات و**الامتصاص/التبادل الأيوني (Adsorption/Ion-exchange)** بواسطة الزيوليت.
- هذا التكامل يؤدي إلى:
  - إزالة فعالة للملوثات العضوية + غير العضوية معًا.
  - تقليل السمية وزيادة استقرار النظام في الظروف البيئية القاسية.

الدمج (زيوليت + فطريات)	الفطريات(*Pleurotus* spp.)	الزيوليت المستخلص من الطين	العنصر
إزالة المعادن الثقيلة + الملوثات العضوية معًا	الملوثات العضوية (مبيدات، مركبات كربونية، مواد سامة معقدة)	المعادن الثقيلة (Co, Sr, Cs, Fe, Mo)، الغازات السامة (H_2S)، الأملاح	الملوثات المستهدفة
تكامل بين الامتصاص الفيزيائي والتحلل الحيوي	تحلل حيوي بالإنزيمات (Biodegradation) + امتصاص حيوي	تبادل أيوني + امتصاص داخل المسام البلورية	آلية المعالجة
-رفع الكفاءة الكلية للمعالجة - تغطية نطاق أوسع من الملوثات - نظام أكثر استدامة واستقرارًا	-إنتاج إنزيمات قادرة على تكسير الملوثات المعقدة -يعمل في ظروف بيئية مختلفة (حرارة، جفاف)	-سعة تبادل أيوني عالية (CEC ≈ 250–280 meq/100g) - محب للماء (Si/Al منخفض -) فعّال في خفض الملوحة	المميزات
فلاتر أو أعمدة ترشيح هجينة (Bio-zeolite filters) مفاعلات حيوية متكاملة	معالجة مياه الصرف الزراعي والصناعي الغنية بالملوثات العضوية	معالجة النفايات السائلة والنووية تحسين مياه الري عالية الملوحة	الاستخدامات العملية

THANK YOU

شكرا لحسن الاستماع