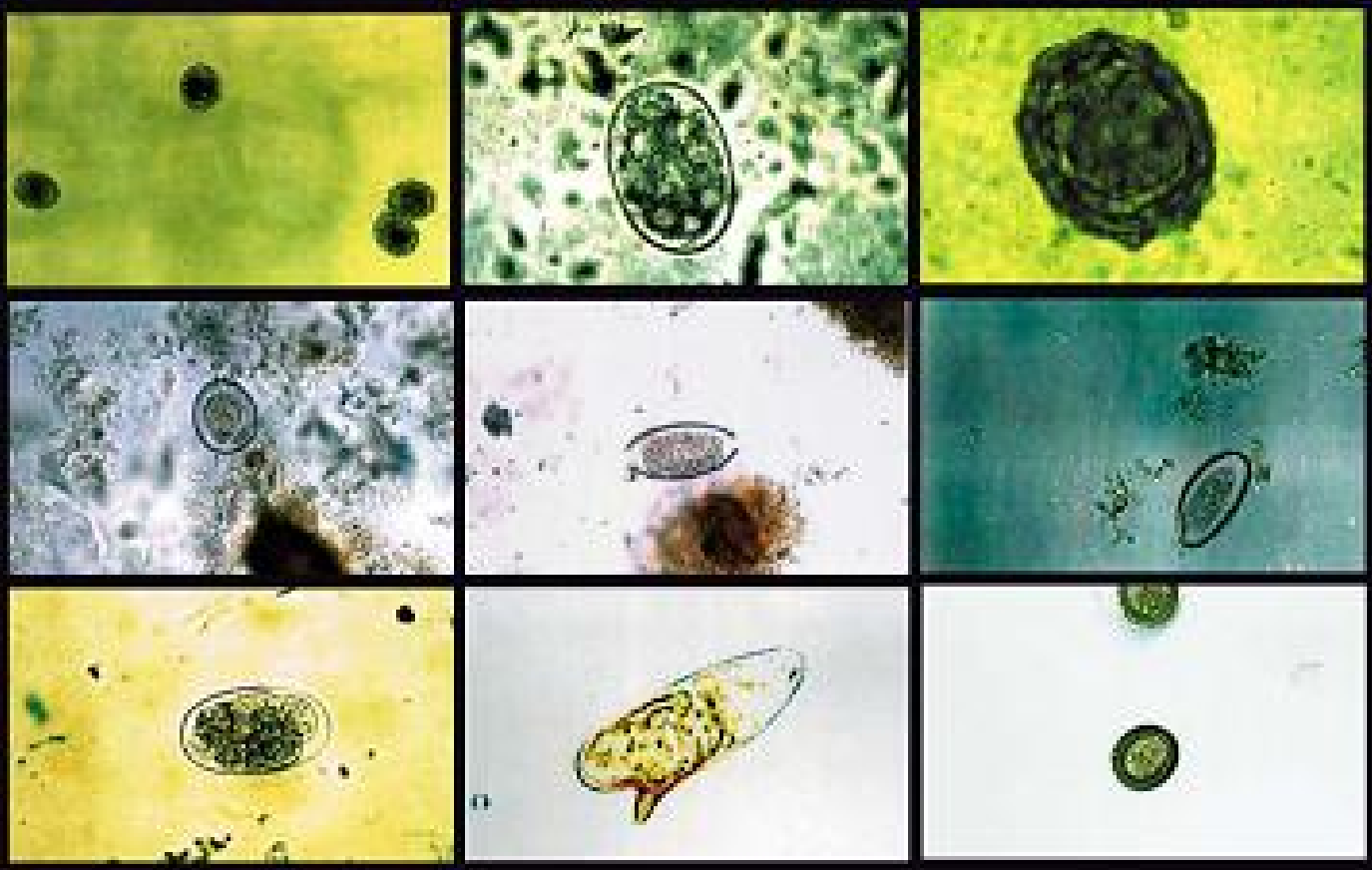
الدليل الشامل

الطفيليات ذات الأهمية الصحية



منظمة الصحة العالمية
المكتب الإقليمي لشرق المتوسط
المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة
عمان-الأردن ٢٠٠٣

الدليل الشامل

الطفيليات ذات الأهمية الصحية

منظمة الصحة العالمية
المكتب الإقليمي لشرق المتوسط
المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة
عمان – الأردن، 2003

ترحِّب منظمة الصحة العالمية بطلبات الحصول على الإذن باستنساخ أو ترجمة منشوراتها جزئياً أو كلياً. وتوجِّه الطلبات والاستفسارات في هذا الصدد إلى السيد مدير الإدارة العامة، المكتب الإقليمي لمنظمة الصحة العالمية لشرق المتوسط، شارع عبد الرزاق السنهوري، مدينة نصر، القاهرة 11371، جمهورية مصر العربية، الذي يسرُّه أن يقدِّم أحدث المعلومات عن أي تغييرات تطرأ على النصوص، وعن الخطط الخاصة بالطبعات الجديدة، وعن الترجمات والطبعات المتكررة المتوافرة.

© منظمة الصحة العالمية، 2003

تتمتع منشورات منظمة الصحة العالمية بالحماية المنصوص عليها في البروتوكول الثاني للاتفاقية العالمية لحقوق الملكية الأدبية، فكل هذه الحقوق محفوظة للمنظمة.

وإن التسميات المستخدَمة في هذه المنشورة، وطريقة عرض المادة التي تشتمل عليها، لا يقصد بها مطلقاً التعبير عن أي رأي لأمانة منظمة الصحة العالمية، بشأن الوضع القانوني لأي قطر، أو مقاطعة، أو مدينة، أو منظمة، أو لسلطات أيٍّ منها، أو بشأن تعيين حدود أيٍّ منها أو تخومها.

ثم إن ذكر شركات بعينها، أو منتوجات جهة صانعة معيَّنة، لا يقصد به أن منظمة الصحة العالمية تخصُّها بالتزكية أو التوصية، تفضيلاً لها على ما لم يَرِدْ ذكرُه من الشركات أو المنتوجات ذات الطبيعة المماثلة.

يمكن التوصّل إلى النص الكامل لهذه المنشورة عن طريق الإنترنت
http://www.emro.who.int/ceha/publication.asp

شكر وتقدير

يعرب مركز منظمة الصحة العالمية الإقليمي لأنشطة صحة البيئة عن شكره للتالية أسمائهم وذلك عن جهودهم المتعددة في إخراج هذه الوثيقة العلمية:

التأليف: الدكتورة منى يعقوب هندية/ رئيسة قسم علوم البيئة في جامعة العلوم والتكنولوجيا

المراجعة العلمية ومؤلف مشارك للأجزاء التاسع والعاشر:
الدكتور المهندس صقر السالم/ المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة

التدقيق اللغوي: الدكتور قاسم سارة/ المكتب الإقليمي لشرق المتوسط

مترجم النسخة العربية: السيد ايهاب الرجبي/ الجمعية العلمية الملكية

المراجعة والاخراج الفني: المهندس مازن ملكاوي/ المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة
المهندس أحمد الكوفحي/ المدير التنفيذي لجمعية البيئة الأردنية
السيدة رهام اليمن/ المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة

تصوير اللوحات المجهرية الملونة: الدكتور أحمد شوغان/ المستشفى الإسلامي - الأردن

مراجعة علمية استشارية: الأستاذ الدكتور سامي عبد الحافظ/ عميد كلية البحوث والدراسات العليا- جامعة اليرموك- الأردن
الأستاذ الدكتور أحمد أبو بكر ابراهيم/ استاذ الطفيليات ومدير المدرسة الطبية والعلوم التقنية- جامعة النيلين- السودان
الدكتور عبد الحميد غربي/ المخبر الإقليمي للصحة العامة- مديرية الصحة الجهوية- نابل
الدكتور Lorenzo Savioli / منسق وحدة الأمراض الطفيلية والسيطرة على النواقل PVC (Parasitic Diseases and Vector Control) - منظمة الصحة العالمية- جنيف

الدعم المالي: الصندوق العربي للتنمية الاقتصادية والإجتماعية / الكويت

فهرس المحتويـــــات

شكر وتقدير		iii
المختصرات		vi
الفصل الأول	**الطفيليات ذات الأهمية الصحية**	**1**
1-1	المقدمة	1
2-1	تصنيف الديدان ذات الأهمية الطبية وعلاقتها بالإصحاح	2
3-1	تعريف بيوض الديدان المعوية الطفيلية وخصائصها	5
4-1	دورات الحياة	18
الفصل الثاني	**العوامل المؤثرة في مصير بيوض الديدان الطفيلية**	**23**
1-2	العوامل الفيزيائية المؤثرة في بقاء بيوض الديدان الطفيلية	23
2-2	العوامل الكيميائية المؤثرة في بقاء بيوض الديدان المعوية الطفيلية	32
3-2	العوامل البيولوجية المؤثرة في بقاء بيوض الديدان الطفيلية	34
الفصل الثالث	**بقاء الديدان المعوية الطفيلية وإزالتها في المخلفات السائلة الخام والحمأة**	**35**
1-3	ظهور بيوض الديدان الطفيلية وبقاؤها في المياه العادمة الخام	35
2-3	التخلص من الديدان الطفيلية بوساطة محطات معالجة المخلفات السائلة	36
3-3	ظهور بيوض الديدان الطفيلية في الحمأة وبقاؤها	41
الفصل الرابع	**بيوض الديدان الطفيلية بوصفها مؤشرات في المخلفات السائلة والحمأة**	**45**
الفصل الخامس	**دلائل النوعية الميكروبيولوجية لاستخدامات المخلفات السائلة والحمأة في الزراعة**	**47**
1-5	دلائل إعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة في ري المحاصيل الزراعية	47
2-5	دلائل إعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة في برك تخصيب الأسماك (مزارع الأسماك)	48
3-5	أنظمة استغلال الحمأة في الزراعة ودلائلها	49
الفصل السادس	**المهارات المخبرية**	**51**
1-6	معايرة المجهر وتجهيزه	51
2-6	استخدام المنبذة	52
الفصل السابع	**طرق كشف بيوض الديدان الطفيلية وتعدادها في المخلفات السائلة والحمأة**	**53**
1-7	المقدمــة	53
2-7	التحديد الكمي لبيوض الديدان المعوية الطفيلية في المخلفات السائلة	55
الفصل الثامن	**تحديد عيوشية بيوض الديدان المعوية الطفيلية**	**61**
1-8	المقدمة	61
2-8	استخدام الملونات الحياتية الأساسية بوصفها طريقة افتراضية في تحديد عيوشية بيوض دودة الصفر	64
3-8	استخدام ن- البيوتانول لتحديد عيوشية بيوض دودة الصفر	65
4-8	طريقة تعداد وتحديد العيوشية لبيوض الديدان المعوية الطفيلية في الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة وتحديد عيوشيتها	65
5-8	طريقة تحليلية لتحديد عدد بيوض الديدان المعوية الطفيلية العيوشة الموجودة في الحمأة	66

الفصل التاسع	**مراقبة ورصد المياه والحمأة المعالجة للاستخدام الزراعي**	**69**
1-9	المقدمة	69
2-9	الملوثات والدلائل	69
3-9	دلائل المراقبة والرصد	71
4-9	برامج المراقبة	75
5-9	متطلبات الرصد وإصدار التقارير	75
6-9	الطرق التحليلية	79
7-9	اعتبارات أخرى لترسيخ متطلبات المراقبة	80
8-9	مراقبة الحمأة البلدية	81
9-9	متطلبات إعداد التقارير وحفظها	81
الفصل العاشر	**الجوانب الصحية لاستخدام المخلفات السائلة المعالجة في الزراعة وتربية الأحياء المائية**	**83**
1-10	المقدمة	83
2-10	الجوانب الصحية	83
3-10	الشواهد الوبائية	84
4-10	دلائل إعادة استخدام المخلفات السائلة للزراعة وتربية الأحياء المائية	85
5-10	التدابير المستخدمة لتقليل المخاطر الصحية نتيجة إعادة استخدام المخلفات السائلة	92
6-10	تكامل الإجراءات المختلفة للحماية الصحية	92
7-10	قضايا صحية خاصة	94
معجم المصطلحات		**96**
ملحق (1)	السمات الوبائية الأساسية للممرضات المفرغة حسب الفئة البيئية	**99**
ملحق (2)	تحضير محاليل العمل الخاصة بالملونات الحياتيـــة	**101**
ملحق (3)	معيان فانفير الخاص بجمع عينات الحمأة والرواسب	**101**
المراجع		**102**

المختصرات

BOD	: الحاجة البيولوجية للأوكسيجين.
COD	: الحاجة الكيميائية للأوكسيجين.
°م	: درجة مئوية.
كغم	: كيلو غرام، وحدة وزن.
غم	: غرام، وحدة وزن.
مغم	: مليغرام، وحدة وزن.
مل	: مليلتر، وحدة حجم.
مم	: مليمتر، وحدة قياس.
مكم	: مايكرومتر، وحدة قياس، تعادل 1000/1 من الميليمتر.
كراد (Krad)	: وحدة إشعاع.
د/د	: دورة لكل دقيقة.
ق.ن.ن	: قوة نبذ نسبية.
ر.ن	: رطوبة نسبية.
PFRP	: العمليات ذات الفعالية في إزالة الممرضات.
PSRP	: العمليات ذات الفعالية العالية في إزالة الممرضات.
WHO	: منظمة الصحة العالمية.
EPA	: وكالة حماية البيئة الأمريكية.
Spp.	: نوع من جنس معين من الكائنات الحية.
Nematodes	: الديدان الممسودة (الممسودات).
Trematodes (Flukes)	: الديدان المثقوبة (المثقوبات).
Cestodes	: الديدان الشراطية (الشراطيات).
Round Worms	: الديدان المدورة.
Tapeworms	: الشريطيات.
USEPA	: وكالة حماية البيئة الأمريكية.
TRS	: سلسة التقارير الفنية

الفصل الأول

الطفيليات ذات الأهمية الصحية

1-1 المقدمـــة

ازداد الاهتمام خلال الأربعين سنة الماضية، باستخدام المخلفات السائلة في ري المحاصيل في المناطق الجافة وشبه الجافة نتيجة لقلة مصادر المياه البديلة؛ والحاجة لزيادة الإنتاج المحلي من المواد الغذائية. إذ بدأ المخططون يدركون أهمية هذه الممارسة من حيث المحافظة على المياه؛ وإعادة تدوير المواد الغذائية؛ وكطريقة للحماية من تلوث المياه السطحية والجوفية، بحيث تضمن عدم تعرض الناس للمخاطر الصحية جراء استخدام هذه المياه. ويعتبر استخدام سيب محطات معالجة مياه الصرف الصحي في مجال الري من السياسات الحكومية في بعض البلدان، مثل: الأردن؛ والبيرو؛ والمملكة العربية السعودية.

إن "الدلائل الصحية لاستخدام المخلفات السائلة في الأغراض الزراعية وتربية الأحياء المائية" (TRS, 778) والذي نشرتـــه منظمة الصحة العالمية (WHO, 1989)، يوفر دلائل ومعايير الوقاية الصحية. وبناءً على المعلومات الوبائية المتوفرة، وحيث أن الديدان المعوية الطفيلية تعتبر أعلى ناقل لعدوى الأمراض المرتبطة باستخدام المخلفات السائلة، فقد تم اعتماد الديدان المعوية الممسودة كمؤشراً حيوياً على ذلك، ويعود ذلك إلى طول فترات كمونها في التربة والتي تحتاجها في نقل العدوى؛ وصمودها الطويل في البيئة؛ وقدرتها على التسبب بالعدوى بجرعات قليلة دون توفر مناعة للعائل.

إن إعداد دليل خاص في موضوع الطفيليات ذات الأهمية الصحية والتلوث المرتبط باستخدام المخلفات السائلة والحمأة في الزراعة، سيكون بمثابة قاعدة إرشادية علمية لمهندسي الصحة؛ والعاملين في مجال الأحياء الدقيقة؛ وعلماء الطفيليات. يعتبر التعرف على بيوض الديدان المعوية الطفيلية بالاعتماد على التقنيات؛ والمعلومات العلمية الحديثة المتوفرة؛ مهارة يمكن اكتسابها والتدرب عليها وتوفيرها للمعنيين، وذلك بتوفير المعدات المخبرية اللازمة، والتي تشمل: المجاهر المجهزة بعدسات عينية للقياس؛ بالإضافة إلى رسومات وصور توضيحية مناسبة.

يغطي هذا الدليل وفي مجلد واحد، المعلومات ذات العلاقة بالطفيليات ذات الأهمية الصحية وبشكل شامل. حيث يتناول هذا الدليل:

1- العوامل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية المؤثرة على مصير بيوض الديدان المعوية الطفيلية.
2- بقاء ووجود البيوض في المخلفات السائلة الخام والحمأة.
3- إعتماد بيوض الديدان المعوية الطفيلية كممرضات مؤشرة.
4- دلائل وجود هذه البيوض بالإضافة إلى طرق تحديد عيوشيتها.
5- رصد ومراقبة محطات المعالجة بما يتوافق مع الأنظمة والدلائل المعمول بها.

يهدف هذا الدليل إلى توضيح المتطلبات اللازمة للتعرف على الديدان المعوية الطفيلية الموجودة في المخلفات السائلة، بالإضافة إلى تعليمات العمل اللازمة لطرق الفحص المستخدمة في تعداد الديدان المعوية الطفيلية في المخلفات السائلة؛ السيب؛ والحمأة. كما ويوضح الجزء الثالث من هذا الدليل الوسائل المتبعة للتخلص من الديدان المعوية الطفيلية باستخدام محطات معالجة المخلفات السائلة، وفعالية عمليات معالجة الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي. بينما يبين الجزء السادس التعليمات الخاصة بمعايرة المجاهر لأغراض قياس الحجم. كما ويغطي الجزء الثامن من هذا الدليل أساليب تحديد العيوشية للبيوض واليرقات. أما اللوحات الملونة لمجموعة من بيوض الديدان المعوية الطفيلية فهي موضحة في الجزء الأول من هذا الدليل. كما ويوضح الجزء التاسع توصيات برنامج رصد ومراقبة الجودة. بينما يوضح الجزء العاشر الجوانب الصحية لاستخدام المخلفات السائلة المعالجة في الزراعة وتربية الأحياء المائية.

حظيت الأبحاث المتعلقة بالطفيليات الممرضة المرتبطة بالمخلفات السائلة والحمأة بقليل من الاهتمام. وبناءً على المعطيات العلمية المتوفرة، نجد أن هنالك حاجة أكبر لتقييم المشاكل الصحية المرتبطة بوجود الطفيليات في المخلفات السائلة والحمأة بالإضافة إلى ضرورة تقييم كفاءة الطرق المستخدمة في معالجة المخلفات السائلة والحمأة وتأثيرها على بقاء الطفيليات. في الأربعينات والخمسينيات من القرن العشرين، كانت النشرات العلمية المتعلقة بهذا الموضوع قليلة، وقد دون عدد قليل من الأبحاث بين الأعوام 1960 و 1980، وخصوصاً فيما يتعلق بالتغيرات الحيوية للطفيليات المتعلقة بالمخلفات السائلة والحمأة وعيوشيتها. في مطلع الثمانينيات من القرن العشرين، ازداد الاهتمام بالدراسات المتعلقة بالطفيليات ذات الأهمية الصحية مرةً ثانية، وما زال حتى وقتنا الحالي.

2-1 تصنيف الديدان ذات الأهمية الطبية وعلاقتها بالإصحاح

1-2-1 تمهيد

تصنّف غالبية الديدان الطفيلية إلى ثلاثة صفوف من اللافقاريات؛ الديدان الشراطية أو الشريطية (Cestodes or Tapeworms)؛ الديدان المثقوبة (Trematodes or Flukes)؛ و الديدان الممسودة أو المدورة (Nematodes or Roundworms). يبين الجدول (1-1) الصفـــات التمييزية لكل صنف، ويليه مخطط تصنيفي لهذه الديدان.

الجدول (1-1): الصفات العامة للديدان الطفيلية

	الشراطيات	المثقوبات	الممسودات
الشكل	مسطحة، شريطية الشكل ومقطعة	مسطحة، ورقانية وغير مقطعة	أسطوانية وغير مقطعة
النهاية الأمامية	لها مصاصات (محاجم) وشصوص، لا يوجد لها فم	لها مصاصات، لها فم	ليس لها مصاصات أو شصوص، ولها فم
التجويف الجسمي	غير موجود	غير موجود	موجود
الأمعاء	غير موجودة	موجودة، بدون فتحة شرجية	موجودة، مع فتحة شرجية
الجنس (ذكر، أنثى)	خنثوية	خنثوية باستثناء أنواع الدودة المنشقة	ديدان ذكرية و أنثوية منفصلة

2-2-1: تصنيف مبسط للديدان ذات الأهمية الطبية

الجدول (1-2): الصفات العامة للديدان الطفيلية

العويلم	الحيوانات متعددة الخلايا	
	ثلاثية الأرومات (الطبقات) يوجد لهاجلد لها فم غالباً الجهازان الرئيسان، في الجسم هما: الجهاز الهضمي، والجهاز التناسلي الجهازان الإفراغي والعصبي بدائيان الأجناس قد تكون منفصلة، وغالباً خنثوية	
الشعبة	**الديدان المسطحة (العريضات) (Platyhelminths)**	**الديدان الممسودة (المدورة) (Nemathelminthes)**
	مسطحة، مقطعة أو غير مقطعة المعي قد يكون موجوداً أو غير موجود لا يوجد تجويف جسمي، والأحشاء موجودة في نسيج هلامي	أجسامها غير مقطعة، أسطوانية، متناظرة وثنائي الجانب يوجد لها جهاز هضمي كامل لها تجويف جسمي
الصنف		**الصنف**
(أ) الشُراطيّات (Cestoda) مقطعة لها رائس، وعنق وأسلات خنثوية التكاثر أ- وضع البيوض ب- تكاثر لاجنسي للأطوار اليرقية في بعض الأحيان العدوى بوساطة اليرقات المتكيّسة عادةً **(ب) المثقوبات (Trematode)** غير مقطعة أسطوانية أو ورقانية الشكل خنثوية غالباً التكاثر (متناوب الأجيال): أ- وضع البيوض ب- تكاثر لاجنسي للأطوار اليرقية العدوى غالباً ما تكون بوساطة الأطوار اليرقية عن طريق الفم، أو الجلد		**الممسودات (Nematoda)** غير مقطعة لها فم؛ مرئ؛ وفتحة شرجية الجنسان منفصلان في العادة التكاثر: أ- وضع البيوض ب- وضع اليرقات العدوى بوساطة: أ- ابتلاع البيوض أو ب- اختراق اليرقات من خلال الجلد ج- حيوان مفصلي ناقل د- ابتلاع اليرقات المتكيّسة

المصدر: Jeffrey & Leach, 1975

3-2-1 قائمة بالديدان الطفيلية التي توجد بيوضها في البراز

تشمل مجموعة الديدان المعوية الطفيلية الموجودة بيوضها في البراز، وتصيب الإنسان، وهي ذات أهمية في مجال الإصحاح ومصادر المياه، وتتكون من الديدان الشصية؛ ودودة الصفر؛ والديدان المنشقة؛ والديدان الشريطية والمسلكات، وهي موضحة في الجدول التالي:

الجدول (1-3): الديدان الطفيلية التي توجد بيوضها في البراز

الأسماء الشائعة	الاسم العلمي بالعربية (الاسم الأول للجنس الثاني للنوع)	الاسم العلمي باللاتينية (الاسم الأول للجنس والثاني للنوع)
الدودة الشصية، الأنكيلوستوما حيات البطن، الصفر (الأسكاريس)	الملقوة العفجية (الإثني عشرية) الصفر الخراطيني متفرع الخصية الصيني متفرعة المعي (مختلف الأنواع)	1. *Ancylostoma duodenale*● 2. *Ascaris lumbricoides*● 3. *Clonorchis sinensis* 4. *Dicrocoelium* spp.
محفورة الرأس	العوساء العريضة ذات المنفذين الكلبية	5. *Diphyllobthrium latum* 6. *Dipylidium canssinum*
الأقصور، الحُرقص	السرمية الدودية المتورقة الكبدية (أو العملاقة) المتوارقة البُسكية الخيفانة الخيفاء المحرشفة الصغيرة (الضئيلة) المحرشفة القزمة	7. *Enteribius vermicularis* 8. *Fasciola hepatica* (or *gigantica*) 9. *Fasciolopsis buski* 10. *Heterophyes heterophyes* 11. *Hymenolepis diminuta* 12. *Hymenolepis nana*●
الدودة الشصية الأمريكية	الفتاكة الأمريكية خلفية المناسل اليوكوغاوية متأخر الخصية الهري جانبية المناسل الفسترمانية المنشقة البقرية	13. *Necator americanus*● 14. *Metagonimus yokogawai* 15. *Opisthorchis felineus* 16. *Paragonimus westermani** 17. *Schistomsoma bovis*
البلهرسية المثانية	المنشقة الدموية المنشقة المقحمة	18. *Schistosoma haematobium*●** 19. *Schistosoma intercalatum*●
البلهرسية اليابانية	المنشقة اليابانية	20. *Schistosoma japonicum*●
البلهرسية المعوية	المنشقة المنسونية الاسطوانية البرازية	21. *Schistosoma mansoni*● 22. *Strongyloides stercoralis*●***
الدودة الوحيدة البقرية	الشريطية العزلاء	23. *Taenia saginata*
الدودة الوحيدة الخنزيرية	الشريطية المسلحة (الوحيدة) الاسطوانية الشعرية (مختلف الأنواع)	24. *Taenia solium* 25. *Trichostrongylus*
الدودة السلكية	المسلكة الشعرية الذيل (الرأس)	26. *Trichuris trichiura*●

(WHO, 1980 a)

● شائعة في كثير من البلدان
** أكثر ما توجد في البول
* أكثر ما توجد في القَشَعْ
*** أكثر ما توجد بشكل يرقات في البراز

4-2-1 المخاطر الصحية العامة المتعلقة باستخدام المخلفات السائلة في الري

تشمل العوامل الرئيسية التي تساهم في النقل الفعّال للممرضات عن طريق الري بالمخلفات السائلة ما يلي:

- صمود الكائن الممرض أو أحد أطواره لفترات طويلة في البيئة.
- جرعة معدية منخفضة.
- مناعة ضعيفة أو معدومة لدى العائل.
- حد أدنى من الانتقال المتزامن من خلال طرق أخرى، مثل الطعام، والماء، وقصور تدابير حفظ الصحة الشخصية والمنزلية.
- الحاجة إلى مرحلة التطور في التربة.

ويلخص الجدول (1-4) الصفات الوبائية للمجموعات الرئيسية للممرضات المعوية وارتباطها بالعوامل الخمسة السابقة. ويوفر هذا الملخص قاعدة نظرية مبسطة لتصنيف هذه المجموعات من الممرضات حسب مقدرتها على نقل المرض عن طريق الري بالمخلفات السائلة. وعلى هذا الأساس، يظهر بأن الأمراض المتعلقة بالديدان المعوية الطفيلية هي الأقدر على الانتقال بوساطة الري بالمخلفات السائلة الخام وذلك لأنها تستطيع الصمود لفترات طويلة نسبياً في البيئة، والجرعات المسببة للعدوى منخفضة، إذ لا توجد مناعة كافية للعائل، والعدوى المتزامنة في البيت الواحد محدودة، وفترة الكمون

طويلة، وتحتاج إلى مرحلة التطور في التربة لتصبح فعّالة للانتقال. ويمكن تصنيف الممرضات نظرياً بالترتيب التنازلي التالي حسب المخاطر الصحية الناجمة عنها:

مرتفع **الديدان المعوية الطفيلية** (الديدان الممسودة المعوية مثل الصفر (*Ascaris*)، والمسلكة (*Trichuris*)، والديدان الشصية والشريطية (*Taenia*).

منخفض **العدوى الجرثومية** (الهيضة (الكوليرا)؛ والتيفية وداء الشيغيلات (الزحار العصوي)).

العدوى الأولية (داء الأميبات؛ وداء الجيارديات)

متدن **العدوى الفيروسية** (التهاب المعدة والأمعاء؛ والتهاب الكبد العدوائي الفيروسي).

الجدول (1-4) : الصفات الوبائية للممرضات المعوية ومقارنتها مع الفعالية في التسبب بإحداث العدوى عن طريق الري بالمخلفات السائلة

الممرض	الصمود في البيئة	الحد الأدنى للجرعة المعدية	المناعة لدى العائل	طرق عدوى متزامنة	الكمون/ مرحلة التطور في التربة
الفيروسات	متوسط	منخفض	طويلة	العدوى البيتية، الغذاء والماء	لا يوجد
الجراثيم (البكتيريا)	قصيرة/ متوسطة	متوسطة/ مرتفعة	قصيرة/ متوسطة	العدوى البيتية، الغذاء والماء	لا يوجد
الحيوانات الأولية	قصيرة	منخفض/ متوسط	لا يوجد/ قليلة	العدوى البيتية، الغذاء والماء	لا يوجد
الديدان الطفيلية	طويلة	منخفضة	لا يوجد/ قليلة	العدوى عن طريق التربة خارج المنزل والغذاء	يوجد

المصدر: Shuval, 1986

5-2-1 التصنيف البيئي للعداوى المرتبطة بالمفرغات

تمر الفيروسات الممرضة، الجراثيم (البكتيريا) والحيوانات الأولية والديدان من أجسام حاملي العدوى في مفرغاتها، وقد تنتقل إلى آخرين عن طريق الفم (مثلاً من خلال آكلي الخضراوات الملوثة) أو الجلد (كما في حالة الديدان الشصية والبلهارسيا). وعادةً ما تحتوي المفرغات والمخلفات السائلة على تركيزات عالية من الممرضات، لا سيما في البلدان التي تنتشر فيها بنوع خاص أمراض الإسهال والطفيليات المعوية. ويوجد عدد كبير من هذه الأمراض ذات الأهمية للصحة العامة التي تنتقل بطرق مختلفة، كما تختلف خصائص العوامل المسببة لها، وهي ذات أهمية كبيرة في تحديد الظروف المرجح أن تكون مواتية لكل مرض أو لمكافحته بطرق إعادة استعمال المخلفات. و قسم فيتشام وزملاؤه (Feachem et al., 1983) الأمراض التي تسببها هذه العوامل الممرضة إلى خمس فئات تبعاً لخصائص انتقالها البيئي:

فالفئة الأولى من الأمراض تسببها ممرضات تكون معدية عند إفراغها مباشرة (غير كامنة)، ولها جرعة معدية ناصفة (median infective dose) منخفضة لكنها لا تستطيع التكاثر في البيئة. وتشمل هذه الفئة الفيروسات؛ والحيوانات الأولية؛ والديدان الطفيلية المعوية التي تشمل الدودة السرمية الدودية (*Enterobius vermicularis*) والمحرشفة القزمة (*Hymenolepis nana*). والسائد أن يحدث انتقال هذه الممرضات مباشرة من شخص لآخر في البيئة المحيطة، وبخاصة حين يسود الزحام ويتدنى مستوى الصحة الشخصية، ولو أن مدد بقاء الفيروسات والحيوانات الأولية المفرغة قد تكون طويلة بما يكفي لأن تسبب خطراً صحياً في مشروعات استعمال المفرغات البشرية والمخلفات السائلة.

أما الممرضات التي تسبب **الفئة الثانية** من الأمراض؛ فهي الجراثيم المفرغة، وهي تشبه الفئة الأولى من مسببات المرض، إذ أنها تسبب العدوى فور إفراغها. ونظراً لارتفاع متوسط جرعتها المعدية؛ فإن ذلك يعني أنه لا بد لوقوع العدوى من تناول أعداد أكبر من الجراثيم. بيد أنها يمكن أن تتكاثر خارج العائل، مثلاً في الطعام أو اللبن. وعلى الرغم من أنها تنتقل عادةً في البيئة المحلية المباشرة، إلاّ أن قدرتها الكبرى على الصمود في البيئة تعني أنها تستطيع أن تظل على قيد الحياة لفترات أطول تتطلبها طرق انتقال معينة ومن ثم يمكن أن تثير أخطاراً صحية كامنة في مشروعات استعمال المفرغات البشرية والمخلفات السائلة. وهناك حالات جيدة للتوثيق، وعلى سبيل المثال وباء الهيضة (الكوليرا) الذي تسبب عن ري محاصيل الخضراوات بمخلفات سائلة غير معالجة.

الفئة الثالثة من الأمراض التي تسببها الديدان الممسودة المعوية المنتقلة عن طريق التربة، والتي لا تحتاج إلى عائل وسيط، بل تحتاج بيوضها إلى فترة كمون للتطور في البيئة قبل أن تتمكن من إحداث العدوى. من ناحية أخرى، نجد أن الحد الأدنى للجرعة المعدية هو مجرد كائن واحد، وقليلاً ما تتأثر هذه الطفيليات بمناعة العائل. وأهم هذه الديدان: الممسودة الصفر الخراطيني (*Ascaris lumbricoides*) ؛ والدودة الشصية (الملقوة العفجية (*Ancylostoma duodenale*) ؛ والفتاكة الأمريكية (*Necator Americans*))؛ والدودة السلكية (السوطية) البشرية أو المسلكة الشعرية الرأس (*Trcihuris trichiura*). وجميعها تنتقل بسهولة عن طريق الاستعمال الزراعي للمفرغات البشرية والمخلفات السائلة الخام أو

المعالجة بشكل غير كافٍ. وهي تمثل -بطبيعة الحال- الممرضات المفرغة ذات الأهمية الكبرى للصحة العمومية في مشروعات إعادة الاستعمال الزراعية.
وأمراض **الفئة الرابعة** تسببها الدودة الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) والشريطية المسلحة (الوحيدة) (*Taenia solium*)، ولكي يتم انتقالهما بنجاح يجب أن تلتهم البيضات العيوشة بقرة أو خنزير (على التوالي) قبل أن يصاب الإنسان عن طريق أكل اللحم غير المطهي من حيوانات مصابة. ومن الطرق المحتملة لانتقال هذه الأمراض ري المراعي بالمخلفات السائلة أو استعمال الحمأة المنزلية مثل مخصبات التربة.
وأمراض **الفئة الخامسة** تتسبب جميعها عن الديدان التي تعيش في الماء التي تحتاج إلى واحد أو اثنين من العوائل المائية الوسيطة، أولهما حلزون (قوقع) يتكاثر فيه الممرض لاجنسياً، والثاني (إن كان هناك ثانٍ) إما سمكة أو حيوان مفصلي كالسلطعون أو نبات مائي كبير. والكثير من هذه الديدان ليس لها سوى توزيع جغرافي محدود، ولا يتعزز انتقالها إلاّ في مناطق التوطن عن طريق استعمال المفرغات البشرية والمخلفات السائلة الخام أو المعالجة بشكل غير كافٍ للمفرغات والمخلفات السائلة في تربية الأحياء المائية إلى جانب أكل الأسماك والقشريات والخضراوات المائية نيئة أو مطهية بشكل غير كافٍ. أما الاستعمال الزراعي؛ فلا أهمية له إلاّ بقدر ما تسهّل مشروعات الري انتشار داء البلهارسيا.
وفي التصنيف السابق ذكره، تسبب الديدان المفرغة عدوى الفئات الثالثة إلى الخامسة. وهي تحتاج جميعاً إلى فترة من الزمن بعد إفراغها لتصبح معدية للإنسان، وتمضي فترة الكمون هذه في التربة أو الماء أو في عائل وسيط. ومعظمها يصمد في البيئة مع مدة بقاء تتراوح عادةً بين عدة أسابيع إلى عدة سنوات، وتعتبر مشروعات استعمال المفرغات البشرية والمخلفات السائلة آليات مهمة لانتقال كثير من هذه الأمراض، ومن ثم كانت المعالجة الفعّالة للمفرغات والمخلفات السائلة والحمأة المستخلصة من المخلفات السائلة قبل استعمالها إجراءً بيئياً مهماً لمكافحتها (انظر الجدول 1-3).

3-1 تعريف بيوض الديدان المعوية الطفيلية وخصائصها

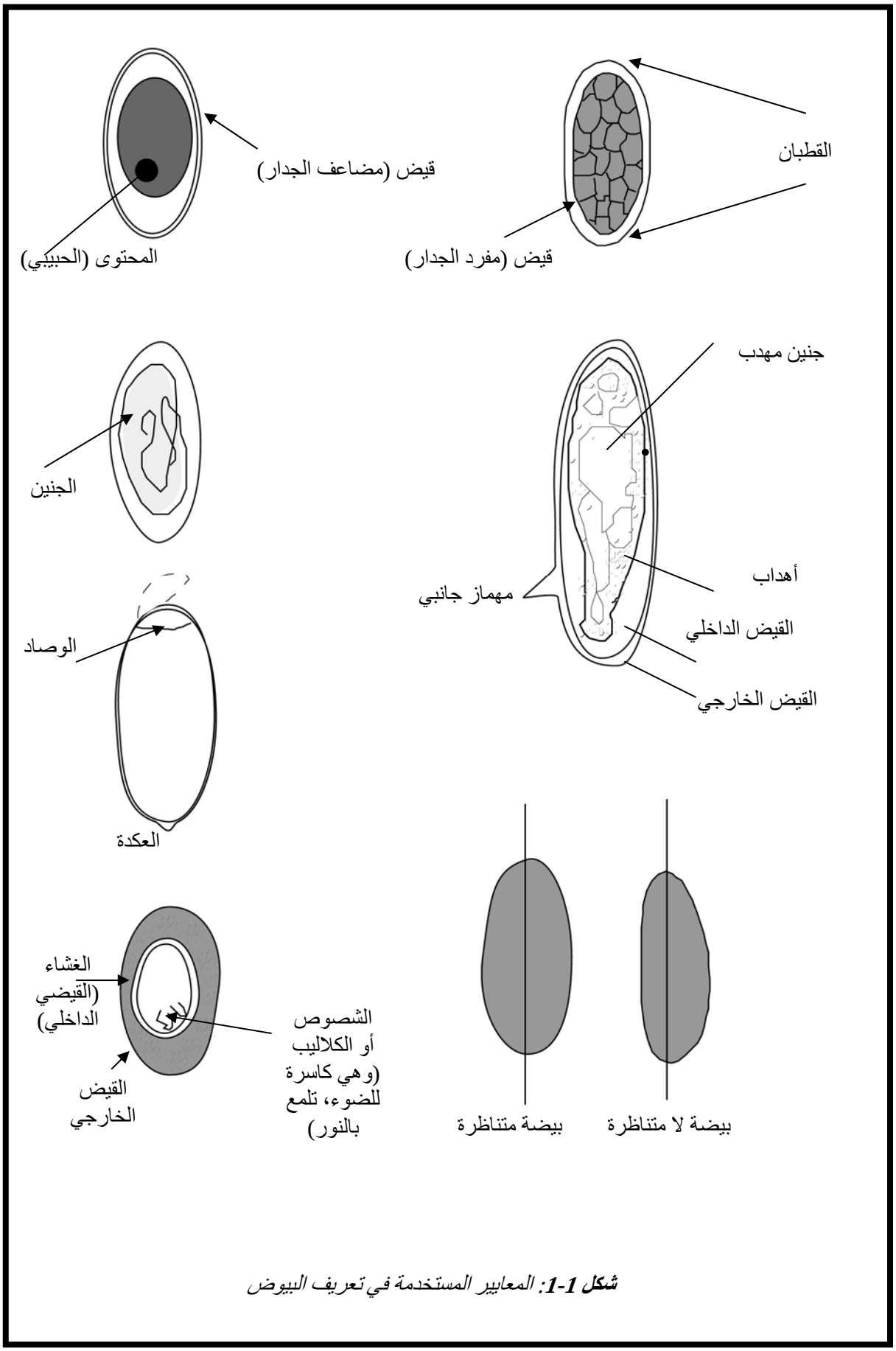
هنالك العديد من المراجع المتوافرة والمزودة بالرسومات والصور التوضيحية لبيوض ويرقات معظم الديدان الطفيلية التي يمكن أن توجد في المخلفات السائلة الخام أو المعالجة (Jeffry and Leach, 1975, Fox et al., 1981; Thienpont et al, 1986). ويشتمل هذا الدليل على مجموعة من اللوحات الملونة لبيوض عدد من الديدان المعوية الطفيلية التي تهدف إلى توضيح التصور الواقعي لظهور هذه البيوض مع شرح شامل لها. ومن الأهمية بمكان إجراء قياس لأحجام البيوض عند البدء بالتعرف على هذه البيوض.
وتوجد بيوض للطفيليات الحيوانية مثل الفئران، والحيوانات المنزلية بشكل مستمر في المخلفات السائلة. وعلى الرغم أنه ليس بالضرورة التعرف عليها إيجابياً، إلا أنه من المهم بيان أنها ليست ذات أصل بشري. وتظهر اللوحات من 1 إلى 8 عدداً من بيوض الديدان المعوية البشرية التي تتفاوت في وجودها في عينات المخلفات السائلة. ومع أن هذه البيوض نموذجية لكل نوع، إلا أنه يجب الأخذ بالاعتبار بأنه ليست كل البيوض ذات شكل وحجم موحد بشكل مطلق. على أي حال، فإنه من الاستحالة في بعض الأحيان تحديد ما إذا كانت هذه البيوض ذات أصل حيواني أو بشري، فمثلاً لا يمكن تمييز بيوض دودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) (من الخنازير) عن بيوض دودة الصفر الخراطيني (*A. lumbricoides*) (من الإنسان) مورفولوجياً. كذلك الحال فإنه لا يمكن تمييز بيوض الأنواع المختلفة من الدودة المسلكة (*Trichuris*)، فجميعها ذات ألوان وأشكال متشابهة، ولكن يمكن فصل الدودة التي تصيب البشر عن تلك الأنواع الحيوانية باستخدام قياسات خاصة (Ayres & Mara, 1996).

الجدول (1-5): الخصائص الوبائية الأساسية للديدان ذات ا لأهمية الصحية

الديدان المعوية	الفئة [أ]	الانتقال		فترة الكمون [ج]	الصمود [د]	المخاطر الصحية من المفرغات غير المعالجة [هـ]	
		دورة الحياة [ب]	بؤر العدوى			الزراعة	تربية الأحياء المائية
السرمية الدودية	1	إنسان ---- إنسان	{شخصي، منزلي}	0	7 أيـــام	؟	-
أنواع من المحرشفة	1	إنسان---- إنسان - حشرات		0	شهر واحـد	+	-
الصفر الخراطيني	3	إنسان - تربة – إنسان	{أفنية المنازل، الحقول، محاصيل}	10 – 14 يوماً	سنة واحدة	+	-
الديدان الشصية	3	إنسان – تربة – إنسان		7 أيام	3 أشهر	+	؟
المسلكة الشعرية الرأس	3	إنسان – تربة – إنسان		3 – 4 أسابيع	9 أشهر	+	-
الأسطوانية البرازية	3	إنسان– إنسان		3 أيام	3 أسابيع	+	؟
أنواع من الدودة الشريطية	4	إنسان – خنزير – إنسان إنسان – بقر – إنسان	أفنية المنازل، الحقول، علف حيوانات	شهران	9 أشهر	+	-
العوساء العريضة	5	إنسان-مجذافيات الأرجل-سمك-	سمك مصاب	شهران	حياة السمك	-	+
متفرع الخصية الصيني	5	إنسان	سمك مصاب	6 أسابيع	حياة السمك	-	+
جانبية المناسل الفسترمانية	5	إنسان – حلزون – سمك – إنسان	سلطعون مصاب	4 أشهر	حياة السلطعون	-	+
المنشقة المنسونية	5	إنسان – حلزون – سلطعون –	ماء	يومان	يومان	-	+
المنشقة الدموية	5	إنسان	ماء	يومان	يومان	-	+
المنشقة اليابانية	5	إنسان – حلزون – إنسان إنسان – حلزون – إنسان إنسان – حلزون – إنسان	ماء	يومان	يومان	-	+

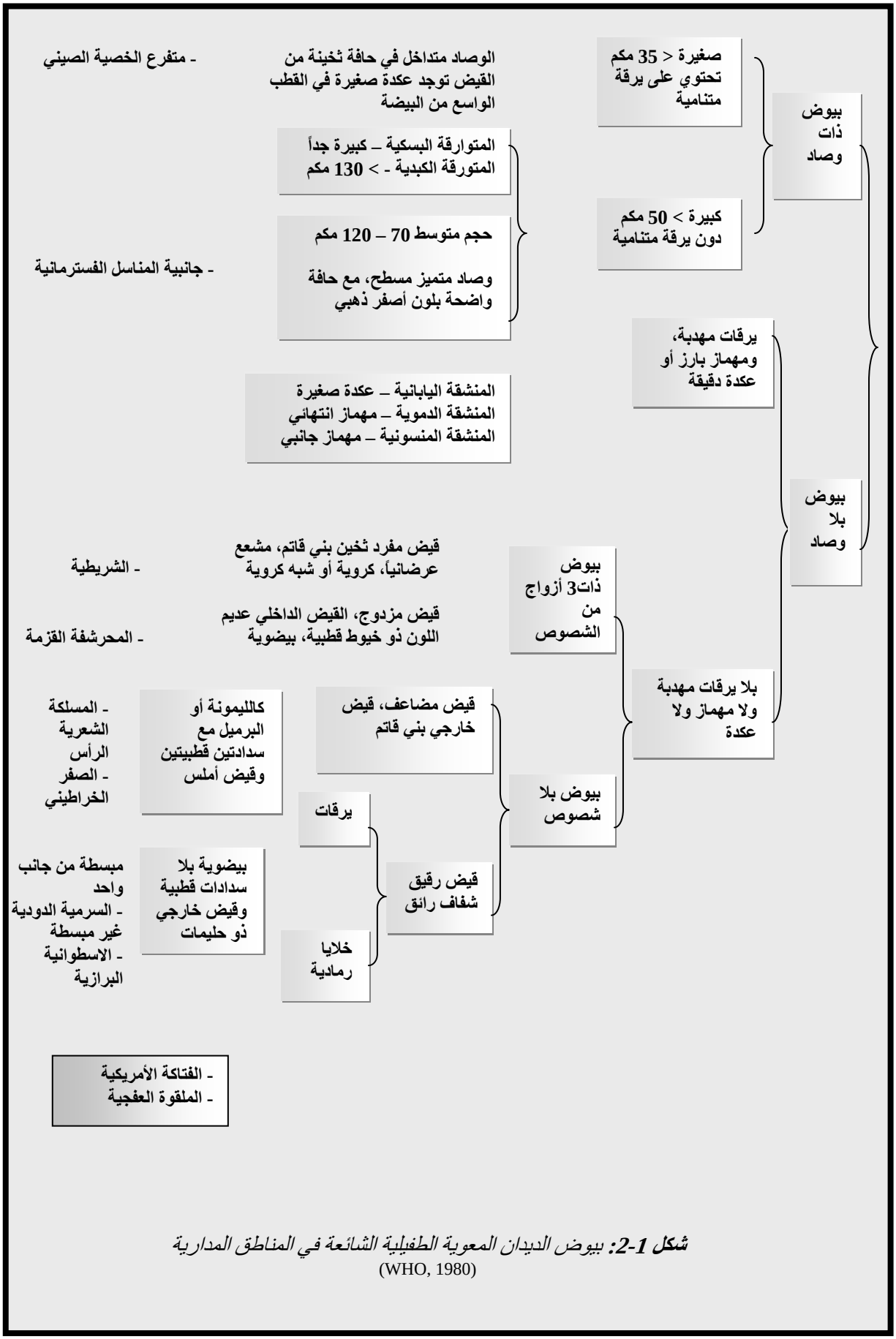
أ : التصنيف البيئي للممرضات المفرغة (انظر البند 1-2-5).
ب : دورة الحياة من إنسان إلى إنسان، في بعض الحالات تعمل فقاريات أخرى بوصفها عوائل نهائية.
ج : الزمن القياسي الأدنى من بداية الإفراغ حتى إحداث العدوى.
د : الزمن الأقصى للمرحلة المعدية على درجة حرارة بين 20 إلى 30° م.
هـ : + وجود خطر صحي، - لا يوجد، ؟ غير معلوم.

1-3-1 المعايير المستخدمة في تعريف البيوض



شكل 1-1: *المعايير المستخدمة في تعريف البيوض*

2-3-1 مفتاح لتعيين هوية بيوض الديدان المعوية الطفيلية الشائعة في المناطق المدارية

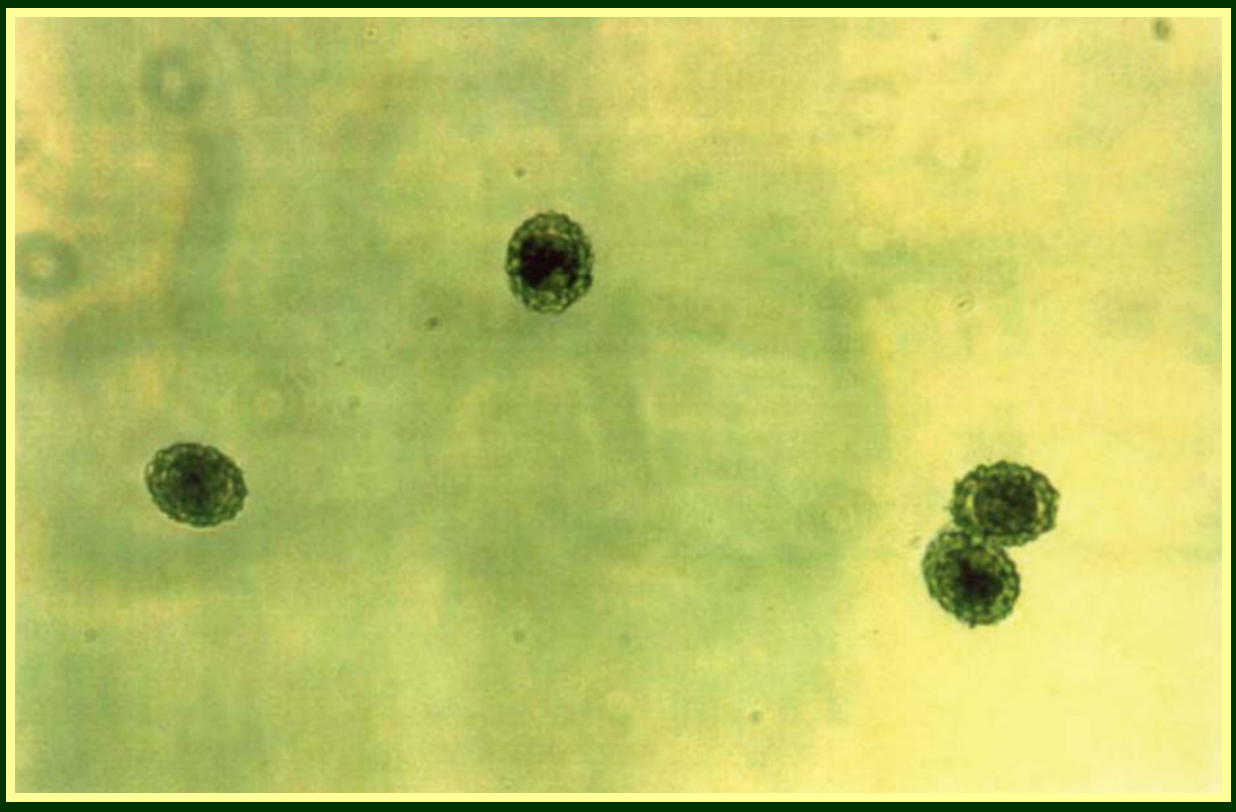


شكل 1-2: *بيوض الديدان المعوية الطفيلية الشائعة في المناطق المدارية*
(WHO, 1980)

3-3-1 اللوحات الملونة لمجموعة من بيوض الديدان المعوية الطفيلية

1- الصفر الخراطيني (*Ascaris lumbricoides*) المخصبة

القد	:	بويضة متوسطة القد (الحجم)، 45 – 75 مكم طولاً و 35 – 50 مكم عرضاً.
الشكل	:	بيضاوية الشكل إلى دائرية.
القيض	:	الخارجي ثخين، خشن البوميني. الطبقة الوسطى ثخينة جداً، وعديمة اللون. الطبقة الداخلية تحتوي على غشاء رقيق محي.
اللون	:	بني ذهبي، محتويات البيضة عديمة اللون أو صفراء شاحبة.
المحتوى	:	خلية مركزية مفردة غير مقسمة تحتوي على حبيبات خشنة.
البويضة اللامخصبة	:	تتراوح عادةً بين 88 – 94 مكم طولاً و 39 – 44 مكم عرضاً أو أكثر، وهي أضيق وأشد استقامة، ومحتويات البيضة فيها مليئة بحبيبات مدورة كبيرة كاسرة للضوء.



شكل 1-3-1: *لوحة1 X 200: الصفر الخراطيني (Ascaris lumbricoides) المخصبة*

2- المسلكة الشعرية الرأس (*Trichuris trichuira*)

القد	:	بيضة متوسطة القد 50 – 85 مكم طولاً و 22 – 27 مكم عرضاً.
الشكل	:	شكل حبة الليمون، برميلية الشكل.
القيض	:	ثخين ذو سطح ناعم، وذو طبقتين الطبقة الداخلية رقيقة وشفافة الطبقة الخارجية بنية إلى صفراء (برتقالية)
اللون	:	بني، القيض برتقالي اللون، والمحتوى أصفر.
المميزات	:	سدادة شفافة مدورة في كل من القطبين.
المحتوى	:	كتلة حبيبية متجانسة غير مقسمة.

شكل 1-4: *لوحة 2 X200: المسلكة الشعرية الرأس (Trichuris trichuira)*

3- الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) والشريطية المسلحة (الوحيدة) (*Taenia solium*)

القد	:	بيضة صغيرة القد، 35 – 40مكم طولاً و 30-35 مكم عرضاً
الشكل	:	مدورة
القيض	:	ثخين، أملس ذو خطوط مستعرضة قطرية حاملة للجنين
المحتوى	:	كتلة حبيبية مدورة ضمن غشاء رقيق، ذات شصوص كاسرة، سنانية الشكل عددها 3 X 2 (جنين سداسي الأسنان)
اللون	:	أصفر شاحب إلى بني
		تكون بيوض هاتين الشريطيتين متماثلة
		يتم نثر البيوض بعد تفتت القطعة الشريطية الحبلى

شكل 1-5: *لوحة 3 X200: الشريطية العزلاء (Taenia saginata) والشريطية المسلحة (الوحيدة) (Taeniasolium)*

4- السرمية الدودية *(Enterobius vermicularis)*

القد	:	بيضة متوسطة القد 50 – 60 مكم طولاً و 20-32 مكم عرضاً
الشكل	:	بيضاوي، ولكنه غير متناظر (مبسط في أحد الجانبين ومدوَر في الجانب الآخر)
القيض	:	أملس رقيق ويتكون من أربع طبقات غشاء داخلي دهني، طبقتان كيتينيتان، وطبقة خارجية البومينية ملساء
اللون	:	شفافة، عديمة اللون.
المحتوى	:	إمَا: (أ) كتلة حبيبية صغيرة بشكل بيضاوي غير منتظم أو (ب) تحتوي على جنين في مرحلة التويتة (Morula) وهي يرقة ملتفة على نفسها وتعرف بمرحلة (L1).

توجد البيوض عادةً في ثنيات الجلد حول الشرج

شكل 1-6: *لوحة 4 X200: السرمية الدودية (Enterobius vermicularis)*

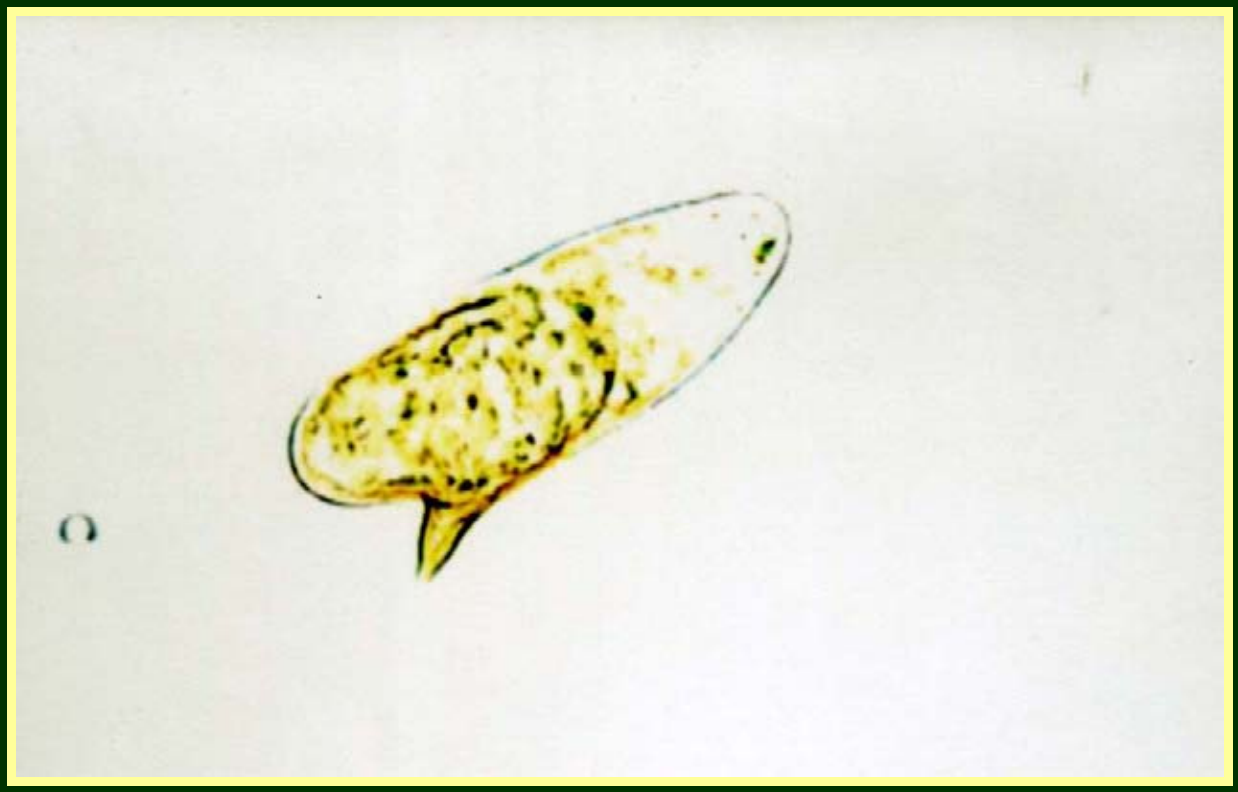
5- المحرشفة القزمة (Hymenolepis nana)

القد	:	بيضة صغيرة القد، 30 – 44 مكم
الشكل	:	بيضاوي تكاد تكون مدورة
القيض	:	أملس، مضاعف والغشاء الخارجي رقيق والغشاء الداخلي أثخن عند القطبين مع خيوط منبثقة عن كلا القطبين تختلط بحبيبات تشغل الحيز الموجود بين الغشاءين
اللون	:	رمادي شاحب جداً، شفاف
المحتوى	:	كتلة جنينية مدورة 24 – 30 مكم، 16 – 25 مكم، ذات ستة شصوص كاسرة منتظمة بشكل المروحة، وترى غالباً حبيبات متميزة بوضوح في المركز

شكل 1-7: *لوحة 5 X200: المحرشفة القزمة (Hymenolepis nana)*

6- المنشقة المنسونية (*Schistosoma mansoni*)

القد	:	بيضة كبيرة جداً، 114 – 175 مكم طولاً، و 45 – 68 مكم عرضاً
الشكل	:	بيضاوي وطويل، مع قطب واحد حسن الاستدارة وقطب آخر أكثر مخروطية
المهماز	:	طويل شوكي الشكل قرب القطب المدور، جانبي مائل قليلاً
القيض	:	شفاف، أملس ورقيق جداً
اللون	:	بني ذهبي، أصفر شاحب
المحتوى	:	تحتوي على جنين الميراسيديوم (Miracidium)، وهو جنين مهدَب عريض محاط بغشاء (القيض الداخلي)

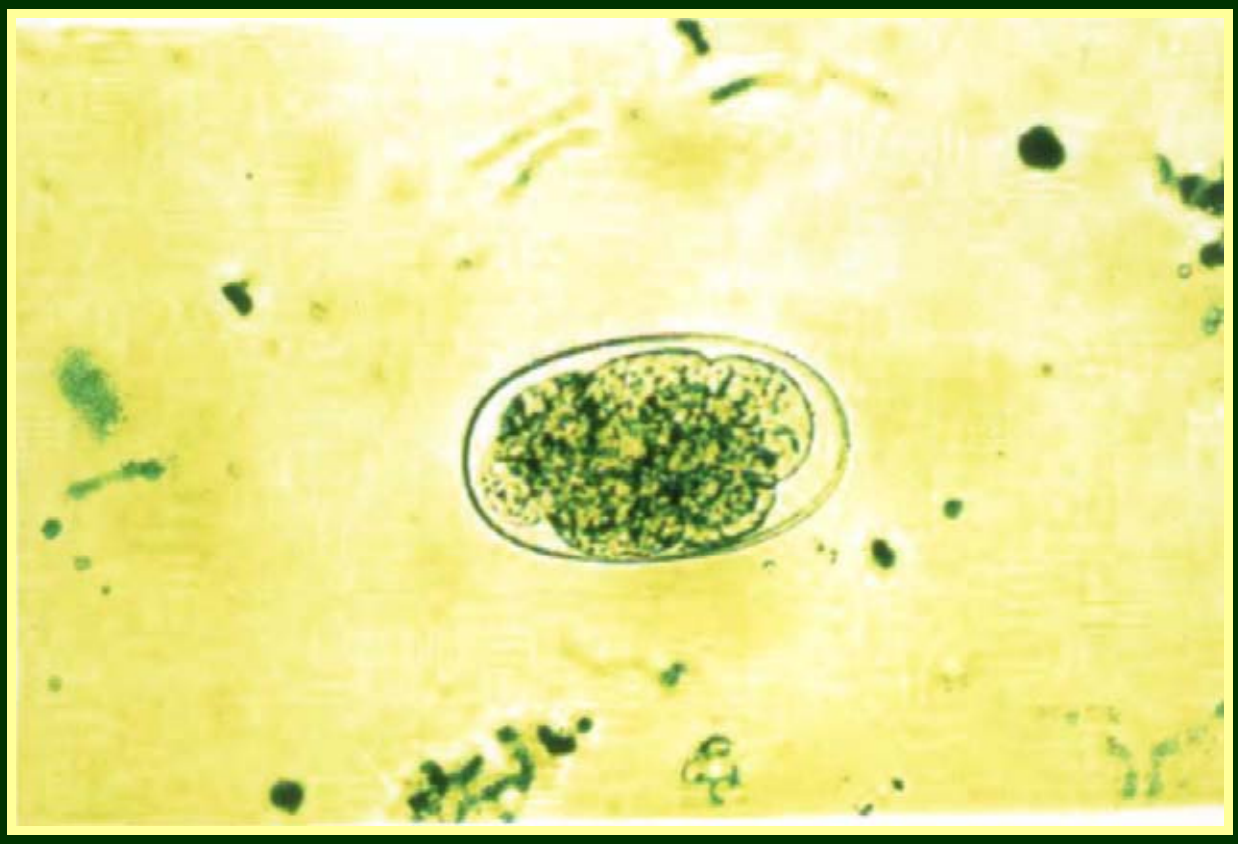


شكل 1-8: *لوحة 6 X200: المنشقة المنسونية (Schistosoma mansoni)*

7- الملقوة العفجية (*Ancylostoma duodenale*)

القد	:	بيضة متوسطة القد، 60 مكم طولاً و 40 مكم عرضاً
الشكل	:	بيضاوي مع قطبين مدورين متشابهين، برميلية الجوانب
القيض	:	رقيق، أملس عديم اللون، بيدوكخط أسود
اللون	:	الخلايا الموجودة في الداخل تكون رمادية شاحبة
المحتوى	:	اثنتان إلى ثماني خلايا (قسيمات أرومية Blastomeres)، تتفاوت تبعاً لدرجة النضوج

من الصعب التمييز بينها وبين بيضة الفتاكة الأمريكية (*Necator americanus*)، التي تبدو أطول.
الصورة في هذه الصفحة من (Thienpont et al., 1986).

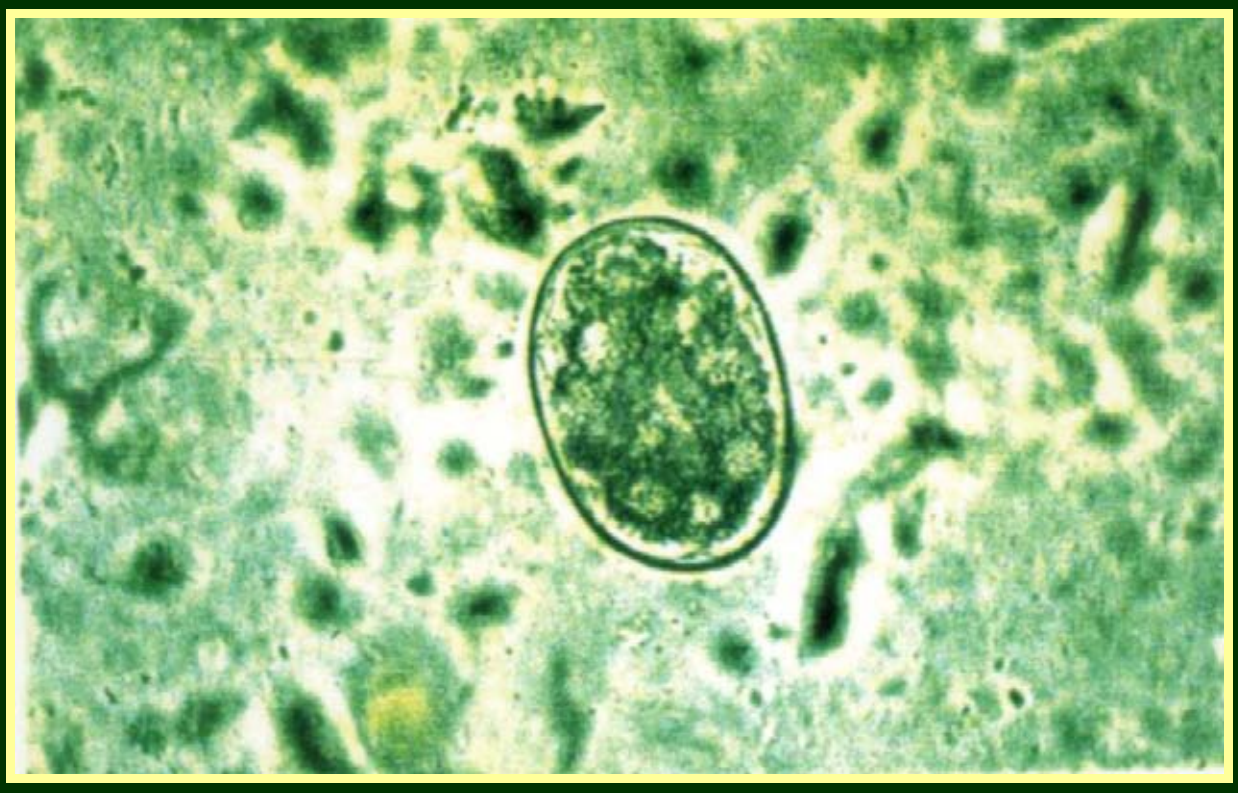


شكل 1-9: *لوحة 7 X640: 7- الملقوة العفجية (Ancylostoma duodenale)*

8- الفتاكة الأمريكية (*Necator americanus*)

القد	:	بيضة متوسطة القد، 64 – 76 مكم طولاً و 36 – 40 مكم عرضاً
الشكل	:	بيضوي مع قطبين مدورين متشابهين أكثر تبسطاً، برميلية الجوانب
القيض	:	رقيق املس وشفاف
المحتوى	:	دائماً تحتوي على ثماني خلايا على الأقل (لا يعثر عليها وبداخلها أربع خلايا فقط كما هو الحال عليه في دودة الملقوة العفجية في البراز الطازج)

من الصعب التمييز بينها وبين بيضة الملقوة العفجية (*Ancylostoma duodenale*) ، التي تبدو أقصر.
الصورة في هذه الصفحة من (Thienpont *etal.*, 1986)



شكل 1-10: *لوحة 8 X640: الفتاكة الأمريكية (Necator americanus)*

4-3-1 يرقات الديدان الطليقة

تتفاوت مياه الصرف الصحي العادمة الخام في احتوائها على يرقات ديدان ممسودة منشطة حية أو ديدان طليقة بالغة (تلك التي لا تحتاج إلى حيوان آخر لكي تعيش). وقد توجد هذه الديدان الطليقة في بعض الأحيان في أنظمة المعالجة الهوائية الهضم، وكذلك في السيب المعالج الخارج من تلك المحطات. وتعتبر هذه الأحياء غير ممرضة. وعليه، لا يمكن اعتبارها ذات أهمية للصحة العمومية. وتتغذى هذه الديدان الممسودة الطليقة على الجراثيم؛ والطحالب؛ أو على جسيمات عضوية صغيرة.

وتعد الأشكال الطليقة للديدان الممسودة الطفيلية، وبخاصة الأطوار الخيطية الشكل (Filariform) لدودة الملقوة العفجية (*Ancylostoma duodenale*)، والفتاكة الأمريكية (*Necator americanus*) و الدودة الأسطوانية البرازية (*Strongyloides stercoralis*)، موضوعاً مهماً للعاملين في مجال الصحة العامة (Al-Salem, 1996). وهنالك صعوبة شديدة في التعرف على هذه الأطوار عند إحصائها في المخلفات السائلة، إذ من البديهي وجود أعداد كبيرة من أنواع الديدان الطليقة في تلك المياه. لذلك، فمن الضروري إجراء قياسات وافية للصفات المورفولوجية لتلك الديدان. ولأجل ذلك، يجب فصل الديدان الممسودة وصبغها، ثم دراستها تحت تكبير مجهري عالٍ.

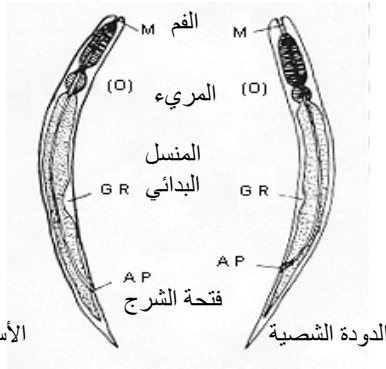
وغالباً ما تكون اليرقات التي توجد في البراز من الأسطوانيات (الأقصور)(Thread worm) من جنس الدودة الأسطوانية (*Strongyloides*)، كما توجد أحياناً أنواع من الديدان الشصية (Hookworms) مثل جنس الملقوة (*Ancylostoma*). ويبين الجدول (1-4) الاختلاف بين يرقات هذين الجنسين، الذي يمكن ملاحظته تحت المجهر بعد صبغها بمحلول الأيودين.

الجدول (1-6): الخصائص المميزة ليرقات الإسطوانيات (الأقصور) والدودة الشصية

خصائص اليرقات	الإسطوانيات (الأقصور)	الدودة الشصية
الطول	200 – 300 مكم	200 – 300 مكم
العرض	15 مكم	15 مكم
المريء	لها انتفاخان	لها انتفاخان*
الفم	قصير: 4 مكم	طويل: 15 مكم
النهاية الخلفية (المؤخرة)	مدببة قليلاً	مدببة كثيراً
المنسل البدائي	كبير وبارز (22 مكم)	صغير (7 مكم)
الثقب الشرجي	على بعد 50 مكم من النهاية الخلفية	على بعد 80 مكم من النهاية الخلفية

* : اليرقات التي لها انتفاخان للمريء تسمى اليرقات العصوية الشكل (Rhabditiform).

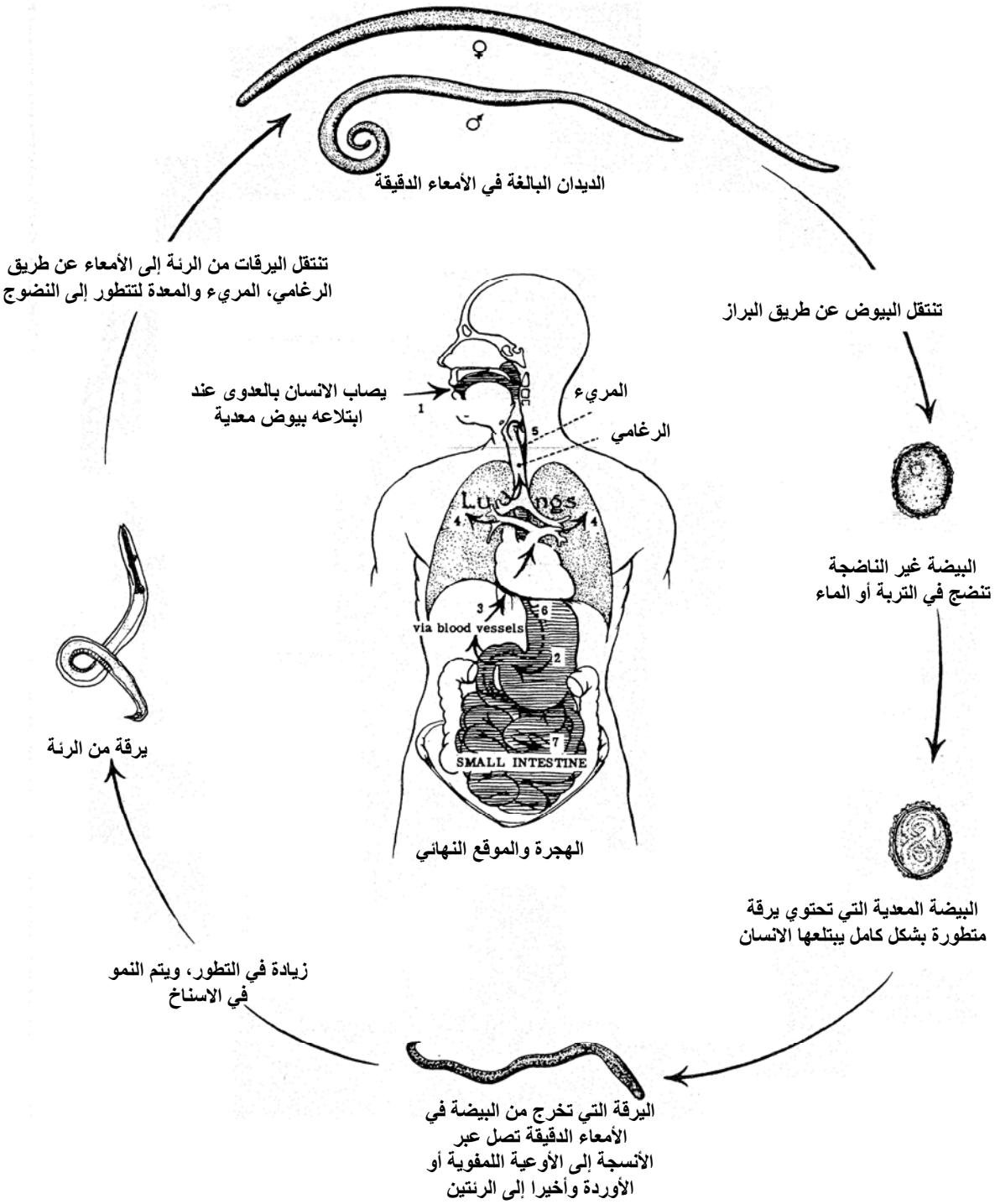
ويمكن تمييز يرقات الديدان الممسودة الطفيلية التي تصيب النبات عن اليرقات الطليقة التي تؤدي إلى إحداث مراحل إمراضية (إنسانية وحيوانية)عن طريق تعريضها لمحلول حمضي مخفف. إذ يكفي تركيز 1% من حمض الهيدروكلوريك لقتل الأطوار اليرقية لطفيليات الديدان الممسودة النباتية أو الديدان الطليقة، بينما تستطيع يرقات الطور الثالث للطفيليات الحيوانية حماية نفسها من تأثير الحمض بسبب الغطاء الحامي المحيط بها (Fox et al., 1981).



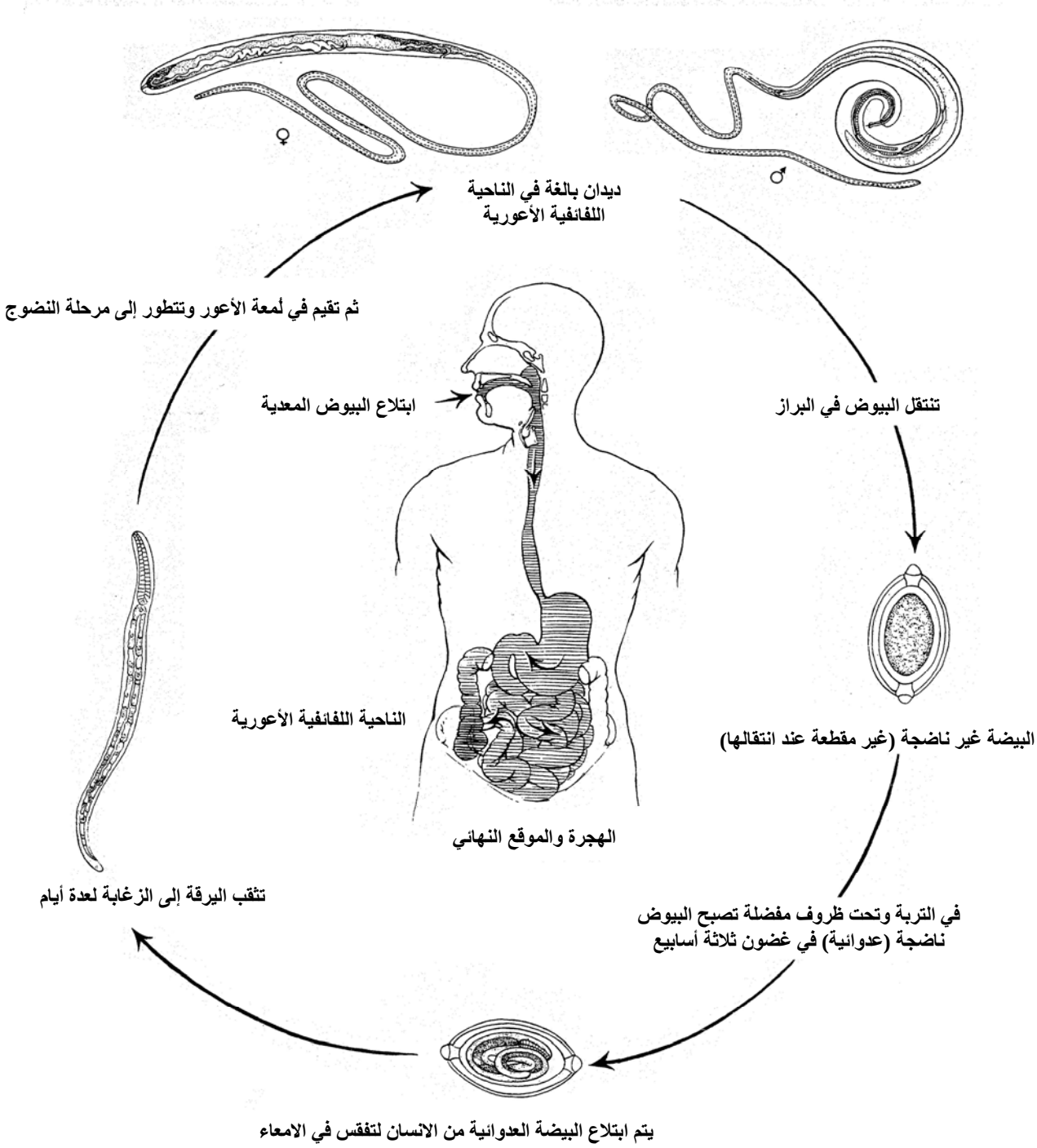
الدودة الشصية الأسطوانيات (الأقصورة)

شكل 1-11: *الدودة الشصية والأسطوانيات*

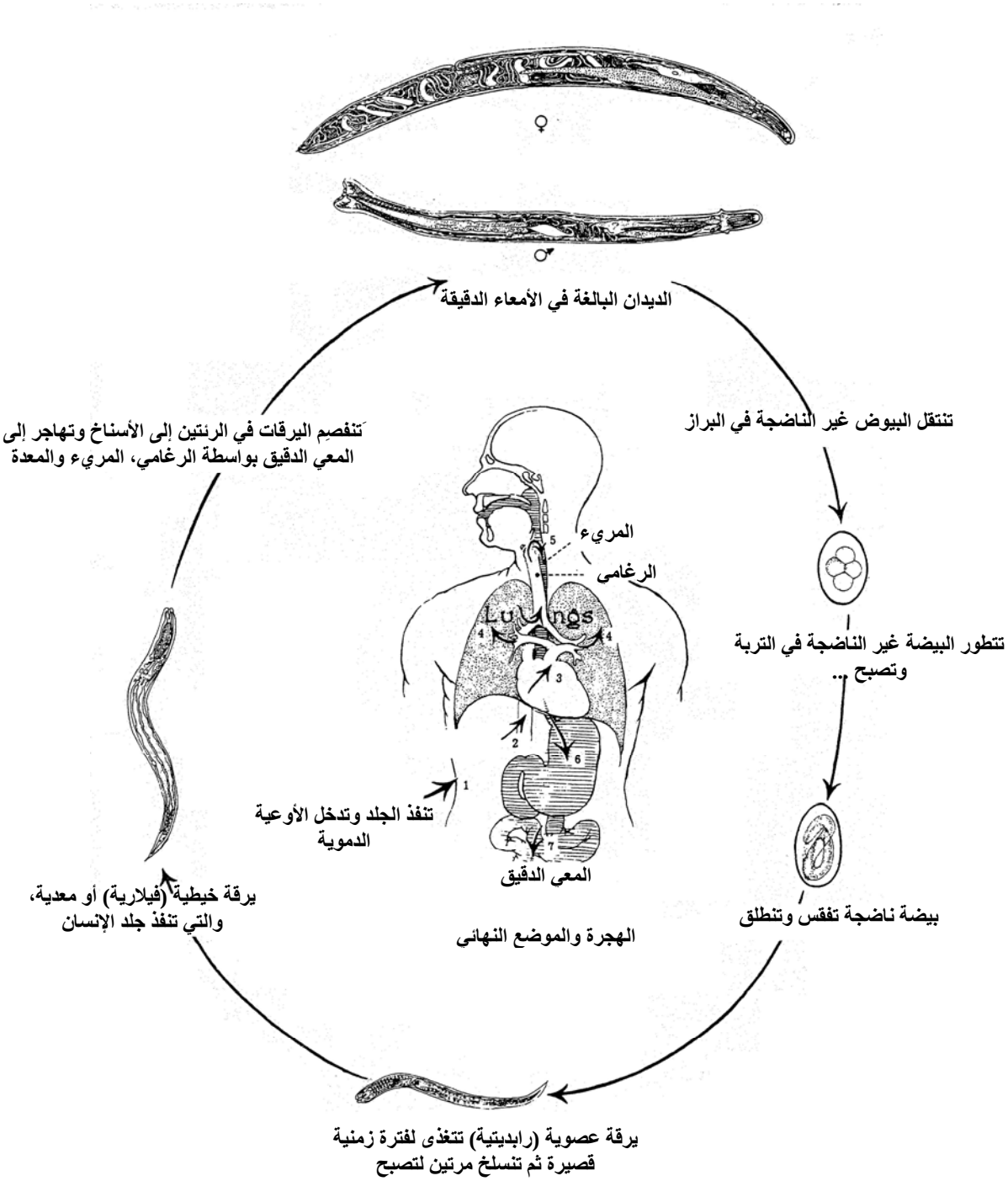
4-1 دورات الحياة



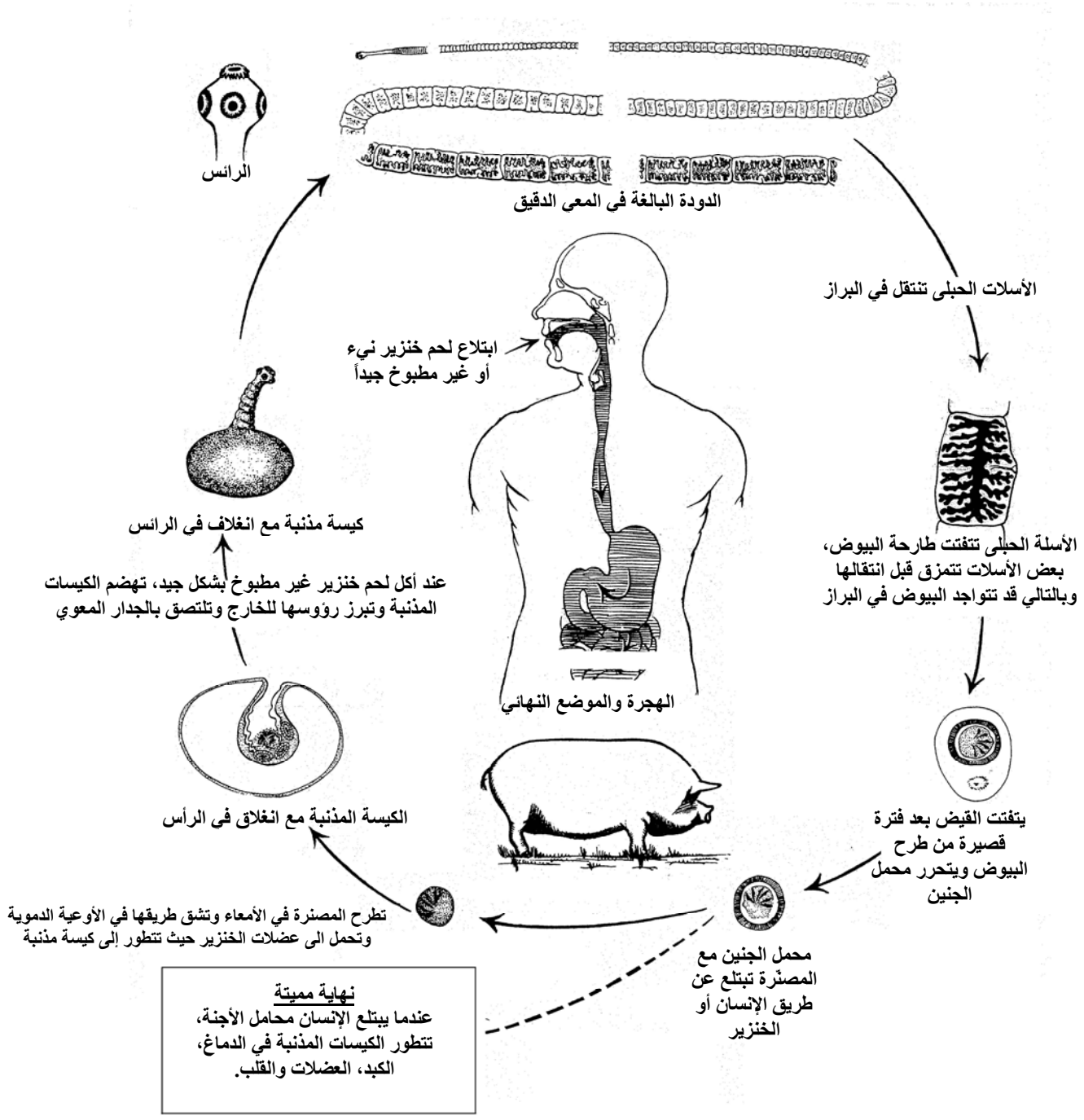
شكل 1-12: *دورة حياة الصفر الخراطيني (Ascaris lumbricoides)*
المصدر: Jeffry and Leach, 1975



شكل 1-13: *دورة حياة المسلكة الشعرية الرأس (Trichuris trichiura)*
المصدر: Jeffry and Leach, 1975



شكل 1-14: *دورة حياة الديدان الشصية (Hookworms)*
المصدر: Jeffry and Leach, 1975



شكل 1-15: *دورة حياة الشريطية المسلحة (Taenia solium)*
المصدر: Jeffry and Leach, 1975

الفصل الثاني

العوامل المؤثرة في مصير بيوض الديدان الطفيلية

يعتمد بقاء الطفيليات خارج المسلك المعدي المعوي للعائل على الظروف البيئية؛ فوبائية دودة الصفر (*Ascaris*)؛ على سبيل المثال تعتمد إلى حد كبير على بيوضها التي لا بد من تطورها جنينياً خارج جسم العائل. وهنالك العديد من المتغيرات الحيوية وغير الحيوية التي يمكن أن تؤثر في أطوار الطفيليات المقاومة. ويوجد تداخل كبير لهذه العوامل المؤثرة في حياة الطفيليات. ولتسهيل ذلك، تم عرض هذه العوامل في النقاش التالي:
تقسم هذه العوامل بشكل عام إلى ثلاث فئات:
1- فيزيائية (درجة الحرارة؛ وضوء الشمس؛ وفصول السنة؛ وغيرها)
2- كيميائية (الأمونيا؛ والأملاح؛ والأحماض؛ وغيرها)
3- بيولوجية (الأعفان والفطريات؛ الحيوانات الأولية واللافقاريات)

وتعتبر قيوض الديدان الممسودة من أكثر التراكيب البيولوجية مقاومة (Wharton, 1986)، إذ إنها توفر درجة عالية من الحماية للأجنة. فهذه القيوض غير منفذة لمعظم المواد باستثناء مذيبات الدهون والغازات، وربما الماء في الحالة السائلة (Wharton, 1980). وتتكون قيوض الديدان الممسودة من ثلاث طبقات رئيسة: طبقة دهنية/ (صفرية) اسكارسية (Ascaroside) داخلية؛ وطبقة بروتينية/ كيتينية (Chitinous) وسطية؛ وطبقة محية (Vitelline) خارجية (Foor, 1967; Bird & McClure, 1976; Matthews, 1986).
وتغطي بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) طبقة خارجية من عديد السكاريد المخاطي والبروتين المعقد التي تفرز من الرحم عند وضع البيوض (Foor, 1967). وتعتبر الطبقة الدهنية الداخلية في قيوض الديدان الممسودة حاجزاً رئيسياً غير منفذٍ للمواد (Bird, 1971). بينما تشكل الطبقات المحية والكيتينية الخارجية ممراً منفذاً للأوكسجين للوصول إلى اليرقة في مراحل التطوير، وهي لا تسمح للجزيئات الأكبر حجماً من جزيء الماء بالوصول إلى الطبقات الدهنية خلال التغيرات في النفاذية (Matthews, 1986).

1-2 العوامل الفيزيائية المؤثرة في بقاء بيوض الديدان الطفيلية:

1-1-2 درجة الحرارة:

بين فيتشم وزملاؤه (Feachem *et. al.*, 1983) موجزاً شاملاً لمتطلبات الحرارة والزمن اللازمين لاتلاف بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) والدودة المسلكة (*Trichuris*)،الشريطية (*Taenia*) والديدان الشصية (Hookworms). وتعتبر درجات الحرارة فوق درجة ˚60م - بشكل عام- مميتة لهذه البيوض. وشغل موضوع تحمل بيوض الصفر (*Ascaris*) لدرجات الحرارة حيزاً واسعاً ف كثير من الأبحاث والدراسات. وأظهرت الدراسات التي اعتمدت على العوامل المؤثرة في بقاء وتطور بيوض الصفر (*Ascaris*) بعض التكيفات في بقائها وتطورها بالإضافة إلى محدوديتها، كما تم التوثيق الجيد لتأثير الحرارة في تطور وبقاء وحجوم وإمراضية المراحل الطليقة لحياة عدد من الديدان الممسودة التي تصيب الحيوانات (Nolf, 1932; Spindler, 1936; Rogers, 1940; Barrett, 1969; Gibson, 1981; Salih, 1981, Kiff and Lewis-Jones, 1984; Udons & Atota, 1987; Smith & Schad, 1989).
ولتسهيل معرفة أثر الحرارة في تطور وبقاء بيوض الديدان المعوية الطفيلية؛ فقد تم فصلها إلى الظروف الثلاثة التالية:

1. درجات الحرارة المثلى:

تتطور اليرقات المعدية لـدودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) في البيضــة على درجات حرارة بين 16°م ±1 و 34°م ±1. وضمن هذا المجال الحراري؛ فان أي زيادة في درجات الحرارة تعني زيادة في معدل سرعة التطور. فقد وصل أعلى معدل سرعة في تطور البيوض على درجة حرارة 31°م ±1. وعندما تتطور اليرقات جنيناً خارج جسم الكائن الحي على درجة حرارة 22°م ±1، تكون عيوشية اليرقات ومقدرتها على النفاذ في الأنسجة في أعلى مستوى، بينما تنتج يرقات معدية ذات قدرة ضئيلة للفقس خارج جسم الكائن الحي عندما تتطور البيوض جنينياً على درجة حرارة 28°م ±1أو أكثر. وتكون ذات محدودية على أن تنفذ في الأنسجة خارج جسم الكائن الحي عند مقارنتها بيرقات ناتجة عن بيوض تطورت جنينياً على درجات حــرارة منخفضة (Arene, 1986). على أي حــال، فإن درجات الحرارة المثلى لسرعة تطور وقدرة اليرقات على البقاء غير متماثلة. ويعزى ذلك إلى بعض المشاكل العملية التي غالباً ما تواجه عند إجراء الدراسات على دودة الصفر (*Ascaris*). فهي تفسر، على سبيل المثال، صعوبة إحداث عدوى تجريبية مخبرية شديدة في الخنازير، بينما تشيع حالات الإصابات القوية بشكل طبيعي من جهة أخرى (Scharts, 1959).

وأشار عدد من الباحثين إلى أن درجات الحرارة المثلى لتطور الأجنة في بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) تكون ما بين 17 إلى 32° م، انظر الجدول (2-1). كذلك يبين الجدول (2-2) درجات الحرارة القصوى والدنيا التي تسمح بتطور جزئي أو كلي لبيوض الصفر (*Ascaris*)، إذ تكون درجات الحرارة القصوى التي تسمح بتكون مرحلة اليرقة المتحركة (تطور كلي) على درجة 34°م (Arene, 1986; Seamster, 1950). بينما يكون التطور جزئياً وبدون مرحلة اليرقة المتحركة على درجة حرارة قصوى مقدارها 38°م. والمعلومات المبينة في الجدول (2-1) والجدول (2-2) هي مدار خلاف وبحث. ويبين الجدول (2-3) قراءة في المراجع العلمية لدرجات الحرارة المثلى لتطور بيوض عدد من أنواع الطفيليات.

2. درجات الحرارة المنخفضة:

تمت دراسات قليلة حول تأثيرات درجات الحرارة المنخفضة في بيوض دودة الصفر (*Ascaris*). فدرجات الحرارة المنخفضة (8°.9 م إلى 15°.6 م) تثبط اكتمال تطور الخلايا داخل البيوض، بينما يتم تطور البيوض إلى مرحلة الأجنة الطليقة عند نقلها إلى درجــة حــرارة الغرفة (Seanster, 1950). ومن المتعارف عليــه أنه عند تخزين البيوض على درجات حرارة تتراوح بين 7 إلى 8°م، تبقى البويضات عيوشة لكن بدون انشطار، وغالباً لا تكون هذه البويضات في حالة هجوع تام، ولكنها قد تخضع لتغيرات فسيولوجية.

جدول (2-1): قراءة في المراجع العلمية حول مدى درجات الحرارة والدرجة المثلى لتطور بيوض دودة الصفر Ascaris

المرجـــــع	درجــة الحــرارة (مْ)
Cram (1924)	24
Seamster (1950)	31.3
Fairbairn (1961)	31 – 30
Hass & Todd (1962)	27
Timoshin (1967)	30 – 17
Arfaal (1978)*	26 – 22
Arene (1986)	1±31
Fleming (1987)	24
Barnard et al. (1987)	1±29

* : الصفر الخراطيني *Ascaris lumbricoides*

جدول (2-2): قراءة في المراجع العلمية حول درجات الحرارة القصوى والدنيا التي تسمح بتطور بيوض دودة الصفر Ascaris

المرجــع	درجة الحرارة الدنيا (مْ)	تطور جزئي القصوى (مْ)	تطور كامل القصوى (مْ)
Arene (1986)	16	38	34
Stevenson (1979)	15	-	-
Seamster	16.7	37.2	34.4
Zadowski & Sedorov, 1931 (Cited by Seamster, 1950)	8 – 6	-	-
Timoshin (1967)	13	36	30

جدول (2-3): قراءة في المراجع العلمية حول درجات الحرارة المثلى لتطور أنواع عديدة من بيوض الطفيليات

نوع الطفيل	درجة الحرارة	المرجع
الصفر الخنازيري	31.3	Seamster (1950)
الصفر الخنازيري	1±31	Arene (1986)
المسلكة الشعرية الرأس	30	Feachem *et. al.;* (1983)
الفتاكة الأمريكية	27 – 20	Feachem *et. al.;* (1983)
الفتاكة الأمريكية	30	Udonsi & Atata (1987)
الملقوة العفجية (الإثني عشرية)	32 – 28	Feachem *et. al.;* (1983)
اسبكيولاريس تترابترا [أ] *Aspicularis tetraptera*	30 – 20	Anya (1966)
المتورقة الكبدية	22	Kiff & Leuis-Jones (1984)
أوستيرتاغية اوستيرتاغي [ب] *Ostertagia ostertagi*	25	Pandey (1972)

أ : الأقصورة (الدودة الدبوسية) التي تصيب الفأر.
ب : الديدان الممسودة الأسطونية الشعرية التي تصيب المواشي.

إن درجة الحرارة الدنيا التي تحتاجهـا بيوض الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) لإحـراز تطور إلى مرحلة الأجنة الطليقة هي 16.7˚م ولمدة 37 يوماً (Seamster, 1950; Arene, 1986). بينما يتوقف تطـورها وتموت البويضات عندما لا تتجاوز درجة الحرارة المحيطة 15˚م ، انظر الجدول (2-2) (Stevenson, 1979).

وتموت نسبة عالية من البيوض والأجنة المتطورة جزئياً للدودة المسلكة (*Trichuris*) عند تعريضها لدرجات حرارة منخفضة إلى درجة التجميد (-9 إلى 12˚م)، بينما لا يحدث هذا التأثير على دودة الصفر (*Ascaris*)، كما وجد أنه كلما زادت مرحلة تطور بيوض الدودة المسلكة (*Trichuris*) قلت مقاومتها لدرجات حرارة التجميد (Nolf, 1932). ولهذا طبقاً للبحوث والتقارير المتعلقة بالديدان الممسودة التي تصيب الإنسان، توجد دودة الصفر (*Ascaris*) على نطاق أوسع وأقوى في المناخات الباردة أكثر من الدودة المسلكة (*Trichuris*).

وتتطور بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) التي سبق تعريضها لدرجات حرارة تجميدية إلى أجنة منشطة بعد حضانتها على درجة 24˚م. ولا تؤثر طول مدة التعريض للبرودة ولا درجة الحرارة نفسها في معدل التطور لهذه البيوض عند إعادة تخزينها على درجة حرارة 24˚م. وبالرغم من أن درجة الحرارة المنخفضة في بعض الحالات تسبب تكسير جبلة (Protoplasm) البيوض، ومن ثم تفقدها مظهرها الطبيعي، إلا أنه ليس لذلك أي أدنى تدخل في تطور البيوض، حيث فقدت هذه البيوض هيأتها الطبيعية وقل عددها أو أنها اختفت كلياً أثناء فترة الحضانة. ومع أن الأجنة النشطة قد نمت إلا أن عمرها قد قصر. ويبدو أن هذا التعريض الطويل لدرجات الحرارة المنخفضة يضعف من عيوشية هذه الديدان، ويحتمل بأن عدوى بعض هذه الديدان تقل وتنقص، فعلى سبيل المثال، انخفضت نسبة تفقيس البيوض المعدية لدودة الصفر (*Ascaris*) التي تم تجميدها لسنتين من 77% إلى 47% (Fairbairn, 1961).

بيوض الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) حية لمدة 40 يوماً عند تعرضها لدرجات حرارة تتراوح بين -18 إلى -27˚م (Cram,1924). وماتت الأجنة المتطورة في بيوض دودة الصفر نتيجة تعرضها لدرجات حرارة بين -21 إلى -27˚م لمدة 20 يوماً، بينما بقيت حية عند تعريضها لدرجات الحرارة نفسها لمدة 10 أيام أو حتى لمدة 30 يوماً عند تعريضها لدرجات حرارة بين -11 إلى-8 ˚م.

وبناءً على ما سبق، يستدل بأنه مع أن لدرجات الحرارة المنخفضة جداً تأثيراً مدمراً على حيوية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) فإن كثيراً من البيوض تستطيع البقاء في أجواء شتوية باردة جداً تحت الظروف الطبيعية. ولا يقتصر تأثير برودة الشتاء على القضاء على حيوية بيوض ديدان الصفر (*Ascaris*) الموجودة في حظائر الحيوانات و الاسطبلات والمراعي أو غيرها فحسب؛ ولكن بإضعاف قدرتها على العدوى مع مرور الوقت، وذلك عن طريق وضعها للبيوض في تربة متجمده, وبالتالي التقليل من إمكانية وصولها للخنازير (Cram, 1929).

عند كل نقصان مقداره خمس درجات مئوية بين 35˚م إلى 8˚م، تتضاعف لزوجة الجبلة (Protoplasm) لـدودة الصفر الخيلي (*Ascaris megalocephla*) مرتين. وقد تم الحكم على ذلك من الزمن اللازم لتنبيذ المتقدرات (Mitochondria) في أسفل خلايا البيوض. ولا شك في أن زيادة اللزوجـة على درجات الحرارة المنخفضة تثبط التفاعلات الكيميائية من ثمَ التطور (Fann-Fremiet, 1913 cited in Brown, 1928).

وتقاوم بعض الديدان الممسودة الأسطونية (Strongylid nematodes) البرودة لمـدة طويلة، فدرجات حرارة الشتاء في كندا وبريطانيا لا تقتل بيوض الديدان الممسودة الأسطونية التي تصيب الخيول، وتفقس بشكل طبيعي في الربيع بدلاً من تثبيط تطورها (Parnell, 1934, and Ogbourne, 1972 cited by salih, 1981). فضلاً عن ذلك، تستطيع بيوض الديدان الممسودة الأسطونية الأخرى مقاومة درجات الحرارة التجميدية (Salih, 1981).

3. درجات الحرارة المرتفعة

تشير حقيقة أن تعريض الكائن الحي إلى درجات حرارة أعلى من الدرجات المثالية لنموه يثبّط كل العمليات الفسيولوجية لهذا الكائن إلى وجود تثبيط مماثل للبيوض المتطورة التي تم تعريضها لدرجات حرارة مرتفعة. لذلك؛ فإن أبسط طريقة للتخلص من بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) هي بالتسخين عوضاً عن التخزين الطويل لها أو بإضافة مبيدات البيوض.

وهنالك العديد من الأبحاث التي تطرقت إلى بقاء بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) وعلاقتها بدرجة الحرارة تحت ظروف بيئية مختلفة. لكن هذه الدراسات كانت متناقضة في بعض الأحيان. ويبين الجدول (2-4) العديد من الدراسات والأبحاث التي اهتمت بدراسة مقاومة بيوض دودة الصفر الخراطيني (*A. lumbricoides*) للحرارة وطرق القتل المختلفة لتلك البيوض. بين أوغاتا (Ogata, 1925) قدرة بيوض ديدان الصفر (*Ascaris*) على مقاومة درجات الحرارة المرتفعة، وذلك باستخدام بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) على أعواد الثقاب المنقوعة في ماء ساخن. بينما قام سويلس وفورمان(Swales & Froman, 1939) بدراسة ظروف عملية البسترة السريعة. واستخدم كرام (Cram, 1943) درجات الحرارة العالية والتسخين الجاف للتخلص من عدوى بيوض ديدان الصفر (*Ascaris*) الموجودة في الحمأة. بينما حدد ريس وزملاؤه (Reyes *et. al* 1963).,الزمن والحرارة اللازمين للقضاء التام على البيوض كاملة التطور الجنيني في المفرغات (المخلفات) البشرية (Nightsoil). وعالج نولف (Nolf, 1932) بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) باستخدام أنابيب غير مغلقة داخل حوض مائي. بينما قام بارنارد وزملاؤه (Barnard *et. al.;* 1978) بمعالجتها باستخدام أنابيب مغلقة داخل حوض سيليسيومي. كما عمل عرفة (Arfaa, 1978) على حضانة بيوض ذات يرقات كاملة التطور الجنيني على درجات حرارة متباينة، ولأوقات مختلفة.

الجدول (2-4): ملخص من المراجع العلمية حول تجارب متعلقة بتأثير الحرارة/ الزمن في بيوض أنواع من دودة الصفر Ascaris

المرجع	الحالة ا لحيوية	الزمن (دقيقة)	درجة الحرارة (مْ)
Bernard *etal.*, (1987)	تطورت البيوض	6.5	55
Kiff & Lewis-Jones (1984)	موت البيوض*	10	50
	موت البيوض	10	55
	موت البيوض	10	60
Arfaa (1978)	30% يرقات متحركة	10	60
	موت البيوض	15	60
Arfaa (1978)	43% يرقات متحركة	5	65
	موت البيوض	10	65
Arfaa (1978)	34% يرقات متحركة	3	70
	5% يرقات متحركة	5	70
	موت البيوض	10	70
Reyes *et. al;* (1963)	فقس خارج جسم الكائن الحي	19.5	55
	فقس خارج جسم الكائن الحي	2	65
Keller (1951)	موت البيوض	ساعتان	55 – 54
Rudolfs *et. al.;* (1950)	يرقات متحركة	10	60
Seamster (1950)	موت البيوض	8 أيام	37.8
	10% يرقات متحركة	13 يوماً	34.4
Cram (1943)	موت البيوض	3	103
	41% يرقات متحركة	1	103
	29% يرقات متحركة	20	50
Nolf (1932)	68% يرقات متحركة	3	53
Ogata (1925)	موت البيوض	ثانية واحدة	70
	يرقات متحركة	أربعون ثانية	55
Ohba (1923)	موت البيوض	عشر ثوان	70
	موت البيوض	5	60

*: موت البيوض: يعني عدم وجود انشطار خلوي وعدم وجود أجنة متحركة.

يتبين من المراجعة السابقة عدم وجود وحدة في نوعية التقنيات المستخدمة في تلك الفحوص التي عكست النتائج الموجودة في الجدول (2-4). وبالتالي من الصعوبة بمكان الوصول إلى نتائج متماثلة ومتناسقة. ولهذا؛ يجب أن تجري التجارب التي تدرس تأثير درجة الحرارة على مستنبتات ذات قدرة أكثر تماثلاً.

بيّنت الدراسات السابقة موت بيوض دودة المسلكة (*Trichuris*) عند تعريضها لدرجات حرارة منخفضة نسبياً (52 إلى 54°م) لوقت قصير اكثر مما تأثرت به بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) (Nolf, 1932). كما تبيّن أن نسبة بقاء بيوض الدودة المسلكة (*Trichuris*) تضاءلت من 67% إلى 14% وبنسبة 93% إلى 2% لبيوض دودة الصفر (*Ascaris*) عند تعرض هذه البيوض لدرجات حرارة مرتفعة لدقائق أخرى وزيادة درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة. علاوة على أن تعريض بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) والدودة المسلكة (*Trichuris*) لدرجات حرارة أعلى من 52°م إلى 54°م، ولو لفترة وجيزة من الوقت، يفقد معظمها القدرة على التطور جنينياً. كما وجد أن موت الدودة الشريطية العزلاء (*Taenia Saginata*) يحدث خلال خمس دقائق على درجة حرارة 71°م، ولمدة 50 دقيقة على درجة 45°م بالنسبة لدودة الفتاكة الامريكية (*Necator americans*) (Gotass, 1953). وتعتبر بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) مقاومة جداً للحرارة لذلك تستخدم بوصفها مؤشرات على فعالية المعالجة الحرارية، وذلك مقارنةً ببيوض الدودة الشريطية (*Taenia*) التي يكون التحري عنها أصعب من دودة الصفر (*Ascaris*).

ونتج عن المعالجة الحرارية على درجات 50، 55 و 60°م تثبيط النمو والتطور الطبيعي للبيوض تثبيطاً كاملاً وتاماً (Kiff & Lewis-Jones, 1984). وتزداد نسبة القضاء على البيوض بزيادة درجة الحرارة، وزمن التعريض عند تلك الدرجة. وينتج عن تعريض أنواع من بيوض دودة المونيزا (*Monieza*) لدرجة حرارة 55°م لمدة خمس دقائق القضاء على تلك البيوض، بينما يثبط التطور الطبيعي لبيوض الدودة المتورقة (*Fasciola*) بشكل كامل عند تعريضها إلى درجة حرارة

50°م لمدة دقيقتين.

عند المعالجة على درجة حرارة أعلى من 65°م؛ يصبح الغشاء الصفري (Ascaroside) غير منتظم بشكل دائم، وبالتالي تزيد فرصة تعرضه للذوبان لقربه من درجة الذوبان؛ وهي 82°م (Fairbain, 1970; and Wharton, 1979). وقد لوحظت زيادة مفاجئة في النفاذية عند قياسها بطريقة الحضانة على درجة حرارة 44°م في محلول الفوكسين الحمضي مقارنةً مع درجات حرارة مختلفة (Barrett, 1976).

2-1-2 أشعة الشمس والإشعاع فوق البنفسجي

أجريت دراسات جادة على الظروف والعوامل المؤثرة في تطور بيوض أنواع من ديدان الصفر (*Ascaris* sp.). لكن وحتى وقت قريب، هناك القليل من العمل الشامل الذي تم تنفيذه حول أثر الأشعة فوق البنفسجية في تطور وعيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*). وتمت دراسة ومعرفة الأثر الضار للإشعاع الكهرطيسي على بيوض ويرقات الديدان الطفيلية منذ سنوات عديدة. ويكفي تعريض بيوض دودة الصفر الخيلي (*Ascaris megalocephala*) للإشعاع فوق البنفسجي لمدة 10 إلى 60 ثانية على درجة حرارة 16 و 40°م ، لقتل 10 إلى 80% من تلك البيوض، ويختلف هذا التأثير بطول فترة التعريض (Dagnon & Tsang, 1928; cited in Nolf, 1932). كما وجد أن بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) قد قتلت عند تعريضها للأشعة فوق البنفسجية ذات أطوال موجة بين 280 و 315 نانومتر أو بين180 و315 نانومتر (Nolf, 1932).

ووجد عند مقارنة تأثيرات الإشعاع فوق البنفسجي على المراحل المعدية لبعض الديدان الممسودة الطفيلية أن حساسية التعرض للإشعاع مرتبطة بدورة الحياة (Tromba, 1978 a, b). فدودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) والمتوجة المسننة (*Stephanurus dentatus*) والاسطوانيات الحليمية (*Strongyloides papillosus*) والسرمية الدودية (*Enterobius vermicularis*) والنيبونية البرازيلية (*Nippostrongulus brasiliensis*) التي تحتاج جميعها للمراحل المعدية كي تعيش، تتأثر بوضوح عند تعريضها لجرعة من الإشعاع فوق البنفسجي على مقدرة 600 مكروواط لكل دقيقة على مساحة سنتمتر مربع واحد أو أقل من ذلك. في حين لا يؤثر تعرض المراحل الطفيلية للديدان التشابرتية الغنمية (*Chaberitia ovina*) والمحجنية المتلوية (*Haemonchus contortus*)، والأوستيرتاغية الختانية (*Ostertagia circumcincta*) لكمية كبيرة من أشعة الشمس إلا على مجمل جرعة مقدارها 8000 إلى 13000 مكروواط لكل دقيقة على مساحة سنتمتر مربع واحد.

وتكون بيوض الدودة السرمية الدودية (*Enterobius vermicularis*) أشد حساسية للإشعاع فوق البنفسجي عند أطوال أمواج أقل من 2400 أمبير (Hollaender *et. al*.; 1940). كما يقل نشاط ذوانب دودة المنشقة (البلهارسية المنسونية (*S. mansoni*) بعد تعرضها لإشعاع الضوء فوق البنفسجي، ويزيد هذا التأثير عند زيادة الجرعة وزيادة أعمار الذوانب، إذ تعتمد قدرة اختراق الأنسجة ونضوج هذه الذوانب على مستويات التعرض للإشعاع (Ariyo & Oyerinde, 1990).

وتعد بيوض الدودة المسلكة (*Trichuris*) الأكثر مقاومة لتأثيرات الضوء. وبالرغم من عدم فهم اختلاف حساسيتها للضوء بشكل تام، إلا أنه يعتقد بأن التصبغ الداكن في الجدار الخارجي لبيوض الدودة المسلكة (*Trichuris*) يوفر حماية لها من الإشعاعات الضوئية القصيرة. كما تبين أن تعريض بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) للضوء لمدة قصيرة جداً كان كافياً لمنع نسبة عالية منها من الوصول إلى مرحلة التكوين الجنيني، وأن الزيادة البسيطة في زمن التعريض كانت كافية لموت تلك البيوض (Nolf, 1932).

وهناك القليل من المعلومات المثبتة المتعلقة بتأثير ضوء الشمس المركز في بيوض من جنس دودة الصفر (*Ascaris*). ولا تفسر المعلومات الدقيقة المتوافرة عن تأثير ضوء الشمس في بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) قلة انتشار هذا المرض في بعض المناطق الحارة، ولكنها توفر أيضاً معلومات عن العوامل المؤثرة في انتشار هذا المرض وغيره من الطفيليات تحت

الظروف المدارية. كما يمكن أن تفسر هذه المعلومات ارتفاع مدى انتشار دودة الصفر (*Ascaris*) في المناطق المعتدلة مقارنة مع غيرها، وربما اعتبرت هذه المعلومات أساساً لتطوير وسائل التحكم في وجود الديدان المدورة.
تموت بيوض دودة الصفر الخنازيـــري (*Ascaris suum*) المحفوظة داخل المـــاء عند تعريضها لأشعة الشمس في غضون 4 إلى 6 ساعات، بينما تموت البيوض الجافة خلال ساعتين بعد تعرضها للأشعة. وتموت البيوض المتطورة جنينياً في الماء بعد فترات تعرض تتراوح بين 3 إلى 4 ساعات، بينما تموت بعد ساعة أو ساعتين عند تعرضها للأشعة تحت ظروف جافة. من ناحية أخرى، تزداد درجة حرارة الوسط المحيط بالبيوض أكثر من 40°م خلال فترة التعرض. وتحت هذه الدرجة أو أكثر وفي غياب إشعاع ضوء الشمس يثبط تطـــور هذه البيوض بشكل قوي (Roberts, 1943). كما وجد أن بيوض دودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) الموجودة تحت ظروف جافة وفي مياه ضحلة تموت بعد تعريضات قصيرة ومستمرة (من 5 إلى 9 ساعات) لأشعة الشمس على درجات حرارة من 30 إلى 35°م (Spindler, 1940).
وتحتاج بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) التي تطورت جنينياً بشكل كامل إلى فترات أطول من التعريض إلى أشعة الشمس حتى تموت أكثر مما تتطلبه في حال كونها في المراحل غير المتطورة. وتعتبر بيوض دودة نظيـــرة الصفر الخيليـــة (*Parascaris equorum*) المتطورة جنينياً والتي تصيب الخيول، مقاومة بشكل واضح للتأثير الضار للأشعة فوق البنفسجية أكثر من تلك غير المتطورة (Shalimov, 1935).
ويوفر وجود بيوض دودة الصفر(Ascaris) في الكتل البرازية حماية أكبر أو أقل لها خلال الفترة المبكرة لتطورها تحت ظروفٍ طبيعيةٍ، هذا بالإضافة إلى كونها أكثر مقاومة لأشعة الشمس في المراحل المتأخرة من تطورها، مما يزيد من احتمالية بقاء بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) حتى تحت ظروف مناخية مدارية.
وتفضل يرقات الديدان الشصية الأماكن المظللة، ربما لكون الضوء يسبب استثارة لليرقات وزيادة في نشاطها، وبالتالي يزيد من استنزاف الدهون. وهذا يفسر قصر عمر هذه اليرقات وقلة تأقلمها للجفاف بوجود الضوء. وتؤثر درجة حرارة التحضين لبيوض دودة الفتاكة الأمريكيـــة (*Necator americans*) في تعميرها وتأقلمها للجفاف، ومن ثم في إنتاج يرقات معدية. ولليرقات التي فقست على درجة حرارة 30°م وحفظت على درجة حرارة 26°م تحت ضوء فلوري (Fluorescent) فرصة 50% للبقاء حية لمدة أربعة أيام. وقد كانت(S_{50}) لليرقات التي حفظت في الظلمـــة أو في الظل على درجة حرارة 30°م خمسة أسابيع، بينما كانت (S_{50}) سبعـــة أسابيع لليرقات التي فقست على درجة 20°م (Udonsi and Atata, 1978). وتدل التقارير الحديثة الواردة عن كون زيادة الإشعاع فوق البنفسجي ناتجاً عن نقصان في طبقة الأوزون الحامية للأرض على الحاجة لمزيد من البحث والتقصي عن دور هذه الأشعة في تطور عيوشية وعدوى بيوض الديدان الممسودة الطفيلية.

3-1-2 التجفيف (دراسات مخبرية وميدانية)

يعتبر التجفيف عدواً لبيوض دودة الصفر (*Ascaris*). وقد تم تدوين القليل فيما يتعلق باحتياجات الرطوبة لتطور بيوض دودة الصفر (*Ascaris*). ويبين الجدول (2-5) ملخصاً لتأثيرات التجفيف في بيوض الديدان الطفيلية. ويجمع معظم الباحثون على أن تطور البيوض يثبط عند عدم توافر الرطوبة، وأن الجفاف الشديد يدمر عيوشيتها. تم تأكيد الحد الأدنى من احتياجات الرطوبة لبيوض دودة الصفر (*Ascaris*) في الجزء الأول من القرن العشرين، وهو 80% رطوبة نسبية التي تحتاجها البويضة لتتطور على درجة حرارة 22°م (Otto, 1929, Wharton, 1979). لقد لوحظ أن استنبات بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) إلى مرحلة الأجنة المتحركة قد قتل بعضها في غضون 9 أيام، وأن جميعهـــا قد ماتت بعد 37 يومـــاً من تجفيفها على درجة حرارة الغـرفة (Brown, 1928).
وبينت الدراسات أن تطور بيوض الدودة المسلكة (*Trichuris*) إلى أجنة، يحتاج إلى جو أكثر إشباعاً بالرطوبة مما تحتاجه بيوض دودة الصفر (*Ascaris*)، وأن بيوض الدودة المسلكة أقل مقاومة للتجفيف. وهذا دليل على موت بيوض الدودة المسلكة (*Trichuris*) تحت ظروف رطوبة نسبية جزئية أكثر مما هو الحال عند بيوض دودة الصفر (*Ascaris*). أما تفسير هذا الاختلاف؛ فيعود إلى اختلافين رئيسين في البيوض:

1- **مقارنة الأحجام:** بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) أكبر حجماً وذات مساحة أكبر فيما يتعلق بالغشاء الليفي المحيط بها الذي يسمح لها بانتشار الغازات.
2- **الزمن اللازم لإكمال عملية تطور الأجنة تحت الظروف المثلى:** حيث تحتاج بيوض الدودة المسلكة (*Trichuris*) إلى زمن أطول لإكمال تطورها أكثر مما تحتاجه بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) (Nolf, 1932).

الجدول (2-5): ملخص المراجع العلمية حول تأثيرات الرطوبة في بقاء بيوض الديدان الممسودة

الأنـــواع (بيوض)	درجة الحرارة (مْ)	محتوى النداوة أو الرطوبة النسبية (ر. ن%)	ملاحظـــــــــات	المرجـــــع
الصفر	22	80	احتياجات دنيا من الرطوبة لتطور البيوض	(Otto (1929
الصفر والمسلكة	30 – 20 22	50 – 40 77	غير قادرة على التطور وتتدمر بشكل كامل بعد أربعة أيام من التعرض 3.5% و 2.2% تصل إلى مرحلة التويتة على التوالي في 11 يوماً لبيوض الصفر والمسلكة.	Nolf (1932)
الصفر الصفر	بيت زجاجي (13-46) بيت زجاجي (38– 4)	11.5 – 5.8 4.2 – 3.3	تبقى البيوض حية لمدة 51 و 81 يوماً على التوالي البيوض غير عيوشة بعد 78 يوماً	Cram & Hicks (1944)
الصفر الصفر	28.9 – 26.7 31.1	95 95 – 80	تطورت البيوض بشكل كامل تتطور البيوض فقط لمرحلة التويتة المبكرة	Seamster (1950)
الصفر	طبق بتري مفتوح ومعرض لأشعة الشمس (الحرارة لم تسجل)	3.1	10% من البيوض كانت عيوشة بعد 51 يوماً	Bhaskaran et al. (1956)
الصفر الصفر الصفر الصفر الصفر الصفر	30 16.5 30 16.5 30 16.5	صفر صفر 75.5 76 34 – 33 32.5	انخمصت البيوض بعد 3 أيام انخمصت البيوض بعد 3 أيام تطورت البيوض إلى مرحلة الأريمة (Blastula) وانخمصت بعد 7 أيام لا يوجد المزيد من التطور بعد مرحلة المعيدة (Gastrula) بعد 51 يوماً من التعرض لا تطور بعد مرحلة الخليتين وتنخمص بعد 4 أيام لا تطور بعد مرحلة الخليتين وتنخمص بعد 17 يوماً	Wharton (1979)
الصفر والسهمية	الخريف الشتاء الربيع الصيف	5 7 8 15	بيوض غير نشطــة	Reimers et al. (1981)
الأسطوانية الشعرية الكولوبروفورمية *Trichostrongylus colubriformis	20 20	صفر – 33 و 54.5 98 – 76	بقاء ضعيف فقست البيوض بعد التعرض لمدة 104 أيام	Wharton (1982)

*: طفيليات ديدان ممسودة تصيب النبات، بيوض متطورة

ولاحظ العديد من الباحثين الأوائل أن دودة الصفر الخراطيني (*A. lumbricoides*) تتنكس بسرعة عند تعرضها لأشعة الشمس المباشرة على أنواع مختلفة من التربة (Ogata, 1925, Brown, 1928, chalwell, 1928 and otta, 1929). وبينت الدراسات التي اهتمت بتأثيرات الرطوبة في بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) تحت ظروف ميدانية، أن بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) التي تصيب الإنسان تقتل بشكل سريع في مستنبتات برازية على الرمل تحت أشعة الشمس المباشرة (Brown, 1928). وهذا يقودنا إلى استنتاج مفاده أن التجفيف والحرارة عاملان مهمان لقتل هذه البيوض. إذ أشارت النتائج إلى أن نوع التربة عامل مهم فيما يتعلق بسرعة تطور وعيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) والدودة المسلكة (*Trichuris*). ولم تنتج المستنبتات التي وضعت في الرمل تحت أشعة الشمس المباشرة أي بيوض متطورة جنينياً، بينما أنتجت تلك التي وضعت في الظل. وأنتجت المستنبتات التي وضعت في الطفال الرملي، الغضار والذبال أجنة. لكن بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) كانت أبطأ في تطورها في الذبال نتيجة لقلة الأوكسجين. وتزداد درجات الحرارة للرمال فوق 50˚م عند تعرضها لأشعة الشمس المباشرة، التي تبيّن أنها قاتلة لبيوض دودة الصفر (*Ascaris*)، بينما لم تصل درجة حرارة أنواع أخرى من التربة إلى هذه الدرجة (Ogata, 1925). على كل حال، لا يوجد فرق أو اختلاف واضح بين تأثيرات الضوء والتجفيف. وهنالك دراسات بيّنت موت بيوض دودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) غير المتطورة جنينياً والمحفوظة في المياه الضحلة على درجة حرارة من 30 إلى 35˚م تحت أشعة الشمس المباشرة في غضون 3 ساعات، بينما قاومت البيوض المتطورة جنينياً - بشكل كامل- هذه الحرارة (Spindler, 1940).

كانت قدرة البيوض المتطورة جنينياً لدودة الصفر الخراطيني (*Ascaris lumbricoides*) على تجنب التجفيف عن طريق تقليل فقدان الماء منها عبر قشرتها مدار عدد من الأبحاث (Wharton, 1979). فقد وجد بأن بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) التي تعرضت للتجفيف فقدت الماء بمعدل اعتمدت فيه على الرطوبة النسبية ودرجة حرارة البيئة المحيطة بها. وأدى ذلك إلى انخماص هذه البيوض وموت الأجنة التي بداخلها. وتعتبر بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) صغيرة نسبياً وذات سطح كبير مقارنةً بحجمها. وعليه، يقيد أي تبادل غازي، ولو كان ضئيلاً، نسبة فقدان الماء منها، ومن ثم يؤكد حاجة تلك البيوض للأوكسجين لإتمام تطورها جنينياً. كما وجد أن الرطوبة النسبية لا تؤثر، بشكل واضح، في معدل التطور؛ فالبيوض التي تعرضت للتجفيف على درجات حرارة متفاوتة وثابتة تعرضت لفقدان الماء منها بمعدل طردي مع زيادة درجة الحرارة، فقدرة قشرة البويضة لتقليل فقدان الماء منها عند تعريضها لدرجة حرارة بين 63 و 65˚م قد تلاشت. وبناءً على الظواهر السابقة؛ فإنه لا يوجد ما يعرف بدرجة حرارة حرجة وانتقالية، لكن يمكن التنبؤ بوجود إذابة تدريجية للمزيج المعقد المكون للطبقة الدهنية (Wharton, 1979).

تأثيرات التجفيف بالهواء في بيوض الطفيليات الموجودة في الحمأة: يعرف التجفيف بتأثيراته المدمرة على الطفيليات. وتتوافر القليل من المعلومات عن بقاء بيوض الديدان المعوية الطفيلية في أحواض التجفيف. هنالك علاقة لوغاريتمية بين كثافة بيوض الطفيليات العيوشة ونسبة الرطوبة في أحواض التجفيف. وتزداد عملية تثبيط بيوض الطفيليات طردياً مع نقصان محتوى الرطوبة في الحمأة الموجودة في أحواض التجفيف. وكانت نسبة أدنى مستوى نداوة مطلوب حتى تثبط بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) والدودة السهمية (*Toxocara*) 5% في الخريف و7% في الشتاء و8% في الربيع و 15% في الصيف. وبناءً عليه، تؤدي زيادة درجة الحرارة ونقصان محتوى الرطوبة دوراً مهماً في تثبيط هذه الطفيليات (Reimers *et. al*, 1981). وكانت الدراسات المتعلقة بعملية تثبيط بيوض الطفيليات في الحمأة الجافة قد أجريت على حمأة قد تم هضمها لا هوائياً. وأظهر الهضم اللاهوائي تأثيراً قليلاً على عيوشية بيوض الطفيليات، لكن يحتمل أن يكون له تأثير متدائب، وبخاصة عندما يتزامن مع التجفيف الهوائي. وعليه هناك دور غير ثانوي للهضم اللاهوائي عندما نتحدث عن التجفيف الهوائي (Ward *et. al.;* 1984).

ومع ذلك، كانت معظم الدراسات المشار إليها دراسات تجريبية تضمنت خطوة تضاف فيها البيوض بأعداد كبيرة إلى مياه الصرف الصحي العادمة الخام أو إلى الحمأة المهضومة. وهناك القليل من الدراسات الميدانية التي أجريت لتحديد مدى بقاء عدة أنواع من الطفيليات الواطنة. لذلك من الصعوبة بمكان استقراء معلومات من هذه التجارب على أرض الواقع وفي أماكن تستخدم فيها الحمأة بشكل طبيعي. ويمكن بدقة تحديد التأثيرات الفيزيائية المختلفة تحت ظروف مخبرية محكمة. ولكن من الصعب ربط هذه المعلومات - بحد ذاتها - بالأماكن الطبيعية لحدوثها، إذ لا تتعرض البيوض فقط لتأثير عدة عوامل فيزيائية مجتمعة فحسب؛ بل لعوامل بيولوجية أيضاً.

ويسبب التجفيف الهوائي للحمأة إلى مستويات نداوة متدنية بوضوح القضاء الكامل على بيوض الطفيليات. وجرى التوصل إلى هذا الاستنتاج عبر دراسات دامت أكثر من 50 عاماً (Cram, 1943)، وتم تأكيده باستخدام تجارب حديثة (Reimers *et. al.;* 1981, Hindeyeh, 1995). وتقاوم بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) وتبقى حية أثناء عملية التجفيف إلى أن يصل محتوى الرطوبة في الحمأة إلى ما يعادل 5.8%. لكن لا تستطيع المقاومة والبقاء حية عندما يصل هذا المحتوى إلى أقل من ذلك (Cram & Hicks, 1944). ففي شمال إفريقيا وعند تجفيف الحمأة تحت أشعة الشمس لمدة أربعة أشهر في طبقات يتراوح سمكها بين 37 إلى 150مم، قضي على بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) في الطبقة الأولى (37مم)، حيث تدنى محتوى الرطوبة من 84% إلى أقل من 3%. بينما بقيت حية في الطبقات السميكة (Hogg, 19850). وفي الهند، وعبر تجارب مخبرية، تم حفظ عينات الحمأة في أطباق مفتوحة معرضة لأشعة الشمس المنفذة. وبعد 51

يوماً، تدنى محتوى الرطوبة إلى 3.1% لكن بقي ما مقداره 10% من البيوض عيوشاً تحت تلك الظروف (Bhuskaran *et. al.;* 1956). ويستنتج من ذلك أن التجفيف وحـــده غير فعّال، فللقضاء على عيوشية هذه البيوض بشكل كامل، لا بد من تجفيف الحمأة على درجات يكون مستوى الرطوبة فيها قليلاً جداً، لكن هذا الأمر لا يمكن تحقيقه عملياً.

4-1-2 بقاء الديدان الطفيلية في التربة وعلى المحاصيل

قام فيتشام وزملاؤه (Feachem *et. al.*; 1983) وستراوس (Strauss,1986) باستعراض الأبحاث العلمية الشاملة المتعلقة بفترات بقاء الممرضات المفرغة في التربة وعلى سطوح المحاصيل. فهنالك اختلاف كبير في فترات البقاء المدونة، التي تعكس اختلاف السلالات والعوامل المناخية، بالاضافة الى طرق التحليل. ومع ذلك؛ يمكن تلخيص المعلومات الحالية عن بقاء الممرضات في التربة وعلى المحاصيل في الظروف المناخية الدافئة (20-30 °م) كما هو موضح في الجدول (2-6).

وتشير الأدلة المتوافرة إلى استطاعة معظم الممرضات المفرغة البقاء في التربة والبرك لفترة زمنية كافية لتسبب المخاطر الصحية على المزارعين والعاملين في البرك وعلى أولئك الذين يتعاملون مع الأسماك والماكروفايتك (النباتات والطحالب) المائية وتبقى الممرضات على سطوح المحاصيل لوقت أقصر مما هو في التربة، حيث أنها حينئذٍ تكون محمية من التأثيرات القاسية لأشعة الشمس والجفاف. ومع ذلك، ففترات البقاء تكون كافية في بعض الحالات لتسبب مخاطر صحية على المتداولين للمحاصيل والمستهلكين لها، وبخاصة عندما تكون فترات البقاء أطول من دورات نمو المحاصيل، كما هو الحال عادةً مع الخضراوات.

ويسبب ري المراعي العشبية بالمخلفات السائلة التي تحتوي على بيوض عيوشة للدودة الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) داء المذنبة البقريـــة فقط إذا رعت الأبقار في تلك المراعي، وكانت تلك البيوض ما تزال عيوشة. لذلك يوصى بوجود فترة ما لا يقل عن 14 يوماً بين الري والرعي. ويعتبر ذلك شرطاً إجبارياً في بعض البلدان. بيد أن مدى فعالية هذا الإجراء في مجال المكافحة ما يزال غير مؤكد، إذ من المعروف أن بيوض الدودة الشريطية(*Taenia*) تظل على قيد الحياة لمدة تصل إلى ستة أشهر على العشب والتربة، ويشكل تثقيف المزارعين وفحص اللحوم تدابير إضافية ضرورية للمكافحة.

الجدول (2-6): فترات بقاء عدد مختار من الممرضات المفرغة في التربة وعلى أسطح المحاصيل عند درجة حرارة بين 20-30 °م

الممرض	فترة البقاء	
	في التربة	على المحاصيل
الفيروسات	أقل من 100 لكنها عادة أقل من 20 يوماً	أقل من 60 لكنها عادة أقل من 15 يوماً
الفيروسات المعوية *		
الجراثيم		
القولونيات البرازية	أقل من 70 لكنها عادة أقل من 20 يوماً	أقل من 30 لكنها عادة أقل من 15 يوماً
أنواع من السلمونيلة	أقل من 70 لكنها عادة أقل من 20 يوماً	أقل من 30 لكنها عادة أقل من15 يوماً
ضمة الكوليرا (الهيضة)	أقل من 20 لكنها عادة أقل من 10 أيام	أقل من 5 أيام لكنها عادة اقل من يومين
الحيوانات الأولية		
كيسات المتحولة الحالة للنسج	أقل من 20 لكنها عادة أقل من 10 أيام	أقل من 10 أيام لكنها عادة أقل من يومين
الديدان الطفيلية		
بيوض الصفر الخراطيني	عدة اشهر	أقل من 60 يوماً لكنها عادة أقل من 30 يوماً
يرقات الديدان الشصية	أقل من 90 يوماً لكنها عادة أقل من 30 يوماً	أقل من 30 يوماً لكنها عادة أقل من 10 أيام
بيوض الشريطية العزلاء	عدة أشهر	أقل من 60 يوماً لكنها عادة أقل من 30 يوماً
بيوض المسلكة الشعرية الرأس	عدة أشهر	أقل من 60 يوماً لكنها عادة أقل من 30 يوماً

*: تشمل الفيروسات السنجابية، الايكوية، والكوكسيكية

المصدر: Feachem *et al.* (1983), and WHO (1989)

2-2 العوامل الكيميائية المؤثرة في بقاء بيوض الديدان المعوية الطفيلية

2-2-1 الرقم الهيدروجيني (pH)

تعتبر بيوض الطفيليات الأكثر مقاومة لأقصى قيم الرقم الهيدروجيني. فقد تمت دراسة تأثير قيم الرقم الهيدروجيني في بقاء بيوض الديدان الطفيلية بواسطة حضن تلك البيوض في محاليل الفوسفات الدارئة على قيم رقم هيدروجيني محددة عند درجة حرارة الغرفة وبين 27 و 37° م (Kiff & Lewis – Jones, 1984). وتثبط قيم الرقم الهيدروجيني المتدنية (الحمضية) التطور العادي لبيوض دودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) على جميع درجات الحرارة. في حين تطورت هذه البيوض إلى مرحلة اليرقات المعدية عند تعريضها لقيم الرقم الهيدروجيني المرتفعة (القاعدية). وبرهنت دراسات أخرى على أن القدرة على الفقس خارج جسم الكائن الحي لبيوض الدودة الشريطية (*Taenia*) وليس عيوشيتها قد تدمرت بالكامل على قيمة الرقم الهيدروجيني 12 (Owen, 1984).

وتستطيع الديدان الشصية التي تصيب الإنسان والحيوان الفقس والتطور بنجاح إلى المرحلة المعدية في بيئة الرقم الهيدروجيني فيها بين 4.6 و 9.4. وتتمثل الفائدة البيئية المترتبة عن هذا الأمر في أن كلاً من التربة والبراز اللذين يوفران الرقم الهيدروجيني الأمثل لفقس هذه البيوض، قد يوفران أيضاً المعادن والمواد الغذائية اللازمة لتطور هذه البيوض إلى مرحلة اليرقات، ومنها إلى المراحل المعدية. إذ وجد أن قيمة الرقم الهيدروجيني المثلى لفقس بيوض الفتاكة الأمريكية (N. americans) كانت 6 (Udonsi & Atata, 1984).

2-2-2 المواد الكيميائية

اهتمت العديد من المراجع العلمية والأبحاث بموضوع مقاومة بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) للمواد الكيميائية (Fairbairn, 1957, & Monshita 1972). فبيوض دودة الصفر (*Ascaris*) تتطور إلى المرحلة المعدية رغم وجودها في بيئة تحتوي على محاليل سامة نسبياً مثل: 14% حمض الهيدروكلوريك و 9% حمض السلفوريك و 8% حمض الأسيتيك و 0.4% حمض النتريك و 0.3% حمض الكربونيك و 0.5% هيدروكسيد الصوديوم و 1% كلوريد الزئبقيك و 4% الفورمالدهيد. وتعود مقاومة هذه البيوض لهذه المواد السامة إلى النفاذية المتدنية للغشاء الداخلي الدهني الذي يغطي قشرة هذه البيوض. هذا الغشاء الدهني الذي يتغير مع العديد من المذيبات العضوية التي تشمل الكلوروفورم؛ الأثير الإيثيلي؛ والكحول؛ ومركبات الفينول؛ ومركبات الكريزول. وهو نفاذ للغازات اللازمة للتنفس والضارة على حد سواء، مثل: غاز البروميد الميثيلي؛ وسيانيد الهيدروجين؛ وحمض الهيدروزيك؛ والأمونيا (النشادر)؛ وغاز أول أكسيد الكربون الذي يستطيع قتل الأجنة المتطورة. بيد أن الحالات المشحونة من هذه الغازات لن تخترق الغشاء الدهني (Fairbaim, 1957).

وتعتبر مادة ثنائي الكلوريد؛ وثنائي الفينيل؛ وثلاثي كلوريد الإيثيل (ددت) مبيداً حشرياً فعَالاً نسبياً الذي يصنَف بقدرته السمية بالملامسة. ولم يلاحظ أي تأثير على تطور بيوض دودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) عند استخدام مسحوق (ددت) على تلك البيوض مباشرة (Seamster, 1950). ولم تعط مادة السلفانيلاميد (Salfanilamid) التي تستخدم بوصفها مادة كابحة للجراثيم، أي تأثير واضح على تطور بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) ، انظر الجدول (2-7). بينما قتلت البيوض بعد تعريضها لدخين مركز من مادة هيدروكسيد الأمونيوم لمدة لا تقل عن 3 أيام.

فقست بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) التي تمت إزالة الطبقة الكيتينية منها بمعالجتها بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم، بشكل أسرع من تلك التي لم تفقد الطبقة الكيتينية (Fairbairn, 1969). وعليه؛ فإن عملية إحداث ثقب في القشرة هي عملية مرتبطة بالاستجابة الأنزيمية للتنبيه. بيد أنه إذا حدث تطور جنيني في محلول يحتوي على 1% فورمالين أو 2% ثنائي كرومات الصوديوم؛ فإن عملية الفقس تتضاءل في غضون 3 ساعات إلى 25% و 2% على التوالي. ويحتمل أن تكون هذه المواد مثبطات ممتازة للنمو المكروبي (الجرثومي)، وقد تتفاعل كيميائياً مع القشرة لتجعلها أكثر مقاومة للهضم بوساطة أنزيم الكيتيناز أو غيره من الأنزيمات. ولوحظ أن التطور الجنيني يكون طبيعياً في كل هذه المحاليل. واستخدمت محاليل الفورمالين وثنائي كرومات البوتاسيوم بشكل عام كأوساط لعملية التطور الجنيني لبيوض الديدان الممسودة كونها مبيدة للجراثيم، ولا تعيق التطور الجنيني. لهذا فإنه من الضروري لدراسة إمراضية وعدوى الديدان الممسودة ومشاكلها البيولوجية، إضافةً إلى دودة الصفر (*Ascaris*) استخدام محاليل مطهرة ليس لها أي تأثير ضار أو معيق لفقس بيوض هذه الديدان.

الجدول (2-7): تأثير كيميائيات مختلفة في تطور بيوض دودة الصفر Ascaris

المادة الكيميائية المستخدمة	فترة التلامس (يوم)	التركيز (%)	اليرقات المتحركة (%)	المرجع
$(NH_4)_2SO_4$	8 3	15 – 5 مركّز	اليرقات متحركة موت البيوض*	Seamster (1950)
NH_4Cl	8	15 – 5	اليرقات متحركة	Seamster (1950)
NH_4NO_3	8	15 – 5	اليرقات متحركة	Seamster (1950)
د. د. ت	8	50	اليرقات متحركة	Seamster (1950)
سفانيلاميد Sulfanilamide	8	2 – 1	اليرقات متحركة	Seamster (1950)
ثنائي كرومات البوتاسيوم	20	2.5	65	Arfaa (1978)
محلول ملحي عادي	20	-	63	Arfaa (1978)
ليفاميزول Levamisole	20	10^{-3}	36	Arfaa (1978)
ثيابندازول Thiabendazole	20 20	10^{-3} 10^{-6}	موت البيوض 12	Arfaa (1978)
مبندازول Mebendozole	30	10^{-5}	موت البيوض	Arfaa (1978)
يوريا	30	10^{-3}	61	Arfaa (1978)
اليود	25	10^{-7}	32	Arfaa (1978)
كريزول حمض الكربوليك	5 ساعات 10 ساعات	3 5	لا توجد أجنة متطورة	Cram (1924)

***: موت البيوض:** يعنى بذلك عدم وجود انشطار خلوي وعدم وجود أجنة متحركة.

تعتبر بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) منزوعة الغلالة أكثر مقاومة لأيونات (OCl) المتحللة من مواد الكلورين المبيدة للجراثيم، وتظهر مقاومة وبقاء أكثر في محاليل مركزة من كلوريت الصوديوم (NaOCl) أو ثنائي كلوريت الكالسيوم $Ca(OCl)_2$. بينما تظهر مدة بقاء أقل عند تعرضها لمحاليل تحتوي على الهيبوكلوريت (HOCl) غير المتحللة. ولذلك فإن استخدام تراكيز أعلى من غاز الكلور في الماء تحت ظروف حمضية ينتج عنه زيادة في سرعة موت هذه البيوض (Krishnaswami & Post, 1968)

وقد وجد أن لغاز الكلور والأوزون القدرة على القضاء على بيوض الدودة المنشقة المنسونية (*Schistosoma mansoni*) على تراكيز (4) و (40.0) ملغم/لتر على التوالي (Mercado-Burgos, 1975). بيد أنه ليس لغـــاز الأوزون أي تأثير على بيـــوض دودة الصفر (*Ascaris*) أو الدودة المحرشفة (*Hymenolipis*) (Burleson & Pollard, 1976 cited by Reimers, 1979)، ولم يلاحظ أي تأثير على بيوض الطفيليات عند إضافة جرعات معتـــادة من غاز الكلور على المخلفات السائلـــة (Liebmanm, 1964). وبيّنت تجارب الاستدخان بغاز البروميد الميثيلي أن هذه الطريقة ذات قيمة محددة في قدرتها على القضاء على الطفيليات الموجودة في الحمأة (Cram, 1924).

3-2-2 متطلبات الأوكسجين

يثبط فقدان أو نقص الأوكسجين معظم عمليات الإستقلاب (الأيض) للعديد من الديدان الممسودة، ويتميز بفعاليته على العديد من نشاطاتها. فمعدل تطور بيوض ديدان الصفر (*Ascaris*) يثبط ويقل على تراكيز أوكسجين منخفضة (Lee & Atkinson, 1976). وتعتبر البيوض المتطورة لـــدودة الصفر الخراطيني (*A. lumbricoides*) هوائية إجباريـــــة (Passey & Fairbairn, 1955). وعلى الرغم من أن البيوض غير المتطـــورة جنينياً تبقى حية لعدة أسابيع على درجة حرارة الغرفة في ظروف لاهوائيـــة (Brown, 1928) إلا أن تطورها جنينياً يثبط تحت هذه الظروف. ولا تسرع عملية إشباع الماء بالأوكسجين من تطور بيوض دودة الصفر (*Ascaris*). ولا يزيد ضغط الأوكسجين من التطور الجنيني، وإذا زاد على 506 ملم فإنه يعتبر مميتاً للأجنة المتطورة في مراحل مبكرة من التطوير. إن كمية الأوكسجين المستهلك من بيضة واحدة خلال فترة التطور قليلة جداً، وتقدَر بحوالي $2.5 X 10^{-6}$ مل.

وهذا يفسر كيف أصبحت بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) متكيفة للتطور طبيعياً في وسط غير مشبع تماماً بالأوكسجين، إذ إن كمية كبيرة منه غير ضرورية. وكان الاعتقاد السائد بأن معدل استهلاك الأوكسجين ثابت في بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) المتطورة جنينياً (Brown, 1928). وتوصلت الدراســـات الحديثة (Fairbairn, 1957) إلى انخفاض معـــدل الاستهلاك إلى حوالي النصف في الساعات ال36 الأولى، ثم يزداد إلى المستوى الأقصى بعد 10 أيام، عندما يصبح الجنين بين اليوم العاشر واليوم الخامس والعشرين من عمره، وينقص معدل الاستهلاك بسرعة ثم ينقص بشكل أبطأ حتى اليوم 140 حيث يصل إلى مراحل متدنية جداً. ويعود السبب في التناقص الابتدائي إلى نقصان الأوكسجين الذي توارث من الطبيعة اللاهوائية لأيض الإناث البالغات للدودة، ويعود السبب في النقصان الثاني إلى تكيف الكائن للبقاء في بيئة قليلة الأوكسجين، مؤكداً على أن مدخرات الأوكسجين في الغذاء غير مستهلكة. وتوتر الأوكسجين في المستنبتات البرازية قليل في العادة (Fairbairn, 1957). وعليه يعد النقصان الأولي نوعاً من التكيف لهذا الوضع.

ولا تختلف احتياجات الأوكسجين لبيوض الدودة المسلكة (*Trichuris*) في الأساس عن تلك لبيوض دودة الصفر (*Ascaris*)؛ فلا يستمر التطور إذا حضنت البيوض مع غاز ثاني أوكسيد الكربون في بيئة مغلقة، ويتوقف إعطاء غاز النيتروجين أثناء عملية تطور أجنة الدودة المسلكة (*Trichuris*) (Nolf, 1932).

3-2 العوامل البيولوجية المؤثرة في بقاء بيوض الديدان الطفيلية

تعتبر الفطريات والعديد من اللافقاريات من العوامل البيولوجية المؤثرة في بيوض الطفيليات. وللفطريات المبيدة للبيوض القدرة على المهاجمة والقضاء على بيوض دودة الصفر الخراطيني (*A. lumbricoides*) تحت ظروف مخبرية تجريبية خلال أيام أو أسابيع. وتعتمد سرعة إبادة هذه الفطريات للبيوض أساساً على أنواع هذه الفطريات المبيدة ونوعية المواد السامة التي تفرزها. وتبين أيضاً أن تسخين الجزء الأعلى من طبقات التربة يزيد من سرعة وقدرة هذه الفطريات المبيدة للقضاء على هذه البيوض (Lysek & Covsky, 1979). وإحدى الفطريات التي لها القدرة على النفاذ إلى البيوض والقضاء عليها هي السلندروكاربون راديكولا (*Cylindrocarpon radicala*) (Sobenina, 1978).

وللافقاريات خصوصاً الحشرات وبطنيات الأرجل القدرة على القضاء على بيوض الديدان الطفيلية عن طريق تكسيرها لهذه البيوض وابتلاعها (Miller *et. al*, 1961). وبينت التجارب العملية قدرة بطنيات الأرجل على ابتلاع كميات كبيرة من بيوض دودة الصفر (*Ascaris*). كما تبين أن 10 إلى 20% من بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) المفرزة من المقوقعة المستوية (*Planorbis planorbis*) والمقوقعة المستوية القرنية (*P. cornos*) والبيثنية اللوامسية (*Bithynia tentaculata*) وجالبا بالوستراس (*Galba palustris*) والكهرمانية المتفسخة (*Succinea putris*) والمنفخة الفونتاليسية (*Physa fontinallis*) كانت متضررة من الناحية التركيبية وغير قادرة على إكمال تطورها جنينياً. وتطورت 8 إلى 10% من البيوض إلى مرحلة المعيدة (Gastrula)، بينما تأخر التطور الجنيني للبيوض المتبقية من 10 إلى 15 يوماً (Asitinskaya, 1979).

الفصل الثالث

بقاء بيوض الديدان المعوية الطفيلية وإزالتها في المخلفات السائلة الخام والحمأة

1-3 ظهور بيوض الديدان الطفيلية وبقاؤها في المياه العادمة الخام

تشمل العوامل التي تؤثر في ظهور بيوض الديدان وكيسات الأوالي ونسب تركيزها في المخلفات السائلة الخام ما يلي: مدى توطن المرض في الحيوان المحلي؛ والتجمع البشري؛ والتعداد؛ والحالة الاجتماعية والاقتصادية لتلك التجمعات؛ ونسبة ربط الصرف الصحي لهذه التجمعات؛ ونسبة المخلفات الصناعية السائلة؛ وحجم عينات الصبوب؛ ومدى كفاءة طريقة الاعتيان في استرجاع البيوض الطفيلية (Grimasond *et. al.;* 1995).

ويلخص الجدول (3-1) عدد بيوض الديدان الممسودة في المخلفات السائلة الخام من بلدان مختلفة. فقد وجد أن أقصى حد لتركيز بيوض هذه الديدان كان في مياه الصرف الصحي العادمة الخام للمدن الإيرانية والبرازيلية، انظر الجدول (3-1)، الذي يعكس تدني الحالة الاجتماعية والاقتصادية لسكان هذه المدن. إن الإصحاح الجزئي في المجتمع؛ وتدني المستوى المعيشي؛ وقلة كميات المياه المسموح بها للاستخدام الشخصي ، كل هذه العوامل مرتبطة مع زيادة معدلات حدوث الإصابات الطفيلية في المجتمع وزيادة أعداد هذه الطفيليات؛ ممثلة ببيوض الديدان الممسودة المعوية في المخلفات السائلة (Dixo *et. al.;* 1993). وفي المناخات المعتدلة في أوروبا، هنالك حوالي 10% من البيوض الطفيلية في المخلفات السائلة ذات أصل بشري. وهذا يفسر اعتماد حمل الحمأة من هذه الطفيليات على كمية المخلفات الحيوانية الواردة إلى نظام الصرف الصحي (Liebemann, 1964).

الجدول (3-1): مسح في المراجع العلمية حول عدد بيوض الديدان الممسودة الطفيلية المعوية في المخلفات السائلة الخام من بلدان مختلفة

المدى (بيوض/ لتر)	البلد	المرجـــــع
2130 - 200	كالكوتا	Bhaskaran (1956)
80 – 10	اليابان	Liebmann (1964)
*13000 – 500	(أصفهان)، إيران	Sadighian *et al.;* (1976)
838 – 581	الهنـــد	Veerrannan (1977)
3340	(حلب)، سوريا	Bradles & Hadidy (1981)
460	(اللاذقية)، سوريا	Bradles & Hadidy (1981)
860 – 122	الهنـــد	Panicker & Krishnamoorthi (1981)
200-100	عُمان	Strauss (1987)
670 – 38	شمال شرق البرازيل	Ayres *et al.*; (1989)
**9	(نانسي) فرنسا	Schwartzbrod *et al.;* (1989a)
840 – 18	(مراكش) المغرب	Schwartzbrod *et al.;* (1989a)
800 – 100	الأردن	Tarazi (1989)
950 - 33	الأردن	Saqqar (1990)
196 – 120	(ناكيورا) كينيا	Ayres *et al.*; (1993)
591 – 205	(كاراتينا) كينيا	Ayres *et al.;* (1993)
8900 – 550	البرازيل	Ceballos *et al.;* (1993)
120 – 0	(مراكش) المغرب	Quazzani *et al*;. (1993)
133 – 17	كينيا	Grimason *et al.;* (1995)

* : عدد البيوض/ غم

** : العدد المتوسط

2-3 التخلص من الديدان الطفيلية بوساطة محطات معالجة المخلفات السائلة

تم تطوير معظم عمليات معالجة المخلفات السائلة أساساً لإزالة المواد العضوية، وذلك لمنع عملية نزع الأوكسيجين من مجاري المياه المستقبلة، بينما لم تعط عملية إزالة الممرضات المفرغة أي أهمية. حالياً وفي عملية إعادة استخدام المخلفات السائلة، تعتبر إزالة الممرضات من الأهداف الجوهرية للمعالجة. واستعرض فيتشام وزملاؤه (Feachem *et al.;* 1983) عملية إزالة الممرضات المفرغة من محطات معالجة المخلفات السائلة المختلفة. ويلخص الجدول (3-2) المعلومات المتوافرة عن إزالة بيوض وكيسيات الطفيليات في عمليات معالجة المخلفات السائلة المختلفة مع إشارة إلى توافقها مع دلائل إنجلبيرغ (Engelberg) ومنظمة الصحة العالمية (WHO, 1989) (Mara & Cairncross, 1989).

3-2-1 إزالة بيوض الديدان الطفيلية بوساطة محطات معالجة المخلفات السائلة التقليدية

يحدد وجود الديدان الطفيلية إعادة استخدام المخلفات السائلة والحمأة. وتم دراسة العديد من العمليات البيولوجية لتحديد فعالية تلك العمليات على تعطيل حيوية هذه الطفيليات في المخلفات السائلة المنزلية. وتتفاوت كفاءة محطات المعالجة التقليدية في إزالة بيوض الديدان الطفيلية تبعاً للوحدة الداخلة في عملية المعالجة ونوعية بيوض الديدان الطفيلية المنوى إزالتها.

كما هو موضح في الجدول (3-2)، فقد لا تكون عمليات المعالجة التقليدية للمخلفات السائلة فعّالة تماماً في تعطيل أو/ وتنشيط الطفيليات (Reimers *et. al;* 1981). وتوصلت الدراسات الميدانية إلى أن المرشحات البيولوجية، والمرشحات الرملية والحمأة المنشطة المستخدمة في المعالجة تحفز التطور الجنيني لبيوض الديدان الطفيلية مثل: دودة الصفر (*Ascaris*) والدودتين الفتاكة (*Necator*) والملقوة (*Ancylostoma*) (Cram, 1943; Newton *et. al.;* 1949; Silverman & Criffiths, 1955). وتحدث عملية الترسيب في المعالجة التقليدية تحت درجات حرارة المحيط. وعليه فإن البيوض لا تقتل، بل تنتقل إلى الجزء الصلب من أجل التخلص منها بطرق أخرى. وتعتبر عمليه الترسيب الابتدائي من أكفأ العمليات المستخدمة للتخلص من بيوض الدودة الشريطية (*Taenia*) وغيرها من الطفيليات (Newton*et.al.;*1949; Bhaskaran *et.al.;* 1956). حيث وجد أن التخلص الأمثل من هذه البيوض يتم في غضون ساعتين. وتبين في محطات معالجة مياه الصرف الصحي العادمة في الهند أن عملية الترسيب لمدة ساعة ونصف الساعة أزالت 46% من بيوض الديدان الشصية مقارنة مع 67% لبيوض دودة الصفر (*Ascaris*)، بينما أزالت 75% من بيوض الديدان الشصية ودودة الصفر (*Ascaris*) عند الترسيب لمدة ساعتين. وتبين خلال العمل الميداني أن المرشحات البيولوجية أزالت 100% من هذه البيوض بينما أزال نظامان للحمأة المنشطة ل 81% و96% منها (Bhaskaren *et. al.;* 1956).

ولاحظ بعض الباحثين أن بيوض الديدان الشريطية ترسبت إلى 457 مم خلال ساعتين، لكنهم لاحظوا أيضاً بأن معظم أحواض الترسيب الأولية هي بعمق 1.5 إلى 4 أمتار وهي على اضطراب مستمر بسبب التدفق الثابت لمياه الصرف الصحي العادمة لها. لذلك يشك الباحثون في قدرة الترسيب على إزالة نسبة عالية من بيوض الديدان الشريطية من السَيب الأولي (Silverman, 1955). وكانت سرعة ترسيب بيوض الدودة الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) ذات القطر 40 مكم وذات الثقل النوعي 1.3 هي 0.83 سم/ساعة عند تطبيق قانون ستوك لسرعة الترسيب في الماء وعلى درجة حرارة ˚15م، مقارنة بالقيمة التجريبية التي تقدر بحوالي 1متر/ ساعة للبيوض ذات القطر 50 مكم وذات الثقل النوعي 1.111.

ووجد عند تطبيق قانون ستوك لسرعة الترسيب أن سرعة الترسيب لبيوض دودة الصفر الخراطيني (*Ascaris lumbricoides*) داخل الماء على درجة حرارة ˚15م هي 48سم/ ساعة (Pike, 1990). وسرعة التدفق الفعّالة للسوائل في أحواض الترسيب الأولية والثانوية هي تقريباً 0.50 و 1.50/ ساعة على التوالي بشكل اعتيادي، وعليه لا تترسب بيوض دودة الصفر الخراطيني (*Ascaris lumbricoides*) وبيوض الدودة الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) بشكل كامل خلال المعالجة الأولية لمياه الصرف الصحي العادمة إلا في حال تجمع هذه البيوض في كتل صلبة أو التصاقها بجسيمات صلبة كبيرة و/أو ثقيلة موجودة في تلك المياه العادمة.

الجدول (3-2): تأثيرات عمليات معالجة المخلفات السائلة في كيسات وبيوض الطفيليات

عملية المعالجة	الفعالية
	عمليات الإزالة (بدون القضاء على الطفيليات)
المروقات (ابتدائية وثانوية)	إزالة 80% للصفر، 54% للمتحولة، وتعتمد الإزالة على ظروف العملية.
التعويم	>95% إزالة، لكن يعتمد على حالة البيوض وظروف العملية.
أحواض إمهوف Imhoff	إزالة 97%
الترشيح البيولوجي	إزالة 38%، تحفز تطور البيوض
الترشيح	تحجز 99% من البيوض
	عمليات التثبيت (تؤثر في حالة البيوض)
الحمأة المنشطة	تحفز تطور البيوض
التهوية المطولة (المديدة)	تحفز تطور البيوض
	عمليات التطهير
الكلورة الروتينية	لا أثر

المصدر: Reimers *et al.;* 1981

ويبين الجدول (3-3) غالبية أنواع بيوض الديدان الطفيلية وأحجامها وكثافتها النوعية وسرعة ترسبها. ويتضح من خلال النظر إلى الجدول أنه باستثناء دودة المنشقة المنسونية (*S. mansoni*) فإن بيوض الديدان الأخرى تكون أصغر حجماً من بيوض دودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) وكثافتها النوعية متشابهة باستثناء بيوض الدودة الشريطية العزلاء (*T. saginata*). وتؤثر البيوض الأصغر حجماً في سرعة الترسيب، وهي بالتالي تقلل من كفاءة عملية الترسيب في إزالة تلك البيوض.

إن أنظمة المعالجة التقليدية مثل الحمأة المنشطة والأقراص البيولوجية الدوارة (RBC) وخنادق الأكسدة والتهوية المطولة جميعها غير فعَالة في إزالة بيوض الديدان الممسودة. وتتحقق الإزالة الكاملة لبيوض الديدان بعد المعالجة التقليدية بوساطة بركتين أو مجموعة برك صاقلة بالتسلسل مع فترة مكث تصل إلى خمسة أيام في كل بركة (Al-Salem & Khouri, 1993). ويوصى أيضاً باستخدام الترشيح الرملي البطيء بعد المعالجة التقليدية لإزالة البيوض قبل إعادة استخدامها للري، لكن هذه العملية مكلفة وغير بسيطة (Al-Salem & Khouri, 1993).

وتقلل الإزالة الفعَالة لبيوض الدودة الشريطية (*Taenia*) من سيب محطات معالجة المخلفات السائلة من خطر تعرض الحيوانات لأمراض طفيلية مصدرها المخلفات السائلة المعالجة. ووجد أن عملية الترسيب تزيل ما مقداره 89% من بيوض الدودة الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) خلال 3 ساعات من مياه الصرف الصحي العادمة تحت ظروف مخبرية. كما تستطيع المرشحات البيولوجية إزالة 30 إلى 38 % من بيوض الدودة الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) تحت ظروف مخبرية. واستطاعت مرشحات الرمل ذات 12 إنش أزالة أكثر من 99% من بيوض الدودة الشريطية العزلاء (*T. saginata*) التي تمت إضافتها إلى مياه صرف صحي عادمة مترسبة (Newton *et. al.;* 1949).

الجدول (3-3): حجم، وكثافة، وسرعة الترسيب للأنواع الرئيسية لبيوض الديدان الطفيلية

النـــوع	الأبعاد (مكم)	الكثافة (ثقل نوعي)	الترسيب (متر/ ساعة)
الصفر الخنازيري	45 X 65	1.13	0.95
الصفر الخراطيني	55 X 40	1.11	0.43
المنشقة المنسونية	150 X 50	1.18	5.23
المسلكة الشعرية الرأس	22 X 50	1.15	0.48
الشريطية العزلاء	40 X 35	1.3	0.83
الديدان الشصية	60 X 40	1.055	0.26

المصدر: (Dunn, 1991) صفحة 171

3-2-2 إزالة بيوض الديدان الطفيلية من البرك المثبتة للمخلفات

تعتبر إزالة الممرضات من أهم مزايا استخدام أنظمة البرك المثبتة للمخلفات (WSP's) في معالجة المخلفات العادمة المنزلية، خصوصاً في البلدان النامية، حيث أن فرصة تعرض السكان للأمراض الطفيلية أكبر(WHO, 1989; Horan, 1990).

وعلى الرغم من حقيقة كون البرك المثبتة للمخلفات إحدى أبسط الطرق لمعالجة المخلفات السائلة، بيد أنها مدار البحث خصوصاً فيما يتعلق بطبيعة التفاعلات التي تحصل بها التي تتم عن طريق المعالجة. ونتيجة لذلك، تميل نماذج تصاميم برك تثبيت المخلفات (WSP's) لكونها تجريبية بحتة. ويلخص الجدول (3-4) الأنواع الرئيسية للبرك ووظائف كل بركة (Horan, 1990).

منذ العقد الأخير، أظهرت دراسات كثيرة في بلدان مختلفة بأن أنظمة البرك المثبتة للمخلفات تعتبر طريقة مناسبة لمعالجة المخلفات السائلة، وبخاصة فيما يتعلق بإزالة الديدان الطفيلية (Mara & Silva, 1986, Al-Salem & Lumbers, 1987; Bartone & Arlosoroff, 1987; Schwartzbrod *et. al.;* 1987; Mara *et. al.;* 1990; Saqqar & Pescod, 1991, 1992 a, b; Ayres *et. al.;* 1993 b).

وتعد طريقة الترسيب الآلية الأساسية لإزالة البيوض في كل عمليات معالجة المخلفات السائلة (بمساعدة الإمتزاز إلى المواد الصلبة) (Gloyna, 1971, Parichen & Krishnamoorthi, 1978; shephard, 1978; Arthur, 1985; Feachem *et. al.;* 1983). وهذا يقتضي بأن العوامل المؤثرة في عملية الترسيب ستؤثر ضمناً في إزالة بيوض الديدان الطفيلية. وهذا يشمل فترة المكث لهذه المياه المتأثرة باختزال المسار نتيجة لأمواج المياه المختلفة (تقلل فعلياً فترة المكث) واضطراب الماء (يعيق سرعة الترسيب) ودرجة الحرارة المرتفعة (سبق توضيحها بقانون ستوك) وتحسن سرعة الترسيب بالإضافة إلى أوزان هذه البيوض وأحجامها.

الجدول (3-4): الوظائف الأساسية لأنواع البرك الرئيسية وأدائها الأنموذجي والبيانات العملية

نوع البركة	العمق (متر)	فترة المكث (أيام)	الدور الرئيسي	كفاءات الإزالة الأنموذجية
لا هوائية	5 – 2	5 – 3	ترسيب المواد الصلبة، إزالة (BOD)، تثبيت السيب، إزالة الديدان الطفيلية	%60-40 BOD %70 -50 SS القولونيات البرازية 1لوغرتم، 70% ديدان طفيلية
اختيارية	2 – 1	6 – 4	إزالة BOD	%70-50 BOD SS يزداد بسبب الطحالب، القولونيات البرازية 1لوغرتم
انضاجية (لثلاث برك)	2 – 1	18 – 12	إزالة الممرضات، إزالة المغذيات	%60-30 BOD، %40-20SS، القولونيات البرازية 4لوغرتمات، نيتروجين 40-60%، الديدان الطفيلية 100%.

المصدر: Horan, 1990

وهنالك عوامل أخرى تستطيع تقليل كفاءة إزالة بيوض الديدان المعوية الطفيلية في البرك، وتشمل وجود رغوة المنظفات وغيرها من المواد العائمة (Saqqar & Pescod, 1992 b). في البرك اللاهوائية. وعلى الرغم من ارتفاع معدل إزالة المـــــواد الصلبة المعلقة، إلا أن اطلاق غاز الميثان وكبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون من طبقات الحمأة يؤدي إلى إعادة تعليق بعض المواد العضوية واللاعضوية الصلبة. وبناءً عليه يعود تدني معدل إزالة بيوض الديدان المعوية الطفيلية في البرك اللاهوائية إلى إعادة تعليق تلك البيوض نتيجةً لإطلاق تلك الغازات.

بينت نتائج الأبحاث التي أجريت على برك التثبيت ذات القياس التطبيقي أنه يمكن الكشف عن بيوض الديدان الممسودة عند استخدام برك تثبيت متعددة الخلايا وذات فترة مكث أكثر مما هو موصى به من منظمة الصحة العالمية (WHO) وهو 8 إلى 10 أيام (Al-Salem & Lumbers, 1987; Mara *et. al.;* 1990; Saqqar & Pescode, 1991, 1992 b; Ellis *et. al.;* 1993). وفي الأردن، وجد أنه في فصل الشتاء، تتم إزالة كاملة لبيوض الديدان الممسودة المعوية في مدة 17 يوماً باستخدام نظام ثلاث برك (اثنتين لاهوائيتان وواحدة اختيارية) تعمل بتسلسل. ولتحصيل الهدف نفسه في فصل الصيف، نحتاج إلى 11 يوماً باستخدام بركتين لاهوائيتين تعملان بتسلسل (Al-Salem & Tarazi, 1989). وهنالك بعض الشكوك فيما يتعلق بقدرة هذه البرك تحت ظروف متعددة على إزالة جميع الطفيليات من المخلفات السائلة. وفي البرازيل، وجدت بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) وبيوض الديدان الشصية في البركة الأخيرة من نظام المعالجة ذات البرك الخمس وبفترة مكث مقدارها 17 يوماً (Mara & Silva, 1986).

وتشمل أهم عناصر التصميم اللازمة للحصول على إزالة فعّالة لبيوض الديدان الطفيلية، عدد البرك في التسلسل؛ ومعدل فترة المكث الهيدروليكي لهذه المياه في كل بركة. وأورد العديد من الباحثين الكفاءة العالية لإزالة الطفيليات المعوية في نظام من البرك على التوالي عنه من استخدام بركة واحدة ولفترة المكث نفسها. (Meiring, 1986; Gloyna, 1971; Feachem *et. al.;* 1983; Mara & Silva, 1986; Saqqar & Pescode, 1992). وقام فيتشام وزملاؤه (Feachem *et. al.;* 1983) بإجراء مراجعة شاملة عن ظهور وبقاء معظم الديدان المعوية الطفيلية الشائعة في البيئة، وتوصلوا لاستنتاج مفاده أن استخدام نظام برك متعدد الخلايا، ذات تصميم جيد، وبفترة مكث أكثر من 20 يوماً، من شأنه توقع الحصول على إزالة بنسبة 100% من بيوض الديدان الطفيلية. ووجد مارا وسيلفا (Mara & Silva, 1986) أنه يمكن التخلص الكامل من بيوض الديدان الممسودة باستخدام وحدة تجريبية بنظام البركة الواحدة، وبفترة مكث مقدارها 18.9 يوماً أو بفترة مكث مقدارها 6.8 و 5.5 يوماً عند استخدام بركتي معالجة على التوالي.

وتكون كفاءة التخلص من الجراثيم أكثر عند استخدام برك متعددة على التوالي ذات فترة مكث متساوية؛ لأن تلك البرك ستنهج باعتبارها مفاعل ذا تدفق كتلي بحيث تعالج كل كمية من المياه بشكل متكرر في كل بركة، وكل البرك بمجموعها ستتصرف بالتالي باعتبارها مفاعل خلط كامل. والمبدأ نفسه يمكن تطبيقه لإزالة بيوض الديدان الطفيلية، بحيث يتم التخلص من البيوض التي لم يجري التخلص منها في البركة الواحدة عن طريق إعادة تعليقها أو نتيجة اختزال المسار، في البرك التالية لها (Marais, 1974).

وفي نموذج تم تطويره لوصف عملية إزالة بيوض الديدان الممسودة في برك تثبيت المخلفات، أظهرت الحاجة إلى 14 يوماً لتطبيق دلائل منظمة الصحة العالمية (WHO) في محطة السمراء في الأردن لمعالجة المخلفات السائلة باستخدام نظام البركة المثبتة للمخلفات (Saqqar & Pescod, 1992 b). قدمت ايريس وزملاؤها (Ayres et al., 1992) معادلة تستخدم لتصميم أنظمة معالجة المخلفات السائلة بطريقة التثبيت لإزالة البيوض، وذلك عند استخدام هذه المياه في الري المحصور. ووجدوا أن نسبة إزالة بيوض الديدان الممسودة بطريقة تثبيت المخلفات مرتبطة بفترة المكث الهيدروليكي (**ف م د**)، ويمكن التعبير عنها بهذه المعادلة:

نسبة إزالة بيوض الديدان الممسودة % = 100[1-0.14 لو(-0.38 **ف م د**)]

النسبة المتوقعة لإزالة البيوض على أي فترة مكث تحسب على أساس 95% درجة ثقة كحد أمان.

نسبة إزالة بيوض الديدان الممسودة% = 100[1-0.41 لو(-0.49 **ف م د +0.0085(ف م د)^2)]**

وعلى الرغم من أن نتائج ايريس (Ayres et al., 1992 b) أشارت إلى ارتفاع مستوى إزالة البيوض في البرك ذات فترات المكث الطويلة، إلا أنه قد تم الاقتراح باستخدام عدد كبير من البرك الصغيرة على التوالي، وذلك لزيادة الكفاءة، ولتقليل اختزال المسار الهيدروليكي.

ولم تختلف عيوشية بيوض الصفر الخراطيني (*A. lumbricoides*) المسترجعة من برك تثبيت المخلفات السائلة عن نظيراتها الطبيعية. ولقد لوحظ بعض التطور الجنيني عند بعضها، وبخاصةً في ظروف هوائية. وبقيت بيوض الديدان الشصية حية في الظروف اللاهوائية في برك التثبيت حتى 14 يوماً. ولوحظ أيضاً قدرتها على التطور ومن ثم الفقس في برك التثبيت الهوائية. ومع ذلك، لم تتطور اليرقات إلى المرحلة الخيطية الشكل (الفيلارية)، ولم تسترجع أي يرقة لدودة شصية من سيب برك التثبيت (Ayres, 1992 b).

ولاحظ عند استعراض المراجع العلمية، عدم وجود اتفاق حول كفاءة برك تثبيت المخلفات في إزالة الديدان الشصية. وأورد فيرانان (Veerannan, 1977) وجلاونا (Gloyna, 1971) تقريراً عن إزالة 100% لبيوض الديدان الشصية في البرك، بينما وجد لاكشمينارايانا وعبدلآبا (Lakshminarayana & Abdulappa, 1972) ومارا وسيلفا (Mara & Silva, 1986) بأن البيوض قد أزيلت، بينما لوحظت يرقاتها في سيب هذه البرك.

ولوحظ مخبرياً، وعبر تجارب عديدة، أن يرقات الديدان الشصية قد أزيلت تماماً من البرك الاختيارية في أقل من يومين، وأن عينات الحمأة لم تحتو على أي بيوض عيوشة. من ناحية أخرى، أسترجعت اليرقات الخيطية الشكل في برك الانضاج بعد 16 يوماً (Lakshminarayana & Abdulappa, 1972). وعزا الباحثون ندرة الأوكسيجين كعامل أساسي لموت هذه اليرقات، مع أن كـــرام (Cram, 1943) وجد بيوض عيوشــة لديدان شصية في حمأة مهضومة لا هوائيا بعد فترات طويلة من الزمن.

وفي الهند وفي محطات التنقية في ناجبور، في برك ثلاث على التوالي لوحظت بيوض الملقوة العفجيــة (*Ancylostoma duodenale*)، المحرشفة القزمـــة (*Hymenolepis nana*)، ودودة الصفر الخراطيني (*Ascaris lumbricoides*)، بينمـــا وجدت بيوض الدودة المسلكة الشعريـــة الرأس (*Trichuris trichuira*) والدودة السرميـــة الدودية (*Enterobius vermicularis*) في ميـــاه الصرف الصحي العادمـــة الخام في بعض الأحيان. واليرقات المعوية التي ظهرت أحياناً في سيب محطات التنقية هي اليرقات الخيطية الشكل لدودة الملقوة العفجية (*A. duodenale*) (Shepard, 1978). لوحظ أن تراكم بيوض الديدان المعوية الطفيلية يكون في الحمأة المترسبة من البركة الأولى من نظام التنقية، وهذا يعني أن عملية إزالة البيوض قد تمت نتيجة الترسيب البسيط لهذه البيوض. وأكدت دراسات تمت في جنوب إفريقيا وروديسيا أن بيوض الديدان المعويـــة الطفيليـــة نادراً ما تكون في سيب بـــرك تثبيت المخلفـــات (Hydgson, 1964; Meiringetal, 1968).

والقليل من المعلومات متوافر عن إزالة بيوض الدودة المنشقة (*Schistosoma*) في عمليات معالجة المخلفات السائلة. وقام كاوتا وكروز (Kawata & Kruse, 1966) بدراسة تأثير برك التثبيت المخبرية للمخلفات في بيوض وطفيلات الميراسيديوم (Miracidia) ودودة المنشقة المنسونية (*Schistosoma mansoni*). ووجد أن البرك ذات الظروف اللاهوائية قادرة على تثبيط فقص البيوض بمعدل مقداره 3ر77%، بينما لم يكن هنالك تثبيط لفقس البيوض في البرك الهوائية أو الاختيارية. وأظهرت 9% من البيوض المسترجعة من حمأة البرك اللاهوائية بعد 4 ساعات مقدرة على الفقس، بينما لم تظهر أي مقدرة على الفقس بعد 8 ساعات. وبقيت طفيلات الميراسيديوم (Miracidia) حية لمدة 6 ساعات كحد أقصى في بركة ماء لا هوائية و 10 ساعات في بركة ماء هوائية، مقارنة مع 18ساعة في ماء الصنبور.

تحت ظروف لا هوائية، لم يطرح حـــلزون المسررة الجلابتراسي (*Australorbis glabratus*) ناقل المنشقة (البلهارسية) (*Schistosoma*)، أي بيوض لدودة المنشقة (*Schistosoma*) وكان معدل بقائه حياً 20 يوماً ولم يتجاوز 42 يوماً كحدٍ أقصى. ، بينما بقي الحلزون الناقل حياً وتكاثر وكأنه تحت ظروف عادية في البرك الاختيارية، وتبعاً لنتائج كاواتا وكروز، ولوضع حد لفقس بيوض الدودة المنشقة (*Schistosoma*) أوصوا بوجوب تضمين بركة لا هوائية تمهيدية

عند تصميم برك التثبيت. وبما أن الحد الأقصى لبقاء أطوار المراسيديوم (Miracidia) حية أقل من فترة المكث في برك تثبيت المخلفات السائلة، فهذا وحده كافٍ لمنع انتقال هذه الأطوار وهذا بالتالي يقلل من وجود الحلزونات الناقلة في برك الانضاج والسيب المتدفق من هذه المحطات إلى حدٍ كبير جداً.
وتوجد بيوض الديدان الشراطية على تراكيز ضئيلة جداً في المخلفات السائلة الخام. فعلى سبيل المثال، يعتقد أن بيوض الدودة الشريطية (*Taenia*) تسلك سلوك بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) وتترسب إلى قاع البرك (Feachem *et. al* ;. 1983). وهنالك حاجة للمزيد من الأبحاث حول إزالة بيوض الدودة الشريطية (*Taenia*) من برك تثبيت المخلفات السائلة.
ويلخص الجدول (3-5) و (3-6) المعلومات المتوافرة عن إزالة الديدان المعوية الطفيلية من البرك اللاهوائية وغيرها من برك تثبيت المخلفات السائلة.

الجدول (3-5): مسح في المراجع العلمية حول إزالة بيوض الديدان الطفيلية من البرك اللاهوائية

التركيز الأولي للبيوض في المخلفات السائلة الخام (بيوض/ لتر)	العمق (متر)	متوسط فترة المكث الهيدروليكي (أيام)	إزالة بيوض الديدان الطفيلية	البلـــــد	المرجـــــع
158	4	1.2	%26.6	ناكورا/ كينيا	Ayres et al. (1993)
4	3	0.4	100% صيفاً 79% شتاءً	مراكش	Ouazzani et al. (1993)
307	5	مدى 4.1- 6.5	%87	الأردن	Saqqar & Pescod (1992)
384	1.75	0.8	%82	البرازيل	Silva (1982)
384	1.75	1.9	%90	البرازيل	Silva (1982)

الجدول 3-6: مسح في المراجع العلمية حول عملية إزالة بيوض الديدان المعوية الطفيلية من أنواع مختلفة من برك تثبيت المخلفات السائلة

نوع البركة	التركيز الأولي للبيوض في المخلفات السائلة الخام (بيضة/ لتر)	العمق (متر)	متوسط فترة المكث الهيدروليكي (أيام)	إزالة بيوض الديدان المعوية الطفيلية	البلـد	المرجع
اختيارية ابتدائية	2300	2.2	61	%100	شمال شرق البرازيل	Ceballos et al. (1993)
اختيارية ابتدائية	-	-	13.8	%99.96	شمال شرق البرازيل	Ceballos et al. (1993)
اختيارية ابتدائية	298	1.2	39.4	%99.98	البرازيل	De'Oliveira (1990)
بركة هوائية واحدة + بركة اختيارية واحدة + ثلاث برك إنضاج	376	+1.25 (1+1+1) +1	+ 3.2 +4 (3.2+3.2+3.4)	%100	كاراتينا/ كينيا	Ayres et al. (1993 b)
بركتان هوائيتان + أربع برك اختيارية + أربع برك انضاج	307	+ 2 + 5 1.25	مدى 32 – 48	%100	الأردن	Saqqar and Pescod (1992 b)
ماكروفايتك (Macrophytic)	32	0.8	7	%100	مراكش	Silva (1982)
مايكروفايتك (Microphytic)	11.7	1.6	50	%100	مراكش	Quazzani et al. (1993)

3-3 ظهور بيوض الديدان الطفيلية في الحمأة وبقاؤها

إن وجود الطفيليات في حمأة مياه الصرف الصحي العادمة معروف منذ وقت طويل (Cram, 1943; Keller, 1951; Graham, 1981; Schwartzbrod *et. al.;* 1989 a). ويظهر الجدول (3-7) مستويات بيوض الديدان الطفيلية في الحمأة الخام من بلدان مختلفة. وأوردت ايريس (Ayres, 1992) تقريراً عن وجود 5187 إلى 44306 بيضة لكل غرام من الوزن الجاف لرواسب البرك الاختيارية في البرازيل. بينما أورد ساديجيان وزملاؤه (Sadighian et al.,1976) تقريراً عن وجود 1000 إلى 13000 بيضة لدودة الصفر (*Ascaris*) لكل غرام من حمأة مياه الصرف الصحي العادمة الخام و 14000 إلى 25000 بيضة لدودة الصفر (*Ascaris*) لكل غرام من الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة في منشآت المعالجة في أصفهان بإيران. ويبدو ذلك أعلى مستوى لبيوض الديدان الطفيلية الواردة ضمن التقارير المتعلقة بالحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة. كما أن عدد الطفيليات وأنواعها يتأثران، كما يبدو، بمعدل الأمراض المعدية في التجمعات السكانية المحلية (Hays, 1977).

الجدول (3-7): مستويات وجود بيوض الديدان الطفيلية في الحمأة الخام من بلدان مختلفة

المرجـــع	البلـــد	الوحـدة	العدد (المدى)
Keller & hide (1951)	جوهانسبيرغ	بيوض/ مل	243 - 50
	(جنوب افريقيا)	بيضة/ غم من الوزن الجاف	7805 – 1100
Sadighian *et al.;* (1976)	إيران	بيضة/ غم من الوزن الرطب	25.000 – 14.000
Reimers *et al.;* (1981)	الولايات المتحدة الأمريكية	بيضة/ 100 غرام من الوزن الجاف	1943 – 287
Schwartzbrod *et al.;* (1986)	نانسي (فرنسا)	بيضة/ كغم وزن رطب	130 – 83
Schwartzbrod *et al.;* (1987b)	مراكش	بيضة/ 100 غم من الوزن الرطب	325 – 225
Schwartzbrod *et al.;* (1989 a)	سان ادريان	بيضة/ كغم من الوزن الرطب	340 -20
Hindiyeh (1995)	الأردن	بيضة/ غم وزن جاف	1015 – 45
Ayres (1992)	البرازيل	بيضة/ غم وزن جاف	44.306 – 5.187

ولا توجد طريقة قياسية لكشف طفيليات الديدان واسترجاعها من عينات الحمأة. واختلاف الطرق الحالية التي يستخدمها الباحثون تحد من درجة المقارنة بين الدراسات المختلفة.

وكان التلوث بالطفيليات أوضح ما يكون في عينات الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة في محطة نانسي للمعالجة في فرنسا، حيث كانت نتائجها إيجابية لكل العينات (1986) Schwartzbrod *et. al.;*. وتتفاوت التراكيز من 113 إلى 135 بيضة لكل 100 غرام حسب نوع الحمأة الذي يعكس التأثير الضعيف للمعالجة في بيوض الديدان الطفيلية. وتعود البيوض التي تم الكشف عنها أساساً إلى صنف الديدان الممسودة، ونادراً ما تعود إلى الشراطيات (Schwartzbrod *et. al.;* 1989). وفي فرنسا، تم الكشف عن العديد من بيوض الديدان الطفيلية في الحمأة؛ مثل: أنواع من ديدان الصفر (*Ascaris*)؛ والديدان السهمية (*Toxocara*)؛ والمسلكة (*Trichuris*)؛ والمحرشفة (*Hymenolepis*)؛ والشريطية (*Taenia*) (Schwartzbrod *et. al.;* 1986)

وتبين من خلال أبحاث ريمير وزملائه (Reimers *et. al.*, 1981) احتـــواء حمأة مياه الصرف الصحي العادمة المنزلية في جنوب أمريكا على بيوض وكيسات عيوشة لطفيليات مختلفة، فقد تمت ملاحظة 18 نوعاً من الطفيليات (بيوض وكيسات) في الحمأة الخام الناتجة عن عملية التثبيت. وتفاوتت أنواع بيوض الطفيليات وكثافتها (معدل من 1000 إلى 10000 بيضة لكل كيلو غرام من الحمأة الجافة، ويعتمد ذلك على نوع الطفيل)، تبعاً إلى عدد التجمعات السكانية والصناعات المحيطة، والفصل السنوي، والموقع الجغرافي. تؤثر مخلفات المسالخ ومصانع التعبئة، بشكل قوي، في أنواع وكثافات بيوض الطفيليات الموجودة في حمأة المخلفات المنزلية.

ووجد شفارتز برود وزملاؤه (Schwartzbrod *et. al.*, 1987 b) معظم بيوض الديدان الطفيلية (الديدان الممسودة والشراطية) في رواسب البرك المثبتة للمخلفات السائلة في مراكش. وقد وجدت في رواسب مدخل البرك الاختيارية، بأعداد تتراوح بين 40 إلى 246 بيضة لكل كيلو غرام للوزن الجاف من الرواسب. كما وجدوا أن عدد بيوض الشراطيات يتناقص بشكل أسرع من بيوض الديدان الممسودة، وأجمعوا بأن هذا التناقص في الأعداد يعود إلى عدة أسباب هي:

1- الظروف اللاهوائية للرواسب الموجودة في القاع.
2- ظاهرة الافتراس.
3- الضغط الأسموزي وتأثيراته التي أوضحها فيتزجيرالد واشلي (Fitzgerald & Ashley, 1977) وبينكر وكريشنامورثي (Panicker & Krishnamoorthi, 1978).

ووجدت ايريس (Ayres, 1992) أن بيوض دودة الصفر الخراطيني (*A. lumbricoides*) وبيوض الدودة المسلكة الشعرية الرأس (*T. trichiura*) تتراكم في حمأة البركة الاختيارية الابتدائية. بيد أن 3.4% من بيوض دودة الصفر

الخراطيني (*A. lumbricoides*) الناتجة عن حمـــأة البرك كانت عيوشة. وبناءً عليه، تم استنتاج أن المزيد من المعالجة سيكون ضرورياً قبل إعادة الاستخدام الآمن لحمأة برك المخلفات السائلة للأغراض الزراعية.
وهنالك دليل على أن بيوض دودة الملقوة العفجية (*Ancylostoma duodenal*) موجودة في مياه الصرف الصحي العادمـــة (Hays, 1977)، لكن يظهر عدم وجود ترابط بين استخـدام الحمأة في التطبيقات الزراعية وأمراض الإنسان. وتبقى اليرقات حية وتعيش لمدة ستة أسابيع في البراز (Feachem *et. al.;* 1978) بينمـــا تبقى البيوض حية لمدة 60 إلى 80 يوماً في الحمـــأة الجافـــة (Cram, 1943).
وركز العديد من الكتّاب اهتمامهم على وجود بيوض الدودة الشريطية (*Taenia*) في مياه الصرف الصحي العادمة وعن إمكانية انتشار البيوض عند استخدام هذه المياه للأراضي الزراعية (Silvermant & Griffiths, 1955; Gernmel & Johnstone, 1977; Crew & Owen, 1978; Burger, 1983; Kiff & Lewis-Jones, 1984; Snowdon *et. al.;* 1989; Bruce *et. al.;* 1990). وهنالك علاقة قوية بين استخدام الحمأة وبين وجود الكيسات المذنبة (Cysticercosis). على كل حال، هنالك أقل من 5% من المزارع قد تأثرت باستخدام الحمأة للأغراض الزراعية. وعليه فإن طريقة الانتقال والعدوى بهذه البيوض هي الأهم من عملية استخدام الحمأة. وبالرغم من ذلك، يؤكد هذا الظهور أهمية الضبط الجيد في معالجة الحمأة ووسائل التخلص من البيوض للتأكد من عدم إمراضية هذه البيوض للمواشي، ولضمان الاستعمال الآمن للحمأة (Brace *et. al.;* 1990).

1-3-3 فعالية عمليات معالجة الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة

تقسم طريقة المعالجة التقليدية لحمأة المخلفات المنزلية إلى فئتين:
1- عمليات التثبيت (تقليل المحتوى العضوي والروائح ومحتوى الممرضات في الحمأة).
2- عمليات تعطيل الحيوية (جعل عملية الإيداء مع الحمأة وعملية التخلص منها أكثر أماناً وذات جدوى اقتصادية).

ووجد أن هاتين الفئتين تؤثران في الطفيليات بطرق مختلفة. وقد جذب تأثير عمليات معالجة الحمأة على بقاء بيوض الديدان الطفيلية المزيد من اهتمام الباحثين، وهنالك العديد من المعلومات والاستقراءات التجريبية المتوافرة بهذا الصدد.
وهناك ظروف هوائية ولاهوائية تتولد في عمليات تثبيت الحمأة، وقد تتسبب أو لا تتسبب في زيادة درجة الحرارة إلى درجة مميتة للبيوض والطفيليات. ولأن معظم بيوض الطفيليات تحتاج إلى مستوى من الأوكسيجين لكي تتطور أعلى مما هو عليه في جوف العائل؛ فإن الهضم اللاهوائي يؤدي إلى تثبيط تطور هذه البيوض، بينما يؤدي الهضم الهوائي إلى تسارع تطورها. كما هو متوقع، ستقتل هذه العمليات تلك البيوض في كل الظروف (هوائية أو لاهوائية) لأنها سترفع درجة الحرارة إلى أكثر من 55°م التي هي درجة مميتة للطفيليات. وستقضي عمليات نزح الماء من الحمأة أو تطهيرها على البيوض نتيجة زيادة درجة الحرارة كما هو الحال في عمليات الترميد (الحرق)، أو عند تصنيع الحمأة كسماد مخلط، أو بالتقليل الشديد لمحتوى الرطوبة كما هو الحال في أحواض التجفيف. كما يمكن تدمير البيوض عن طريق تمزيقها بالصوننة والإشعاع أو بالأمواج الميكروية (Reimers *et. al.;* 1981).
وتم تطوير المعلومات الموضحة في الجدول (3-8) و (3-9) من قبل ستيرن وفاريل (Stern & Farrell, 1977) وجرى تعزيزها من قبل ريمير وزملائه (Reimers *et al.;* 1989) التي تتعلق بالفعالية النسبية للعمليات التي تعتبر مناسبة لتجهيز حمأة مطهرة. تعد الطرق العادية مثل: البسترة، والمعالجة الحرارية، والكلورة الثقيلة فعَالة للقضاء علىالعديد من الممرضات، ولكنها غير مرغوبة، ربما لارتفاع تكلفتها المادية، ولكونها تغير من صفات الحمأة أو/ وصفات فصل السوائل الناتجة عن هذه العمليات. ويبين الجدول (3-10) أن عمليات المعالجة التقليدية للحمأة قد لا تكون فعَالة بالكامل لإزالة الطفيليات أو القضاء عليها.
إن مجرد تحليل درجة ومعدّل تعطيل الممرضات في أي عملية معالجة للحمأة لا يحدّد ولا يؤكد عدم مقدرة انتقال العدوى، لكن تؤكد عملية التعطيل، بحد ذاتها، أن عملية المعالجة لها القدرة على أن تكون مانعاً لانتقال العدوى وانتشارها. كما أن قلة عدد الطفيليات دون مستوى الكشف لا تعني ضمانة كلية لخلوها من الممرضات. فعلى سبيل المثال، تعني بيوض الطفيليات دون مستوى الكشف أن الممرضات غير مكتشفة تبعاً للطريقة المتبعة حالياً لعزلها. وهذا لا يعني بالضرورة خلوها من العينة(Reimers *et. al.;* 1989).
على المصمم أن يستخدم عدداً كبيراً من المعايير الأساسية عند اختياره طريقة لتثبيت الحمأة في منطقة معينة. وستكون التكاليف (رأسمال المعالجة وتكاليفها) عاملاً مهماً في عملية الاختيار. وهنالك العديد من المعايير الثانوية التي يجب أن تؤخذ بالاعتبار؛ وتشمل ملاءمة طريقة المعالجة لحجم العمل؛ وتأثيرات المناخ؛ وفعَالية الطريقة لإزالة الممرضات؛ ودرجة المعالجة التمهيدية المطلوبة للحمأة وتأثيرها في عملية نزح الماء من الحمأة؛ وتأثيرها في كتلة المواد الصلبة في الحمأة؛ والمشاكل التشغيلية المحتملة؛ ودوامية التثبيت؛ واحتياجات الطاقة.
وأوصى بسكود (Pescod, 1971) باتباع طريقة الهضم اللاهوائي، واستخدام البحيرات، واستخدام الأحواض الرملية للتجفيف، باعتبارها من أفضل الوسائل العملية لمعالجة الحمأة في البلدان المدارية النامية، ولا ينصح باتباع تقنيات أكثر تعقيداً التي تستهلك معدات مستوردة أو حتى طرق تشغيل معقدة حتى يحقق التطور أهدافه في مجال التكلفة وكفاءة العاملين.

الجدول (3-8): فعالية العمليات القياسية في تطهير الحمأة

عمليـــــــــة التطهيـــــــر	إزالـــــــة أو تثبيـــط		إزالـــــــة أو تثبيـــط		
	الممرضات المؤشرة أ	السلمونيلة	مشاكل معاودة النمو	الفيروسات	الصفر الخراطيني
العملية القياسية					
بحيرة التخزين (تجريبية)	م	م	-	م	م
أحواض التجفيف ب	ج	م	ن	ج+	م
تخزين لاهوائي طويل الأمد (ستة أشهر)					
تجربة مخبرية متقطعة على درجة 4°م	و+	م	-	ق	ق
تجربة مخبرية متقطعة على درجة 20°م	م	م	-	م	ق
عمليات معتمدة على الحرارة (تسخين)/ زمن					
هضم لاهوائي (35°م)	و	و	-	ق+	ق
هضم لاهوائي (52°م)	ج	م	-	ج	ق
هضم لاهوائي (60°م)	ج	م	-	م (مقدرة)	م (مقدرة)
هضم هوائي	و	ق+	-	ق	ق
تحضير سماد مخلط (<60°م)	ج+	م	ن	ج+	م
بسترة (70°م، 0.5 –1 ساعة)	ج	م	ن	م	م
بسترة (70°م، 1 –2 ساعة)	م	م	ن	م	م
معالجة حرارية (195°م)	م	م	ن	م	م
التجفيف الحراري	م	م	ن	م	م

المصدر : Reimers et al., 1989

أ : الممرضات المؤشرة: القولونيات البرازية الكاملة، العقديات البرازية.
ب : محتوى الرطوبة والتحكم بالحرارة.
م : ممتاز، أقل من المستويات المكتشفة.
ج : جيدة، نقص أكثر من ثلاثة لوغاريتمات.
و : متوسطة، نقص من 1 – 3 لوغاريتمات.
ق : قليلة، أقل من 1 لوغاريتم نقص.
ن : مشكلة فعلية ناتجة عن معاودة النمو.
- : تثبيط النمو.

الجدول (3-9): فعالية العمليات المبتكرة في تطهير الحمأة

عمليـــــــــة التطهيـــــــر	إزالـــــــة أو تثبيـــط		إزالـــــــة أو تثبيـــط		
	الممرضات المؤشرة أ	السلمونيلة	مشاكل معاودة النمو	الفيروسات	الصفر الخراطيني
المعالجـــــة الكيميائيـــــة					
المعالجة الجيريـــة (pH > 12)	م	م	ن	م (مقدرة)	ق
الكلـــورة الثقيـــلة (Cl2 = 1500 ملغم/ لتر)	م (مقدرة)	م (مقدرة)	ن (مقدرة)	م (مقدرة)	ق (مقدرة)
الأمونة	م	م	ن	م	م
الحقول التطبيقية					
الأمواج فائقة الصوت	ق إلى م	ق إلى م	ن	ق إلى م	ق
التشعيع الغامي (300 – 400 كراد)	ج+	م	ن	و	م
التشعيع الغامي (1000 كراد)	م	م	ن	م	م
التشعيع الغامي (3000 - 4000 كراد، 55°م)	م	م	ن	م	م
التشعيع الإلكتروني عالي الطاقة (1000 كراد)	م	م	ن	ج+	م

المصدر : Reimers et al., 1989

أ : الممرضات المؤشرة: القولونيات البرازية الكاملة، العقديات البرازية.
م : ممتاز، أقل من المستويات المكتشفة.
ج : جيدة، نقص أكثر من ثلاثة لوغاريتمات.
و : متوسطة، نقص 1 – 3 لوغاريتمات.
ق : قليلة، أقل من 1 لوغاريتم نقص.
ن : مشكلة فعلية نتيجة معاودة النمو.

الجدول (3-10): تأثيرات عمليات معالجة الحمأة في بيوض الطفيليات

وحدة المعالجة	ملاحظـــــات على الفعَاليـــــة
	عمليات التثبيت
الهاضمات اللاهوائية الهاضمات الهوائية	تثبط تطور البيوض، تزيد من فرصة القضاء عليها بزيادة درجة الحرارة تحفز تطور البيوض (تزيد من فرصة القضاء عليها بزيادة درجة الحرارة)
	عمليات إزالة التلوث
الترميد	القضاء على 100%
أحواض التجفيف	قتل 100% على محتوى رطوبة 5%، (يتفاوت محتوى الرطوبة باختلاف درجة الحرارة)
تحضير الأسمدة المخلطة	فعَالية 100% في حالة وصول درجة حرارة المواد إلى 60˚م لمدة ساعتين على الأقل
الكلورة الروتينية	لا أثر
الصوننة	فعالية 80% على 30-50 كهز (KHz) و 600 واط
إشعاع غاما	فعالية 100% على قوة 200 كراد (KRADS)
تسخين	فعالية 100% على درجة 70 م لمدة 30 دقيقة أو لفترة أقل على درجة حرارة أعلى. الفعالية تعتمد على درجة الحرارة وفترة التعريض، ويلاحظ أن درجة الحرارة التي تقل عن 45˚م لا تعطي فعالية.
بحيرات التخزين	50 – 100% (يعتمد على الهضم والزمن والحرارة)
التثبيت الجيري	80 – 100% (يعتمد على الهضم والزمن والحرارة)
أمونة	حتى 95% (تعتمد على الجرعة ودرجة الحموضة)

المصدر: Reimers *et. al.;* 1989

الفصل الرابع

بيوض الديدان الطفيلية بوصفها مؤشرات في المخلفات السائلة والحمأة

يبين إثبات خلو الناتج النهائي من بعض الممرضات كفاءة الرصد في عملية المعالجة، لكن لسوء الحظ، هنالك بعض الأمور والحقائق التي تعيق هذا الأمر، فعملية إحصاء عدد الممرضات وأنواعها، إما أن تكون مستحيلة على الإطلاق أو مجهدة وذات تكلفة مالية عالية، ويمكن إنجازها فقط في بعض المختبرات المتخصصة. وهنالك طريقة عملية معتمدة على تعداد الممرضات (الأحياء) المؤشرة. فخلو الناتج النهائي من هذه الممرضات المؤشرة (من كمية معينة) أو نقصانها عن الحد المعلوم يدل حتماً على أن عملية المعالجة كانت ناجحة ومقنعة. إن الهدف الرئيسي في عملية معالجة المخلفات السائلة لأغراض إعادة الاستخدام هو إزالة الممرضات. ولا يعتبر وجود القولونيات البرازية من المؤشرات المقنعة على وجود الفيروسات، وليست له علاقة أيضاً بوجود الديدان الطفيلية أو الحيوانات الأولية.

وهنالك حاجة لمؤشر على وجود الديدان المعوية الطفيلية، ويعد استخدام أنواع من دودة الصفر (*Ascaris*) مؤشراً أكثر ملاءمة، إذ تعمل بيوض دودة الصفر بشكل أساسي مؤشرات على وجود بيوض الدودة السهمية (*Toxocara*)، والدودة المسلكة (*Trichuris*) والدودة المحرشفة (*Hymenolepis*) (EPA, 1992). ومع ذلك لا تعتبر بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) مؤشراً جيداً على إزالة بيوض الديدان الطفيلية في أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي العادمة. وتعتبر بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) الأثقل وزناً بين بيوض الديدان الطفيلية. وتوجد بشكل روتيني في المخلفات السائلة، وبالتالي فهي النوع الأسهل إزالة خلال عمليات معالجة مياه الصرف الصحي العادمة. فعلى سبيل المثال، يمكن إزالة بيوض الديدان الشصية التي تصيب الحيوان والإنسان بالترسيب، ولكن بصعوبة أكبر مما هو الحال عند إزالة بيوض دودة الصفر (*Ascaris*). بيد أنه من المجازفة الافتراض أن جميع بيوض الديدان الطفيلية قد تمت إزالتها إذا تمكنت عملية معالجة المخلفات السائلة من إزالة 100% من بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) (Ayres, 1992).

وتتصف الكائنات التي يمكن اعتبارها مؤشرات في عملية معالجة الحمأة بما يلي:

- موجودة دائماً في الحمأة الخام بأعداد كبيرة، كما يمكن الكشف عنها وإحصاؤها بدقة وصحة معقولة.
- يكون الممرض المؤشر نوعاً وحيداً أو على الأقل مجموعة صغيرة من أنواع ذات ارتباط وطيد ومقاومة متماثلة للظروف المحيطة.
- تكون هذه الممرضات المؤشرة ذات مقاومة متماثلة أو أعلى لعملية المعالجة منها عند الممرضات التي تمثلها.
- إذا كانت معاودة نمو الممرض واردة بعد عملية المعالجة، فيجب على الممرض المؤشر أن يمثل هذا النمو أيضاً. على أن تكون الطرق المستخدمة في الكشف عنها بسيطة وموثوق بها، وذات معايير وأسس.

وبناءً عليه، يتم اختيار الكائن المؤشر بعناية وبعد دراسة تامة، بحيث تراعى قدرته على البقاء حياً أثناء عملية المعالجة، وأن يمثل الممرضات الموجودة في الحمأة (Pike, 1983).

وتم استخدام بيوض دودة الصفر الخراطيني (*Ascaris lumbricoides*) في الدراسات المتعلقة بالحمأة لأسباب عملية، إذ إنها من أكثر الأنواع وجوداً في مياه الصرف الصحي العادمة الخام والحمأة الناتجة عنها، وهي نسبياً الأسهل إيداءً وتداولاً. ويمكن اعتبارها مؤشراً على سلوك بيوض الديدان الطفيلية الأخرى الموجودة في الحمأة. واقترح ماير وزملاؤه (Meyer *et al.*, 1978) استخدام بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) باعتبارها ممراضاً مؤشراً في عمليات معالجة الحمأة للأسباب التالية:

- ميل بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) للترسُب في الحمأة.
- مقاومة بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) للظروف الخارجية غير الملائمة أكثر من غيرها من الأحياء المعوية. وعليه؛ يوفر استخدامها بوصفها مؤشرات حداً معيناً من الأمان عند رصد عملية المعالجة.
- الجاهزية العالية لهذه البيوض للأغراض المخبرية التجريبية، بالإضافة إلى كونها الأكبر حجماً، والأسهل ملاحظة واسترجاعاً عن غيرها من الأحياء المعوية.
- إن عملية تحديد عيوشية هذه البيوض هي عملية مباشرة أكثر مما هو عليه الحال في بيوض الديدان الشراطية مثل أنواع الدودة الشريطية (*Taenia*) أو أنواع الدودة المحرشفة (*Hymenolepis*) (Pick *et al.*, 1983). تبرر هذه الأسباب اختيار بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) لتكون ممرضات مؤشرة في عمليات المعالجة لكل أنواع الممرضات المعوية، مع أن جدوى هذا الاختيار ما زال مدار النقاش والبحث.

الفصل الخامس

دلائل النوعية الميكروبيولوجية لاستخدامات المخلفات السائلة والحمأة في الزراعة

إن هدف هذه الدلائل هو الحث على الاستخدام الآمن للمخلفات السائلة المعالجة وغيرها من نواتج المفرغات البشرية للأغراض الزراعية ولأغراض تربية الأحياء المائية حماية للعامل وللمستهلك على حد سواء.

5-1 دلائل إعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة في ري المحاصيل الزراعية

يشكل الري باستخدام المخلفات السائلة غير المعالجة خطراً جسيماً على الصحة لكل من العاملين في الحقول والمستهلكين لمنتجاتها فيما يتعلق بإصابتهم بأمراض الديدان الطفيلية، بالإضافة إلى كون المستهلكين معرضين للإصابة بالأمراض الجرثومية مثل: عدوى الكوليرا (الهيضة) (Cholera) أو الحمّة التيفية (Typhoid) (Shuval *et al.*, 1986).

الجدول (5-1): دلائل النوعية الميكروبيولوجية الموصى بها لأغراض استخدام المخلفات السائلة في الزراعة[أ]

الفئة	ظروف إعادة الاستخدام	المجموعة المعرضة	الديدان الممسودة المعوية [ب] (المتوسط الحسابي لعدد البيوض لكل لتر [ج])	القولونيات البرازية (المتوسط الهندسي لكل 100 مل [ج])	وسائل معالجة المخلفات السائلة المتوقع أن تحقق النوعية الميكروبيولوجية
أ	ري المحاصيل التي تؤكل بدون طهي، الملاعب الرياضة و المتنزهات العامة [د]	العمال والمستهلكون والجمهور	≥ 1	≤1000 [د]	سلسلة من برك التثبيت المصممة لتحقيق النوعية المطلوبة أو معالجة معادلة
ب	ري محاصيل الحبوب والمحاصيل الصناعية ومحاصيل العلف والأشجار والمراعي [هـ]	العمال	≥ 1	لا يوصى بمعيار	الاحتجاز في برك التثبيت لمدة 8-10 أيام أو إزالة معادلة للديدان المعوية الطفيلية والقولونيات البرازية
ج	ري موضعي للمحاصيل في الفئة ب إذا لم يحدث تعرض بين العمال والجمهور	لا أحد	لا ينطبق	لا ينطبق	معالجة أولية كما تتطلبها التقنية المستخدمة في الري، لكن لا تقل عن الترسيب الأولي

المصدر: منظمة الصحة العالمية (WHO, 1989).

أ :في حالات خاصة، يجب أن تؤخذ في الحسبان العوامل الوبائية، والظروف البيئية والاجتماعية الثقافية، وبناءً عليه تمت صياغة هذا الدليل.
ب :الصفر والمسلكة الشعرية الرأس والديدان الشصية.
ج :أثناء فترة الري.
د :دليل أكثر صرامة (اقل أو يساوي 200 قولونية برازية لكل 100 مل) ملائم للمروج والحدائق، كحدائق الفنادق التي يلامسها الجمهور بشكل مباشر.
هـ :في حالة أشجار الفاكهة، يجب أن يتوقف الري قبل قطاف الفاكهة بأسبوعين، ولا يسمح بقطف الفاكهة من الأرض. يجب أن لا يستخدم الري بالتنقيط.

إن دلائل النوعية الميكروبيولوجية لمنظمة الصحة العالمية (1989) والخاصة باستخدام المخلفات السائلة المعالجة في ري المحاصيل الزراعية موضحة في الجدول (5-1) التي اعتمدت على تقييمات دقيقة للدراسات الوبائية المتوافرة (Blum & Feachem, 1985; Shuval et al, 1986; and Mara & Cairn cross, 1989)، وأظهرت أن الممرضات المفرغة ذات الأهمية الأكبر في ري المحاصيل هي الجراثيم البرازية والديدان الممسودة المعوية ذات الأصل البشري. وينص دليل منظمة الصحة العالمية (1989) على ألا يزيد عدد بيوض الديدان الممسودة على بيضة واحدة لكل لتر شرطاً لاستخدام هذه المياه لأغراض الري المقيد وغير المقيد من أجل حماية العاملين في مجال ري هذه المحاصيل، والمستهلكين.
وأظهرت الدراسات المتعلقة بالري المقيد عدم التشدد في الدلائل، حيث يمكن أن تصل إلى عشر بيوض لكـل لتر لاستخدام آمن للمخلفات السائلـــة، (انظر ايريس Ayres, 1992b) . وأشار السالم (Al-Salem, 1992a&1996) إلى عدم كفاءة هذه الدلائل في تحقيق أهدافها في حماية العمال المعرضين للإصابات بالديدان المعوية الطفيلية؛ لأنها لا تحتوي على أنواع من الدودة الأسطوانية (*Strongyloides*)، التي تسبب مرضاً خطيراً، وذات أهمية للصحة العمومية في المناطق الوبائية. واستعرض فيتشام وزملاؤه (Feachem *et al*., 1983) عملية إزالة الممرضات المفرغة في عمليات معالجة المخلفات السائلة. ويلخص الجدول (5-2) المعلومات المتوافرة لإزالة الممرضات المفرغة في عمليات معالجة المخلفات السائلة المتعددة، وتشير إلى الأماكن التي تتوافق مع دلائل إنجلبيرغ (WHO, 1989; and Mara & Cairncross, 1989). ودرجات إزالة الفيروسات والكيسات الطفيلية موجودة أيضاً في الجدول (5-2)، مع أنها غير متوافقة مع دلائل إنجلبيرغ.

الجدول (5-2): الإزالة المتوقعة للممرضات المفرغة في عمليات معالجة المخلفات السائلة

عملية المعالجة	مقدار الإزالة (لو10 وحدات) من			
	الجراثيم	الديدان المعوية الطفيلية	الفيروسات	الكيسات الطفيلية
الترسيب الأولي البسيط	1-0	2-0	1-0	1-0
مساعدة كيميائية [أ]	2-1	3-1 [ز]	1-0	1-0
الحمأة المنشطة [ب]	2-0	2-0	1-0	1-0
الترشيح الحيوي [ج]	2-0	2-0	1-0	1-0
بحيرة مهواة [ج]	2-1	3-1 [ز]	2-1	1-0
خندق الأكسدة [ب]	2-1	2-0	2-1	1-0
التطهير [د]	6-2 [ز]	1-0	4-0	3-0
برك تثبيت المخلفات [هـ]	6-1 [ز]	3-1 [ز]	4-1	4-1
مستودعات تخزين السيب [و]	6-1 [ز]	3-1 [ز]	4-1	4-1

أ : المزيد من البحث ضروري لتأكيد قدرة الأداء.
ب : يشمل الترسيب الثانوي.
ج : يشمل برك الترويق.
د : عملية الكلورة أو المعالجة بغاز الأوزون.
هـ : يعتمد الأداء على عدد البرك في السلسلة وعلى عوامل بيئية أخرى.
و : يعتمد الأداء على فترة المكث، التي تتفاوت مع الحاجة.
ز : التصميم الجيد والتشغيل الصحيح يحققان دلائل إنجلبيرغ.

2-5 دلائل إعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة في برك تخصيب الأسماك (مزارع الأسماك)

تنص دلائل منظمة الصحة العالمية (1989) لاستخدام سيب المخلفات السائلة المعالجة في برك تخصيب الأسماك على ضرورة خلو هذه المياه من بيوض الديدان المثقبة تماماً (لكل لتر) (متفرعة الخصية (*Clornochis*)، والدودة المتوارقة (*Fasciolopsis*) والدودة المنشقة (*Schistosoma*)، حيث تعتبر أنواع الدودة المنشقة (*Schistosoma*) ذات أهمية أكبر في منطقة البحر المتوسط؛ وأن لا يزيد عدد القولونيات البرازية على 1000 لكل 100 مل من مياه بركة الأسماك. ويعود عدم السماح بوجود بيوض الديدان المثقبة في برك الأسماك إلى التكاثر اللاجنسي العالي لهذا الطفيل في العائل المائي الوسيط له (حلزونات (قواقع) الماء) (Mara & Pearson, 1998).

3-5 أنظمة استغلال الحمأة في الزراعة ودلائلها

للحمأة خصائص زراعية قيمة، لذا يجب التشجيع على استخدامها. وتوفير الطرق المثلى لهذا الهدف، وأي تعليمات حول استخداماتها يجب أن تشمل الهدفين التاليين:

أولاً: أن تؤكد بأن الإنسان والحيوان والنبات والبيئة المحيطة بهم ستكون جميعها في أمان تام من أي احتمال لتأثيرات غير صحية من الانتشار غير المضبوط للحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة على الأراضي الزراعية.

ثانياً: أن تحفز الاستخدام الصحيح للحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة على هذه الأراضي.

وتشكل معرفة المناخ المحلي، والقرب من مستوى المياه الجوفية، وأنواع الممرضات وتراكيزها في الحمأة، ومزايا التربة عوامل ضرورية جداً لوضع دلائل منطقية لاستخدامات الحمأة للأغراض الزراعية في أي بلد.

إن خطر الإصابة التي يتعرض لها الإنسان والحيوان نتيجة الجرثوميات الموجودة في الحمأة التي تستخدم لأغراض زراعية، ومعايير التحكم قد تم اعتمادها من جهة اثنين من الممرضات تم ذكرهما بشكل خاص، وهما: الأنماط المصلية للسلمونيلة (*Salmonella*) المسؤولة عن التسمم الغذائي للإنسان والمرتبطة بالغذاء الحيواني. والدودة الشريطية، الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) التي تصيب الإنسان، وهي ذات المرحلة اليرقية في المواشي المعروفة باسم الكيسة المذنبة البقرية (*Cysticercus bovis*). لقد اهتم فريق العمل بالتأثيرات الزراعية لاستخدام الحمأة على صحة الإنسان حيث تمثل إمراض الحيوانات جزءاً من دورة الإصابة بالطفيل. ويعتقد فريق العمل بأن الخطورة الناجمة عن الممرضات على صحة الإنسان أقل منها مما ذكر، مع ملاحظة أن الخطورة الناجمة عن الفيروسات والمتكيسة العضلية (Sarcocystis) لم تقيم على نحوٍ كافٍ.

وفي مراجعة أجريت في بريطانيا عن استخدام الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة للأراضي الزراعية عام 1981، عرفت دائرة البيئة البريطانية ومجلس المياه الوطني أربع مجموعات من الممرضات باعتبارها مصادر محتملة للإصابات في المملكة المتحدة. وتمت الإشارة إلى أن الدودة الشريطية العزلاء (*Taenia saginata*) هي الوحيدة التي انتشرت في بقايا الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة، لكن بيوض الطفيليات الأخرى مثل الشريطية الوحيدة (المسلحة) (*Taenia solium*) الخنزيرية والصفر (*Ascaris*) والدودة المسلكة (*Trichuris*) كانت سبباً للقلق والاهتمام. وبرزت السلمونيلة (*Salmonella*) من بين الجراثيم، بشكل عام، والفيروسات المعوية من بين الفيروسات، والجيارديا (*Giardia*) من بين كيسات الحيوانات الأولية.

إن الدلائل المتعلقة بطرق معالجة الحمأة جنباً إلى جنب مع التشريعات والأنظمة البريطانية موضحة في الدليل العملي للاستخدامات الزراعية للحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة (دائرة البيئة البريطانية، 1989). وقد تمت صياغتها للتأكيد على تعارض الاستخدام الزراعي للحمأة مع الممارسات الزراعية الجيدة، و تعريض الإنسان والحيوان لخطر الإصابة بالأمراض، والمياه الجوفية للتلوث، والتسبب في أذى الجمهور، وضمان فترة أطول لاستدامة النشاطات الزراعية المختلفة. وأشار الدليل العملي لدائرة البيئة البريطانية عام (1989) إلى أنه ليس من العملي التعبير عن النوعية الميكروبيولوجية بأعداد محددة لأهداف المراقبة الروتينية (Lewis Jones & Winkler, 1991).

وحددت الأنظمة البريطانية (Statutory Instrument No. 1263) تقييدات استخدام الحمأة في المراعي أو الحقول الزراعية التي يتم حصادها، بحيث حظرت استخدام الحمأة في محاصيل الخضار والفواكه التي تنمو أو يتم حصادها قرب التربة. كما نص على عدم جواز حصاد هذه المحاصيل التي تؤكل نيئة بدون طهي وتنمو قرب التربة إلا بعد مرور عشرة شهور على آخر استخدام للحمأة. وحظرت أيضاً حصاد أو استهلاك المحاصيل التي تدخل في إنتاج العلف أو الأراضي التي تستخدم كمراعي للماشية والحيوانات إلا بعد مرور ثلاثة أسابيع من آخر استخدام للحمأة.

وتم تحديد الحمأة الآمنة صحياً الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة في النشرة الثانية، الفقرة الثانية من القانون المحلي الألماني المتعلق بالحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة. وتعتبر الحمأة آمنة صحياً عند معالجتها بتقنية أثبتت كفاءتها على أن يقل عدد جرثومة السلمونيلة (*Salmonella*) الواطنة أو المزروعة بأربعة أضعاف، وأن تصبح بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) الواطنة والمزروعة غير ممرضة أو مسببة للعدوى (Strauch, 1989). وخصصت منظمة (USEPA) معياراً تقليدياً تقني الأساس لتقليل الممرضات في الحمأة المنزلية. وصنفت هذه التقنيات في فئتين عرفت بالعمليات ذات الفعالية في إزالة الممرضات (PSRP)، والعمليات ذات الفعالية العالية في إزالة الممرضات (PFRP). وهذه التقنيات موضحة في (40 CFR 257.3-7).

واقترحت منظمة USEPA (WPCF, 1989) مؤخراً بأن يكون تقليل الأحياء الممرضة وكثافة الممرضات المؤشرة مدار التحقيق والاهتمام أكثر من تحديد التقنيات المستخدمة. ويعزى السبب في هذا التوجه الجديد إلى صعوبة تقييم كفاءة تقنيات المعالجة الجديدة للحمأة للعمليات الموثقة (PSRPs) أو (PFRPs) .

وذكرت منظمة (USEPA) عام 1992 في قسم (503.32) صنفين من الاحتياجات اللازمة لتقليل الممرضات. ينبغي فيهما لمالكي أو لمشغلي وحدات المعالجة أو حتى لموزعي الحمأة مراقبة الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة حسب الطرق والبروتوكولات، وذلك للتأكيد أن الأحياء الممرضة أو الممرضات المؤشرة لم تتجاوز الحدود المخصصة لها في الصنفين المقترحين.

وحددت منظمة (USEPA) عام 1992صنفين لتقليل الممرضات هما: صنف (أ) وصنف(ب)، اللذين اشترطا وحددا مستويات كشف الأحياء الممرضة التي لا يسمح بزيادتها في الحمأة المستخدمة؛ ومعيار الصنف (أ) هو استخدام الحمأة

كمخصبات للأراضي الزراعية. كما تستخدم هذه الحمأة في الغابات؛ والمتنزهات؛ والأراضي المستصلحة؛ والمروج؛ وحدائق البيوت. ويمكن بيعها في أكياس أو غيرها من الحاويات. ويتم إنتاج الصنف (ب) من الحمأة من عمليات المعالجة التالية: الفيزيائية؛ أو البيولوجية؛ أو باستخدام البحيرات؛ أو بالتجفيف الهوائي؛ أو عن طريق إضافة مواد كيميائية، أو التخزين لمدة لا تقل عن يوم واحد.

ويتطلب الصنف (أ) أن تكون كثافة القولونيات البرازية في الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة أقل من (1000) العدد الأكثر احتمالية (MPN) لكل غرام من المواد الصلبة الكلية. أو أن تكون كثافة أنواع جرثومة السلمونيلة (*Salmonella*) في الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة أقل من (3) العدد الأكثر احتمالية (MPN) لكل أربعة غرامات من المواد الصلبة الكلية. وينبغي أن لا تتجاوز كثافة الفيروسات المعوية عن وحدة واحدة مشكلة للويحة (Plaque) لكل أربعة غرامات من المواد الصلبة الكلية، وأن تكون كثافة البيوض العيوشة للديدان الطفيلية أقل من بيضة واحدة لكل أربعة غرامات من المواد الصلبة الكلية في الوقت الذي يتم فيه استخدام أو التخلص من الحمأة. وكل هذه الأعداد يعبر عنها بالوزن الجاف. أما فيما يتعلق بالصنف (ب) من الحمأة؛ فينبغي أن يكون معدل كثافة القولونيات البرازيـــة أقـــل من (2×10^6) العدد الأكثر احتمالية (MPN) أو وحدة مشكلة للمستعمرة (CFU) لكل غرام من المواد الصلبة الكلية.

الفصل السادس

المهارات المخبرية

1-6 معايرة المجهر وتجهيزه

إن القدرة على القياس الدقيق لحجم البيوض الطفيلية أو أي شكل من الأشكال الطفيلية بوساطة الفحص المجهري ضرورية لتعريف أنواع الطفيليات المختلفة. ويمكن عمل ذلك باستخدام مقياس مدرج معاير يعرف بالميكرومتر الرفي المجهري. أما الميكرومتر العيني، وهو قرص زجاجي مدور صغير مدرج بقياسات ثابتة بالحفر، وهو رخيص الثمن وسهل الاستعمال، ولذلك يوصى باستخدامه للفحوص الروتينية في المختبرات.

الأدوات اللازمة

- **الميكرومتر الرفي المجهري**: شريحة مجهرية بمقياس مقداره 1مم، تم حفرها وتقسيمها إلى 100 مسافة متساوية. كل مسافة تساوي وتعادل 1مم/100 = 10 مكرومتر (مكم).
- **الميكرومتر العيني المجهري**: قطعة عينية خاصة يكون الحفر مدرجاً عليها. يتم فيها الاعتماد على قوة تكبير العدسات الشيئية المستعملة في المجهر، إذ يمثل كل تقسيم في الميكرومتر العيني قياسات مختلفة. وبناءً عليه، يجب مقارنة كل عدسة عينية وشيئية مستخدمة بمقياس مدرج معلوم تمت معايرته مسبقاً . وليست لكل الميكرومترات العينية ذات قياسات أو مسافات متماثلة؛ وإنما يعتمد ذلك على الشركة الصانعة.

معايرة الميكرومتر العيني المجهري

- ضع الميكرومتر المجهري على رف المجهر، وباستخدام أقل تكبير للعدسة الشيئية؛ مثال: 4 X أو X10، ضع التدريج ضمن بؤرة المجهر.
- أدخل الميكرومتر العيني المجهري وحركه حتى يتداخل التدريج العيني والرفي المجهري.
- حرك دراجة المجهر حتى يتطابق المدرجان عند خط الصفر في المقياس.
- يتم اختيار الخط الموجود في الميكرومتر العيني المجهري الذي يتطابق تماماً فوق خط المدرج الشيئي للميكرومتر الرفي المجهري، انظر الشكل (6-1).
- معتمداً على الميكرومتر العيني المجهري، احسب عدد الخطوط المقسمة بين خط الصفر والنقطة التي تطابق فيها الخط العيني والشيئي.
- أعد هذه العملية باستخدام متوالٍ للقياسات X4، X10، X40، X100.
- احسب القيمة لكل قسم في المدرج العيني مع المدرج الشيئي كما يلي:

مع تكبير X10 شيئي

يلاحظ أن عدد (س) من الخطوط الموجودة في الميكرومتر العيني المجهري تطابقت تماماً عند نقطة مع عدد (ص) من الخطوط الموجودة في الميكرومتر الرفي المجهري.

صX10مكم/س

مع تكبير X40 شيئي

تطابقت 33 من الخطوط الموجودة على الميكرومتر العيني المجهري عند نقطة مع 21 من الخطوط الموجودة على الميكرومتر الشيئي المجهري، وبالتالي تكون المسافة الواحدة للميكرومتر العيني تساوي:

33/10X3=6.70مكم ، انظر الشكل (6-1).

ويجب معايرة كل مجهر، وكل ميكرومتر عيني على حده، نظراً لاختلاف التكبير الحقيقي دائماً من مجهر إلى آخر. ويجب أيضاً إعداد جدول بجانب كل مجهر يوضح فيه مؤشر التكبير لكل عدسة شيئية في المجهر، ومعايرة الميكرومتر العيني المجهري له.

أمثلة

مجهر (X) ..... رقم.....
X10 تكبير شيئي = 15 مكم*
X40 تكبير شيئي = 6.70 مكم*
X100 تكبير شيئي = 1.5 مكم*
*المؤشر = وحدة من الميكرومتر العيني.

يمكن ملاحظة البيوض ودراستها باستخدام تكبير مع X10 عيني و X10 شيئي. عند قياس شئ مثل بيضة دودة، تستبدل العدسة العينية العادية بالميكرومتر العيني المجهري، الذي تمت معايرته مسبقاً. ويحسب طول بيضة الدودة، بمحاذاة جدار البيضة بخط الصفر للميكرومتر العيني المجهري، وذلك باستخدام دراجة المجهر، ثم يحسب عدد الخطوط ذات المسافات الكاملة وغير الكاملة، ويضرب الرقم الناتج بالمؤشر الخاص بالميكرومتر العينـــي المجهري لحساب طول البيضة.

2-6 استخدام المنبذة (ج. منابذ)

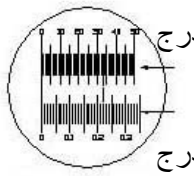
تورد معظم الطرق سرعة المنبذة باعتبارها قوة نابذة نسبية (ج). بيد أن معظم الأوراق العلمية تستخدم عدد الدورات لكل دقيقة (د/د) كمقياس للسرعة. ويبقى قياس معدل السرعة باستخدام (د/د) ثابتاً من منبذة إلى أخرى، بينما تختلف قيمة (ج) باختلاف نصف قطر ذراع الدوران للمنبذة. ويمكننا استخدام المعادلة التالية لتحويل (د/د) إلى قوة (ج).

(ق ن ن)= نق(د/د)^2/ك

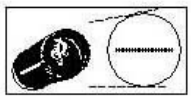
حيث (ق ن ن) أو (ج): القوة النابذة النسبية.
نق: نصف قطر ذراع الدوران في المنبذة من محور الدوران إلى منتصف ومركز الدلو (سم).

ك = 89456
ولتحويل القوة (ج) إلى (د/د)

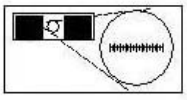
د/د= $\sqrt{\text{(ك.ق ن ن/نق)}}$



(أ)



(ب): الميكرومتر العيني المجهري: المقياس المدرج



(ج): الميكرومتر الرفي المجهري: المقياس المدرج

الشكل 6-1: *معايرة الميكرومتر الرفي المجهري. يمثل الشكل (أ) الميكرومتر العيني المجهري متطابقاً فوق الميكرومتر الرفي المجهري لغرض معايرة المجهر. والشكلان (ب) و (ج) يمثلان الميكرومتر العيني المجهري والميكرومتر الرفي المجهري على الترتيب*

الفصل السابع

طرق كشف بيوض الديدان الطفيلية وتعدادها في المخلفات السائلة والحمأة

1-7 المقدمـــة

أسهم تطور علوم الطفيليات الطبية في التوصل إلى العديد من التقنيات لتعداد بيوض ويرقات الديدان المعوية الطفيلية في البراز (Stoll & Hansheer, 1926; Faust *et. al.*, 1938; Richie, 1948; Beaver, 1950; Bailenger, 1979)، وقد تطورت المبادئ الأساسية لهذه الطرق لتتكيف مع تعداد وإحصاء بيوض الديدان المعوية الطفيلية في الحمأة والتربة، والمخلفات السائلة (Krige, 1964; Hays, 1977; Meyer *et. al*, 1978, Satchwell, 1986; Rude et al., 1987)؛ بالإضافة إلى الأسمدة المخلطة (Steer *et. al.*, 1974; Caceres *et. al.*, 1987).

بيد أن تعداد يرقات وبيوض الديدان المعوية الطفيلية في المخلفات السائلة والحمأة هو عملية غير مباشرة. وهنالك تفاوت كبير بين أنواع الطفيليات الحيوانية والبشرية بالإضافة إلى وجود الأنواع الطليقة التي تتفاوت في الحجم وخصائص السطح والثقل النوعي. وتم تصميم معظم الطرق المستخدمة لتعداد الديدان المعوية الطفيلية لعينات من البراز والحمأة والأتربة عالية التلوث. ولكل طريقة نقاط قوة وضعف خاصة بها.

بشكل عام، تستخدم هذه الطرق مبدأ الترسيب أو الترشيح أو التعويم أو باستخدام هذه المبادئ مجتمعة مع بعضها البعض لتركيز البيوض. فإما أن تعوم الطفيليات مبتعدة عن الكتل العضوية في محلول ذي ثقل نوعي عالٍ نسبياً، أو أن تنفصل المواد العضوية في محلول بيني، وعادة ما يكون الأثير ثنائي الإيثيل أو الأسيتات الإيثيلي، بينما تترسب بيوض الطفيليات في محلول دارئ غير قابل للمزج. وكلتا العمليتان تحتاجان إلى القوة النابذة.

ولا توجد طريقة قياسية لكشف أو استرجاع الديدان الطفيلية من عينات الحمأة، واختلاف الطرق الحالية التي تم التوصل إليها بالبحث أو التقصي حددت درجة المقارنة بين الدراسات القائمة على عملية الكشف. وهنالك حاجة لدراسة مقارنة للطرق المستخدمة، وذلك لتحديد الطريقة الأكثر كفاءة والأكثر عملية, وإمكانية استخدامها وتوظيفها مخبرياً على الطفيليات (الديدان الممسودة، الشراطية، والمثقوبة).

وهنالك إيجابيات وسلبيات لكل طريقة، ولا توجد طريقة حالية لاسترجاع وكشف كل بيوض الطفيليات من عينات الحمأة. فهنالك مشكلة واحدة عند استخدام تقنية الترسيب (التي تم تطويرهـــا عن طريق (Steer *et. al*, 1974))، وهي استعمـــال عينة صغيرة الحجم نسبيـاً (حوالي 1-3 غرامات من الوزن الرطب). بالإضافة إلى احتواء عينات الحمأة على كميات كبيرة من المواد اللاطفيلية التي قد تجعل عملية الكشف عن الطفيل وتعريفه عن تلك الرواسب أمراً صعباً. وقد أشار هؤلاء الباحثون إلى أن المعالجة السابقة للحمأة بمنظفات سالبة الشحنة تزيد من عملية استرجاع وكشف بيوض الديدان الطفيلية، وذلك بمعادلة التجاذب الكهربائي بين البيوض والمواد الدقيقة الموجودة في الحمأة (Steer *et. al*, 1974). ووجد ماير وزملاؤه (Meyer *et. al.*, 1978) أن عمليـــة كشف واسترجـــاع البيوض من الحمـــأة تزيد باستخدام منظف سالب الشحنة، وذلك بعد إجراء التجارب على عدد من المنظفات السالبة، والموجبة الشحنة وبلا شحنة. لكن على النقيض من ذلك وجد ســـاتشويل (Satchwell, 1986) أن استخـــدام المنظفات غير مجدٍ.

واستخدم معظم الباحثين طرق التعويم في تحليلهم لعينات الحمأة؛ لأن من إيجابيات طرق التعويم أنها تفصل الطفيليات عن الجسيمات الثقيلة الموجودة في الحمأة (كالرمال وغيرها). وعليه؛ فإن التحضير النهائي للعينة بعد عملية التعويم يكون واضحاً وسهلاً للفحص. ويكون المحلول المستخدم ذا ثقل نوعي عالٍ نسبياً بدرجة كافية لجعل بيوض الطفيليات تعوم بعيداً عن العينة والجسيمات العالقة على أن لا يصل الثقل النوعي للمحلول إلى درجة يسبب فيها التشويه لهذه البيوض الطفيلية (لذلك يجب أن يكون المحلول ذا ثقل نوعي أعلى قليلاً من أثقل البويضات وأقل بدرجة كافية لترك الجسيمات الثقيلة في الرواسب). وتم استخدام محاليل السكروز؛ وسلفات الزنك؛ وكلوريد الصوديوم؛ ونيترات الصوديوم؛ وثنائي كرومات البوتاسيوم وغيرها من الأملاح، انظر الجدول (7 – 1). ووجد أن طريقة آرثر (Arthurs) (التي جرى توضيحها في (Faust *etal.*, 1938)) وتستخدم محلول السكروز المشبع كمحلول تعويم، تسبب تشـــوهاً ومسخاً للبيوض. كما وجد

أيضاً أن استخدام محلول سلفات الزنك (Faust *et. al.*, 1938) لا يزيد من تركيز بيوض أنواع من الديدان المسلكة (*Trichuris*) أو الشعارية (*Capillaria*) بشكل جيد.
واستخدم فوكس وزملاؤه (Fox *et. al.*, 1981) طريقة مختلفة عن طرق التعويم في الكشف عن الطفيليات في الحمأة، مثل عملية التدرج المستمر للسكروز. وتتمثل سلبيات هذه التقنية في استخدام أحجام صغيرة من العينات في أنابيب اختبار منفردة بالإضافة إلى ارتفاع ثمن الجهاز المستخدم في عملية التدرج المستمر للسكروز، وعدم توافره بشكل روتيني في مختبرات فحص عينات المخلفات السائلة.
واستخدم عدد من العاملين العوامل المؤكسدة مثل هيبوكلوريت الصوديوم لهضم المواد العضوية. وتحرير الطفيليات من المواد الموجـــودة في الحمـــأة (Meyer *et. al.*, 1978). وتم فحص هيبوكلوريت الصوديوم كغيره من العوامل المؤكسدة مثل حمض البيركلوريك والماء الثقيل (H_2O_2) من قبـــل ريمير وزملائه (Reimers *et. al.*, 1981) الذين وجـــدوا أن العوامل المؤكسدة تزيل الطبقة الخارجية لقيوض العديد من بيوض الديدان المعوية الطفيلية. حيث أن تركيب ومحيط الطبقة الخارجية لقيوض العديد من بيوض الديدان مثل دودة الصفر (*Ascaris*) والسهمية (*Toxocara*) مهمة جداً للتعرف على هذه البيوض، وبالتالي، يؤثر استخدام هيبوكلوريت الصوديوم، بصورة واضحة، في شكل هذه البيوض، ومن ثم في قدرة العاملين في التعرف على هذه البيوض.
وهناك العديد من الطرق المختلفة التي اتبعت في كشف واسترجاع الكيسات والبيوض العائمة على سطح محاليل التعويم. والتقنية المتعارف عليها هي استخدام غانة سلكية لإزالة المواد العائمة على السطح (Beaver, 1952). وقـام ماير وزملاؤه (Meyer *et. al.*, 1978) بتمرير المواد العائمة في محلول التعويم عبر مرشح غشائي واسترجاع الطفيليات من سطح المرشح. ووجد ريمر وزمـــلاؤه (Reimers *et. al*, 1981) أنه من الأفضل أن يبـان السائل الطافي من محلول التعويم في وعاء منفصل وإضافة الماء إليه حتى يكون الثقل النوعي للمحلول المخفف الناتج أقل منها للطفيليات المراد الكشف عنها وفحصها، ثم تتم عملية التنبيذ للمحلول لاسترجاع (على شكل رواسب) الطفيليات وغيرها من الجسيمات التي عامت على سطح محلول التعويم.
ووجدت إيريس (Ayres, 1989) ارتباطـــاً جيداً بين البيوض المضافة والنسبـــة المسترجعة منها، ورأت أن النسبة المسترجعة قد تتأثر أكثر بكمية ونوعية المادة العضوية أكثر منها من العدد المطلق للبيوض الموجودة. واستخدمت سوائل تعويم وشطف مختلفة ومتعددة لتركز بيوض الديدان المعوية الطفيلية من البراز والتربة والحمأة وعينات المخلفات السائلة، انظر الجدول (7 – 1). ومنذ وقت قريب، قارن جازبارد وشوارتزبرود(Gaspard & Shwartzbrod, 1993) محالـــيل شطف مختلفـــة (منظفات؛ ومـــاء مقطـــر؛ وفورمالديهيد؛ وهيدروكسيد الصوديوم؛ وهيبوكلوريت الصوديوم)، لشطف بيوض الصفر (*Ascaris*) عن جسيمات التربة. وأظهرت نتائج التحاليل الواردة حول استرجاع الطفيليات تفوق محلول هيبوكلوريت الصوديوم بمعيار 10 درجات كلورومترية مهما كان نوع التربة. كما أثبتت أن محلول سلفات الزنك على تراكيز 50%، 55%، و 66% أنه عامل تعويم ممتاز يمكن استخدامه بكفاءة.

1-1-7 التقنية المستخدمة في تعداد بيوض الديدان المعوية الطفيلية من الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة (Satchwill, 1986)

1) نخَل 250 مل من الحمأة السائلة عبر منخل بقياس 710 و 212 مكم باستخدام 250 مل من الماء.
2) عطن 50 غم من كتل الحمأة المجمعة في أحواض التجفيف باستخدام 250 مل من الماء، ثم نخَل الناتج بإضافة 250 مل أخرى من الماء. للمسارعة في عملية التنخيل، استخدم قضيب زجاجي منحني لضغط العينة أثناء عملية التنخيل.
3) نبذ الجزء السائل على قوة 717 (ج) (بعد عملية التنخيل) لمدة 20 ثانية، ثم تخلص من السائل الطافي واحتفظ برسابة التنبيذ.
4) تتم إزالة المواد الصلبة الخفيفة والدهون، التي تباينت مع عملية التعويم، باستخدام فورمل إيثانول (Formolethanol).
5) ضع رسابة التنبيذ في 100 مل من محلول ملحي يحتوي الفورمل (Formal Saline Solution) (100مل من 40% فورمل + 9 غم كلوريد الصوديوم) داخل دورق زجاجي مخروطي ثم أضف 50 مل من الأثير ثنائي الإيثيل، رج العينة جيداً واتركها لمدة 10 دقائق.
6) نبذ الناتج لمدة دقيقتين على قوة 728 (ج). تخلص من الطبقات الثلاث العليا، واترك الرسابة في أسفل أنابيب النبذ.
7) أغسل الرسابة ثلاث مرات بالماء لإزالة أية آثار للأثير الذي تباين مع عملية التعويم.
8) ضع الرسابة في حجم صغير من سلفات الزنك المشبع (ثقل نوعي 1.40) ثم انقل إلى أربعة أنابيب نبذ ذات عنق عريض بحجم 15 مل. املأ الأنابيب حتى يظهر التحدب على سطح الأنبوب، ثم ضع الساترة الزجاجية (Cover slip) الدائرية على قمة الأنبوب. ثم نبذ لمدة دقيقة واحدة على قوة 683 (ج).
9) انزع الساترة الزجاجية بحركة سريعة، ثم ضعها على شريحة مجهرية وافحص باحثاً عن وجود بيوض لديدان معوية طفيلية تحت المجهر على تكبير X 100.

وتجدر الإشارة إلى أن عملية كشف واسترجاع البيوض باستخدام هذه الطريقة تكشف ما نسبتـــه 20% لـــدودة الصفر (*Ascaris*) وحوالي 3% للدودة الشريطية(*Taenia*) (Watson *et. al.*, 1983).

الجدول (7-1): ملخص لمحاليل الشطف والتعويم المستخدمة في تركيز بيوض الطفيليات من عينات مختلفة لمياه الصرف الصحي العادمة

محاليل الشطف والتعويم	المرجـــع
ثنائي كرومات الصوديوم و 30% هيبوكلوريت الصوديوم	OWEN (1930) Otto (1929) Spindler (1929)
السكروز ومضاد الفورمين	Caldwell & Caldwell (1928) Storey & Philips (1982)
سلفات الزنك وفورمال الأثير	Ritchie (1948)
هيدروليسات لاكتوالبومين وتدريج كثافة السكروز	O'Donnell *et. al.*, (1984)
توين 40	Kazacos (1983)
توين 80	Dubin *et. al.*, (1975)
توين 80	Quinn *et. al.*, (1980)
محلول كلوريد الصوديوم المشبع	Marzohi (1977)
سلفات الزنك	Theis *et. al.*, (1978)
سلفات المغنيسيوم	Ismid *et. al.*, (1976)
نيترات الصوديوم	Teichmann (1986)
يوديد البوتاسيوم الزئبقي	Bouhoum & Schwartzbrod (1989)

2-7 التحديد الكمي لبيوض الديدان المعوية الطفيلية في المخلفات السائلة

ليست عملية تعداد بيوض الديدان المعوية الطفيلية بالعملية المباشرة: فعادةً لا توجد هذه البيوض بأعداد كبيرة تمكننا من تعدادها بمجرد عمل لطخة على شريحة مجهرية. لذلك كان من الضرورة بمكان استخدام تقنية لحصاد هذه البيوض من عينات ذات حجم كبير نسبياً. إن وجود أنواع مختلفة من بيوض الديدان المعوية الطفيلية من محطات مختلفة لمعالجة المخلفات السائلة تخلق بعض التفاوت في صفات تلك البيوض، وبالتالي فمن الصعب التوصية باتباع تقنية واحدة "مثالية" ومتعددة الأهداف (Ayres, *et. al*, 1989).

وتزول بيوض الديدان الممسودة لكن لا تقتل عادةً بعملية الترسيب عند معالجة المخلفات السائلة، في حين أن معالجة المفرغات البشرية تقتل هذه البيوض ولا تزيلها. لذلك، ليس من الضرورة عند فحص المخلفات السائلة التحقق فيما إذا كانت هذه البيوض عيّوشة، بينما يكون هذا الأمر في سلم الأولويَات عند فحص عينات لمفرغات بشرية.

ويلخص الجدول (7-2) بعض التقنيات المتوافرة لتعداد بيوض الديدان المعوية الطفيلية في المخلفات السائلة. فمنذ وقت قريب، قامت ايريس وزملاؤها (Ayres *et. al.*, 1991) بمقارنة أربع طرق تستخدم لتعداد الديدان الممسودة الطفيلية التي تصيب الإنسان في المخلفات السائلة المعالجة بوساطة برك التثبيت. وتكون عملية استرجاع وكشف البيوض الطفيلية ذات جدوى أكبر عند استخدام الطريقة الموصى بهـــا من قبل منظمة الصحة العالميـــة (WHO, 1989) لكن فقط عند التعامل مع عينة بحجم 10لترات وليس 1لتر.

وتم توضيح ووصف العديد من الطرق المستخدمة لتعداد بيوض الديدان المعوية الطفيلية في المخلفات السائلة في المراجع العلمية. ولكل طريقة إيجابياتها وسلبياتها: البعض لديه نسبة استرجاع وكشف عالية للبيوض، لكنها تستغرق وقتاً طويلاً. والعديد منها غير مدوَن بشكل مفصل لإمكانية إعادة التجربة، أو أن معدل كشف واسترجاع هذه البيوض غير معروف، والبعض منها يحتاج إلى مواد كيميائية باهظة الثمن يصعب توفرها أو أنه من غير المناسب التعامل معها في المختبرات ضمن الإمكانيات الحالية المتاحة، وغيرها من الطرق لا تكشف إلاّ عدداً محدوداً من بعض أنواع الطفيليات. إنه من الواضح عدم وجود طريقة واحدة يمكن استخدامها بشكل مطلق، بحيث تكشف وتسترجع كل بيوض الديدان المعوية الطفيلية ذات الأهمية الطبية، ولها معدل استرجاع معروف.

ويجدر العلم أن تعداد بيوض ويرقات الديدان المعوية الطفيلية عملية غير مباشرة نسبياً. فأنواع عديدة جداً من الطفيليات الحيوانية والبشرية بالإضافة إلى الأنواع الطليقة يمكن أن توجد متفاوتة في حجمها وفي ثقلها النوعي، وفي خصائصها السطحية، وتوجد بتراكيز أقل بكثير منها في البراز، والحمأة، والأسمدة المخلطة.

وقارن بوهوم وشوارتز برود (Bouhoum & Schwartzbrod, 1989) بين العديد من الطرق المستخدمة في تحليل وفحص البراز وإمكانية استخدامها في فحص عينات المخلفات السائلة. وتوصلا إلى أن مادة الزئبق اليـــودي (Iodomercurate) (Janeckso Urbanyi, 1931) تركز المدى الأكبر من بيوض أنواع عديدة من الديدان المعوية الطفيلية، لكنهما توصلا إلى استنتاج مفاده أن هذه المادة تسبب التآكل، وهي باهظة الثمن للاستخدام الروتيني في المختبرات. واستخدمت طريقة آرثر التي تم توضيحها في (Faust et al, 1938)، محلول السكروز المشبع كمحلول تعويم، ووجد أنه يسبب تشويها سريعاً للبيوض، بينما لم يركز محلول سلفات الزنك (Faust, et al., 1938) بيوض أنواع من الدودة المسلكة (*Trichuris*) أو الشعارية (*Capillaria*) بشكل جيد. واستنتج العالمان بوهوم وشـــوارتزبرود (Bouheum & Schwartzbrod, 1989) بأن طريقة بايلينجر (Bailenger, 1979) التي استخدمت لفحص المخلفات

السائلة كانت الطريقة الفضلى من بين كل الطرق؛ لأنها تحتاج إلى كواشف غير مكلفة نسبياً، وتركز بطريقة ناجحة معظم أنواع الطفيليات الموجودة بشكل روتيني في المخلفات السائلة.
وتعد هذه الطريقة المعدلة من بيلنجر مفيدة وبسيطة وغير مكلفة بشكل عام. وعلى الرغم من إدراك محدودية هذه الطريقة، إلا أن هناك حاجة للمزيد من التقييم لها (انظر أدناه). كما أنه يعوّل عليها في الكشف عن بيوض الديدان الممسودة المعوية (ديدان الصفر، والدودة المسلكة)، بالإضافة إلى كونها قابلة للإعادة، وهي الآن مستخدمة - بشكل واسع - في المختبرات في أنحاء مختلفة من العالم.

1-2-7 تقنية تعداد بيوض الديدان المعوية الطفيلية للمياه العادمة في المخلفات السائلة (منظمة الصحة العالمية (WHO, 1989))

تعتمد هذه الطريقة على مبدأ الترسيب – التعويم، واختيرت من بين 20 طريقة مختلفة، وتمت تجربتها وفحصها في ظروف ميدانية وفي بلدان عديدة (Bouhoum & Schwartzbrod, 1989; Ayres & Mara, 1996).

إيجابيات وسلبيات هذه التقنية:

إن لطريقة بلنجر الإيجابيات التالية:

- جمع وتحضير العينات يتم بطريقة مباشرة.
- تحتاج هذه الطريقة إلى أقل التجهيزات المخبرية.
- تلزم هذه الطريقة بعض الكواشف الكيميائية الخاصة، المتوافرة وغير المكلفة مادياً.
- تستخدم فيها خلايا مجهرية خاصة للتعداد، مثل خلايا ماكماستر أو سيدفيك رافتر (McMaster, or Sedgwick Rafter) التي تستخدم بشكل روتيني في مختبرات الطفيليات، وتتوافر في شركات التوريد المخبرية.
- لضمان الدقة العالية وللتأكد من تجانس العينة المفحوصة، يمكن تكرار التجربة على عينات مضاعفة لكل عينة، ويحسب العدد النهائي للبيوض بحساب الوسط الحسابي.

ولهذه الطريقة السلبيات التالية:

- نسبة كشف البيوض واسترجاعها غير معروفة، مع أنها الأفضل مقارنة مع الطرق الأخرى المستخدمة (Ayres, *et. al.*,1991; Bouhoum and Schwartzbrod, 1989). وهذه الطريقة تكشف وتسترجع بنجاح مدى واسع من بيوض الديدان المعوية الطفيلية التي تشمل أنواعاً من ديدان الصفر (*Ascaris*) والمسلكة (*Trichuris*) والشعارية (*Capillaria*) و السرمية الدودية (*Enterobius* vermicularis) وأنواعاً من الدودة السهمية (*Toxocara*) والشريطية (*Taenia*) والديدان الشصية وأنواعاً من الدودة المحرشفة (*Hymenolepis*).
- لا تعتبر هذه الطريقة مناسبة فيما يخص بيوض الديدان المثقوبة أو ذوات الغطاء الوصاد. وتعوم بعض بيوض هذه الديدان في محلول سلفات الزنك، لكنها لا تلبث أن تترسب ثانية أو تتشوه من هذا المحلول، ويصبح من الصعوبة بمكان التعرف على هذه البيوض بدقة.
- الأثير سام وسريع الاشتعال ، يمكن استبدال الأثير بمحلول الأسيتات الإيثيلي لاستخلاص بيوض الديدان الطفيلية من البراز بدون أي تقليل في الكفاءة (Rude *et. al.*, 1987). ويعتبر الأسيتات الإيثيلي أكثر أماناً من الأثير؛ لأن درجة غليانه أقل، ولكونه أقل سمية.

الأدوات والمستهلكات اللازمة:

الكواشف

وتشمل التالية:

- محلول دارئ أسيتو اسيتيك (Aceto-Acetic) (pH 4.5): إضافة 15 غم من ثلاثي هيدرات صوديوم أسيتات إلى 3.6 مل من حمض الأسيتيك الثلجي، ويضاف عليه ماء مقطر حتى 1 لتر.
- الأثير أو الأسيتات الإيثيلي.
- محلول سلفات الزنك المشبع: 33%، ذو كثافة نسبية 1.18.
- محلول منظف: يحضر بإضافة 1مل من الترايتون (Triton X –100) أو التوين 80 (Tween 80) إلى 1 لتر من الماء العادي.

الأجهزة

تحتاج إلى الأجهزة التالية:

- منبذة ذات قدرة تصل إلى 1000 (ج).
- أنابيب نبذ.
- جهاز فورتكس الخاص بالخلط.
- مَثْعَب (سيفون).
- اسطوانة قياس مدرجة.

- مجهر.
- مسيل (مقياس كثافة السوائل: ثقل نوعي من 1.00 إلى 1.620، متعدد الكربونات، لقياس كثافة السوائل الأثقل من الماء).
- خلية (حجيرة) سيدفيك رافتر (Sedgwick–Rafter) الخاصة بالعد: شريحة زجاجية تحتوي على حجيرة للعد بمقياس 50 مم x 20 مم x 1 مم عمق، ويتم تشكيلها باستخدام أربع واجهات من معدن المت (خليط من النحاس والرصاص والنيكل) على شريحة زجاجية بقياس 76 x 34 مم، وبسمك مقداره 3.5 مم.
- عبوات بلاستيكية لجمع العينات: ذات فتحة علوية، وجوانب مستوية.

1. اجمع عينة مفردة من المخلفات السائلة بحجم معلوم (ك)، يكفي عادةً 1 لتر للمخلفات السائلة الخام أو المعالجة جزئياً، و 10 لترات من السيب في المراحل النهائية.
2. اترك العينة كي تترسب لمدة 8 ساعات، يمكن تركها لتترسب طوال الليل ثم يكمل الفحص في اليوم التالي.
3. يزال السائل الطافي بدقة، ويتم التخلص منه بدون أي تشويش للرواسب مستخدماً جهاز نضح خاص أو مَثْعَب.
4. انقل الرواسب إلى أنبوب نبذ أو إلى عدة أنابيب. يجب غسل الجدار الداخلي للعبوة المحتوية على الرواسب بشكل جيد باستخدام قارورة بخاخ تحتوي على محلول منظف، أضف الغسول إلى الرواسب الموجودة في أنابيب النبذ. ثم تنبذ الأنابيب على قوة 1000 (ج) لمدة 15 دقيقة.
5. يجب إزالة السوائل الطافية والتخلص منها. انقل الرسابات الناتجة إلى أنبوب نبذ واحد، وتذكر أن تغسل هذه الأنابيب بمحلول التنظيف للتأكد من أن جميع الرسابات قد تم جمعها. أعد عملية النبذ على قوة 1000 (ج) لمدة 15 دقيقة.
6. تخلص من السائل الطافي، ثم اغمر الرسابة بحجم مساوٍ من المحلول الدارئ أسيتو أسيتيك (4.5 pH)، حرَك المزيج جيداً.
7. أضف الأثير بحجم مماثل لضعفي حجم المحلول الدارئ، ثم حرَك المزيج جيداً لمدة 10 دقائق.
8. انبذ المزيج على قوة 1000 (ج) لمدة 15 دقيقة. تظهر العينة الآن منفصلة إلى ثلاث طبقات. جميع الكتل الثقيلة غير الدهنية، وتشمل بيوض الديدان المعوية الطفيلية، واليرقات، والأوليات، ستكون موجودة في أسفل (قاع) أنبوب النبذ. بينما تكون طبقة المحلول الدارئ التالية لها نظيفة وخالية تماماً من تلك البيوض والأوليات(عملية التحكم بقيمة الرقم الهيدروجيني، سيعدل من التوازن ما بين محب الدهن ومحب الماء (hydrophilic-lipophilic) لبيوض الطفيليات مع المواد المستخدمة في عملية الاستخلاص لتساعد في عملية الكشف وتركيز البيوض. إن المحلول الدارئ أسيتو أسيتيك برقم هيدروجيني (4.5 pH) أكثر ملاءمة لتركيز مدى كبير وواسع من بيوض الديدان المعوية الطفيلية (Bailenger, 1979)). تتحرك وتذوب المواد الدهنية في الأثير، وتشكل ما يشبه كتلة سميكة في الجزء العلوي من العينة داخل أنبوب النبذ.
9. تخلص من السائل الطافي، أعد غمر الرسابة في خمسة أضعاف حجمها من محلول سلفات الزنك المشبع. سجَل الحجم النهائي الكامل (س (مل)). امزج العينة بقوة باستخدام جهاز فورتكس للخلط.
10. باستخدام ماصة باستور، انقل قسماً من المزيج إلى حجيرة العد الخاصة لتعداد الطفيليات، وذلك لأغراض الفحص النهائي له.
11. اترك الشريحة المحضَرة على سطح مستوٍ لمدة 5 دقائق قبل عملية الفحص. هذه العملية ستساعد البيوض في أن تعوم على السطح.
12. ضع الشريحة على رف المجهر وافحصها على تكبير X10 أوX40. وللمزيد من الدقة يفضل تسجيل الوسيط المحسوب من تعداد شريحتين أو حتى ثلاث شرائح مجهرية.
13. يحدد العدد الكلي للبيوض لكل لتر (ن) الموجودة في العينة الأصلية للمخلفات السائلة من المعادلة التالية:

$$د = ع ن / ح ك$$

د = عدد البيوض لكل لتر واحد من العينة.
ع = عدد البيوض التي تم عدَها بوساطة الخلية المجهرية أو الوسيط الحسابي لشريحتين أو لثلاث شرائح.
ن = الحجم النهائي (مل) ويشمل حجم الرسابة ومحلول سلفات الزنك المشبع.
ح = حجم خلية (حجيرة) الشريحة المجهرية المستخدمة في التعداد.

مثال: حجم *خلية مكماستر McMaster = 0.3 مل.*
حجم *خلية سيدفيك رافتر Rafter–Sedgwick = 1 مل.*

ك = الحجم الأصلي لعينة المخلفات السائلة (Bailenger, 1979).

ملاحظـــات:

- يجب أن تكون العبوات المستخدمة في جمع العينات نظيفة وناعمة من الداخل، وأن يتم غسلها مسبقاً بمنظف عام قبل جلب العينات، وذلك لإزالة أي آثار للزيوت أو الشحوم، ومن ثم تقليل فرصة التصاق بيوض الديدان المعوية الطفيلية بها.
- تخلص من السائل الطافي بحذر، وذلك باستخدام مضخة خاصة أو مَثْعَب حيث أنه من السهولة بمكان نضح البيوض وغيرها من الكتل عند عملية التخلص من السائل الطافي. وللزيادة في التحكم، استخدم ماصة بلاستيكية أو زجاجة مدببة الرأس متصلة مع الأنبوب الخاص بجهاز النضح أو المَثْعَب.
- لا يجوز بأي حال من الأحوال التخلص من السوائل الطافية عن طريق الصب المباشر لها في الحوض حيث أنها ستكون فرصة سهلة لضياع العديد من البيوض.

الجدول (7-2): الطرق التجريبية للتحديد الكمي لبيوض الديدان المعوية الطفيلية في المخلفات السائلة

الطريقة	الطريقة	الحجم (لتر)	فترة الترسيب	النبذ	المحلول الدارىء او المنطف	التعويم	الحساب	معدل الاسترجاع	ملاحظات	المرجع
WHO (1989)	الترسيب	≤ 1	طوال الليل	1000(ج) لمدة 15 دقيقة	حمض الاسيتيك (pH 4.5)	سلفات الزنك (كثافة نسبية1.3)	* د= ن xك / ح xس	ـــــ	عينات خام ومن السيب	WHO (1989)
WHO (1989)	التنبيذ والتعويم	1	طوال الليل	700(ج) لمدة عشر دقائق	ـــــــــ	نترات الصوديوم (كثافة نسبية1.3)	العدد الكلي المسترجع من ا لتر	100/ %70 بيضة 10 / %50 بيوض / %33 بيضة	عينات خام ومن السيب	WHO (1989)
Leeds I	الترسيب	1	عن طريق التنبيذ	2500د/د لمدة عشر دقائق	0.01 % من الترايتونX100	كلوريد الصوديوم أو سلفات المغنيسيوم (كثافة نسبية 1.3)	ـــ	%4±24	مياه صرف صحي عادمة خام	Ayres et al. (1989)
Leeds II	الترسيب	4	ساعة واحدة	2500د/د لمدة عشر دقائق	0.01% من الترايتونX100	كلوريد الصوديوم (كثافة نسبية 1.04)	طبق دونكاستر للعد	%80	سيب برك التثبيت	Ayres et al. (1989)
Stein-schwartzbrod	الترسيب والتعويم	25	ساعتان	1000(ج) لمدة 15 دقيقة	الأثير/ البيوتانول/ حمض الأسيتيك (pH 4.5)	كاشف جانكسون-اورباني [أ] (كثافة نسبية 1.42)	** د= هـ xع / ح xك	%50	عينات خام ومن السيب	Stein & Schwartzbrod (1988)

أ= 100 غم من يوديد الزئبق
80 غم من يوديد البوتاسيوم
250 مل من الماء المقطر

* د = عدد البيوض/ لتر
ن = عدد البيوض التي تم إحصاؤها
ك = الحجم الكلي للناتج (مل)
ح = الحجم الكلي للعينة (لتر)

** د = عدد البيوض/ لتر
ع = عدد البيوض التي تم إحصاؤها
هـ = حجم السطح المحدب (مل)
س = حجم الخلية (مل)

الفصل الثامن

تحديد عيّوشيّة بيوض الديدان المعوية الطفيلية

1-8 المقدمة

تم استعراض العديد من التقنيات في المراجع العلمية فيما يتعلق بتحديد عيوشية بيوض أنواع من دودة الصفر (*Ascaris*)، والقليل فيما يتعلق بالديدان المعوية الطفيلية الأخرى. إن اثر البيوض الميتة على الصحة العامة قليل، لكن عندما تكون هذه الأحياء معدية أو عيوشة؛ فإن أهميتها وتأثيرها على الصحة العامة يكون كبيراً. وتستطيع بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) الصمود في البيئة، والبقاء لمدة عام واحد، والجرعة المؤثرة المعدية من هذه البيوض هي بيضة واحدة فقط. ولهذا السبب تعتبر المعلومات المتعلقة بعيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) ذات أهمية كبيرة.

وإحدى المشاكل الرئيسية لعلماء الديدان الطفيلية هي التمييز بين الديدان الممسودة الحية والميتة. وتشمل التقنيات المستخدمة في تقييم العيوشية ما يلي:

1. المعايير الشكلية.
2. تقنية الحضانة (Hass and Todd, 1962; Meyer *et. al.*, 1978, Cacares et al., 1987).
3. استخدام الملونات الحياتية (Shepherd, 1962, Kagei, 1982; Kaneshiro & Stern, 1985; Zohu et al., 1985; and Hindiyeh, 1995). (انظر الجدول (8-1)).
4. تقنية التعويم التمييزية التي تستخدم لفصل البيوض المخصبة من غير المخصبة (Stein & Schfwartzbrod, 1988).
5. تحفيز حركة اليرقات باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم كإجراء متبَع لبيوض دودة الصفر (*Ascaris*) المتطورة جنينياً (Keller, 1951 b; Smith, 1991) و
6. إجراء حالات إمراضية باستخدام حيوانات مخبرية (Reimers *et. al.*, 1989). وتجعل التكلفة والوقت والعدد الكبير من البيوض اللازمة في دراسات عدوى الحيوان من هذه التقنية تقنية غير عملية للاستخدام الروتيني.

(1) المعايير الشكلية

إن التعرف على الصفات الشكلية باستخدام المجهر هو عملية سهلة، لكنها تفتقر إلى معايير ثابتة، فهي تحتاج إلى مهارة وخبرة، وهي غير سهلة للمبتدئين. إذ لا يعني فشل اليرقات في الحركة أنها ميتة، كما أنه لا يمكن التفريق بين البيوض الحية والميتة بمجرد الملاحظة المباشرة لها. ويمكن تأكيد موت هذه البيوض عندما يكون الانحلال والتفسخ واضحاً، وقد يستغرق ذلك عدة أسابيع أو حتى عدة أشهر. ووجد ريمير وزملاؤه (Reimers *et. al.*, 1989) ارتباطاً بين تحديد عيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) باستخدام المعايير الشكلية والطريقة المستخدمة في تحضين البيوض، في حين وجدت أيريس (Ayres, 1992) بأن الطريقة المعتمدة على المعايير الشكلية غير دقيقة كطريقة التحضين.

وهنالك بعض التغييرات الشكلية التي تظهر في بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) الميتة، منها:

- تشكل الفجوات في هَيولى (Cytoplasm) خلايا البيضة، ويعود ذلك لتحلل الدهون.
- انحلال خلوي.
- انكماش في خلايا البيضة.
- تكهّف في جزء من سطح الخلية في قيض البيضة أو في الغلالة البروتينية، و
- تشكّل حبيبات كاسرة للضوء داخل الخلية.

(2) تقنية الحضانة

عمل باحثون مختلفون على حضانة بيوض دودة الصفر (*Ascaris*)، مستخدمين أوساطاً زراعية مختلفة للكشف عن تطور هذه البيوض وعيوشيتها، انظر الجدول (8-1). ووجد اوسكانن وزملاؤه (Oskanen *et. al.*, 1990) أن معدل التطور الجنيني لبيوض دودة الصفر (*Ascaris*) التي تمت حضانتها لمدة 21 إلى 30 يوماً على درجة حرارة 25 إلى 30°م لم تتغيّر عند استخدام (0.1 N) حمض السلفوريك (H_2SO_4) أو ماء الصنبور العادي كوسط زراعة لهذه البيوض، وكانت عدوى البيوض متساوية بعد التحضين، بينما تطورت هذه البيوض بشكل بطيء نسبياً عند استخدام محلول الفورمالين الدارئ 1%.

الجدول (8-1): أوساط الزراعة المستخدمة في دراسة تطور بيوض دودة الصفر Ascaris وعيوشيتها

المستنبتات	المرجـــع
10% بايكرومات البوتاسيوم	Cram (1924)
0.1% فورمالين	Brown (1928)
1% كربونات الصوديوم	Passy & Fairbairn (1955)
محلول ملحي عادي + 5% فورمالين	Bhaskaran et al. (1956)
حمض السلفوريك (0.1 N)	Fairbairn (1961)
ماء مقطر	Arfaa (1978)
ماء الصنيور العادي	Kiff & Lewis-Jones (1984)
2% ثنائي كرومات الصوديوم	Fleming (1987)

استخدمت التقنيـــة التي تم وصفها من قبل هاس (Hass and Todd, 1962)، ومـــاير وزمـــلائه (Meyer *et. al.*, 1976) التي تـــم تعديـــلها من كارنغتون وهارمان (Currington and Harman, 1981)، لتعداد وتحديد عيوشية بيوض الديدان المعوية الطفيلية في الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة باستخدام تقنية الحضانة. وتتميز هذه التقنية ببساطتها نسبياً، إذ تستخلص البيوض من مياه الصرف الصحي العادمة، وإزالتها في الحال إلى محلول من حمض السلفوريك (0.1 N)، وتترك هناك من أجل حضانتها على درجة حرارة بين 25 إلى 30°م لمدة 21 إلى 30 يوماً. وتتمثل السلبية الأساسية لتقنية الحضانة في أنها تحتاج إلى عدة أسابيع لإتمام عملية التطور الجنيني للبيوض، وهذا يجعلها غير عملية للاستخدام الروتيني.

(3) استخدام طريقة الملونات الحياتية

تناول العديد من الباحثين موضوع استخدام الملونات لتحديد العيوشية، مع أنه لم تعـــطِ في السابق أية أهميـــة واضحـــة لاستخدامهـــا (WHO, 1967). وتتلخص السلبيتـــان الأساسيتـــان لعملية التلوين في أن بعض الملونات المستخدمة لها تأثير سام على البيوض، وأن عملية التلوين لا تتم مباشرة بعد موت البيوض (مثال، ليرقات دودة جذور البطاطا استخدم اليود (Iodine) ومحلول يوديد البوتاسيوم (Potassium iodide) (Boyd, 1941). كما استخدام الأيوزين (Eosin) وبرتقالية الأكريدين (Acridine Orange) كملونات من قبل تينانت (Tennant, 1964) ووجـــد بأنهما سامتـــان نسبياً. واستخدمـــت زرقة التريبـــان (Trypan Blue) أيضاً لتحديد عيوشيـــة الخلايا، لكنهـــا كانت غير دقيقة في التعرف على الخلايـــا الميتـــة، فعدّ الخلايا يجب أن يكون خـــلال 3 إلى 5 دقائق، إذ سيزداد عدد الخلايا التي تتلون باللون الأزرق مع مرور الوقت (Hudson & Haus, 1980).

الجدول (8-2): ملخص من المراجع العلمية للتمييز بين بيوض الديدان الطفيلية الحية والميتة ويرقاتها باستخدام الملونات الحياتية

الملون الحياتي	التركيـــز	الدودة الطفيلية	المرجـــع
السودان الثالث (3) Sudan III	- في 75% كحول	بيوض دودة الصفر	Ogata (1925) Kagei (1982)
اليود و يوديد البوتاسيوم	0.025غم 1%	أنواع من يرقات الهيتيروديرا[أ،ب] (*Heterodera*)	Boyd (1941)
كريسويدين Chrysoidin	50 مغم/ لتر	أنواع من يرقات الهيتيروديرا (*Heterodera*)	Doliwo (1956)[ج]
فلوكسين ب Phloxine B	5%	بيوض مليودوجاين* (*Meloidogyne*)	Fenner (1962)
الزرقة الجديدة New Blue R	0.05%	بيوض الهيتيروديرا (*Heterodera*)	Shepherd (1962)
أيوزين Y Eosin Y	0.67%	الديدان الممسودة الطليقة	Chaudhuri et al. (1966)
زرقة الميثيلين- أيوزين-بوراكس Methylene blue-Eosin-Borax	د	بيوض الصفر	Zhou et al. (1985)
زرقة الميثيلين Methylene blue	0.05%	اليرقات المعدية لدودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*)	Arene (1986)
أملاح التترازوليوم Tetrazolium slats	0.25%	بيوض الدودة الشريطية	Owen (1984)
زرقة المندولا Mendola's blue	0.1%	بيوض الدودة الشريطية	Storey (1987)
البنفسجية المتبلورة Crystal violet	د	بيوض الصفر	Hindiyeh (1995)

أ : يرقات الدودة الثعبانية الممسودة التي تصيب جذور البطاطا
ب : نوع من الديدان الممسودة الطفيلية التي تصيب النباتات
ج : مشار إليه في (Chaudhuri *et al*., 1966)
د : التفاصيل في ملحق (2) لتحضير محاليل العمل الخاصة بالملونات الحياتية

ولم يعطِ استخـــدام زرقة التريبان وزرقـــة الثيونين (Thionine blue) وخضـــرة الميثيل (Methyl green) والحمـــرة المتعادلة (Neutral red) وحمـرة الكونغو (Congo red) واليوزين والخضرة الدهنجيـــة (Malachite green) والســـودان الثالث (Sudan III) وكريزفوكسين (Kresofuchsin) لكشف عيوشية بيوض الصفر (*Ascaris*)، نتائج مرضيـــة لأي من هذه الملونـــات (Keller, 1951 a). واستنتج كينشيرو وستيرن (Kancshiro and Stern, 1985) بعد فحص ملونات حياتية مختلفة بأنه من غير المقنع استخدام أياً من هذه الملونات لأن أي منها لم تكن لـه القدرة على التمييز بين البيوض العيوشة وغير العيوشة لدودة الصفر (*Ascaris*)؛ والدودة السهمية (*Toxocara*)؛ والدودة المسلكة (*Trichuris*) وأنواع من الدودة المحرشفة (*Hymenolepis*) في آنٍ واحدٍ. وبناءً عليه، تم الاستنتاج بأن العديد من الملونات الحياتية التي لم تمتص من الخلايا الحية كانت قادرة على التمييز بين البيوض العيوشة وغير العيوشة لكل نوع من الطفيليات كل على حده. ولم يمتص تلوين البنفسجية المتبلـــورة (Crystal violet) وسلفات زرقة النيل من الخلايا الحية وتم امتصاصهما من البيوض الميتة لدودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*). وكانت ملونـــات البينزوباربورين (Benzopurpurin) والسفـــــرنين (Saphranin O) والحمـــرة المتعادلـــة والميثانول والإيثانـــول والجزء الأسيتوني: الميثانولي من مزيج سلفات زرقة النيل، قادرة على التمييز بين البيوض العيوشة وغير العيوشة للدودة المسلكة الفولبسيـــة (*Trichuris vulpis*). وتـــم امتصاص ملون البينزوباربورين من قبل البيوض الميتة للدودة السهمية الكلبية (*Toxocara canis*) ولم تمتص من البيوض الحية، في حين تم امتصاص ملون سلفات زرقة النيل من قبل البيوض العيوشة للدودة السهميـة (*Toxocara*) ولم يمتص من البيوض غير العيوشة. وكانت السفرانين وزرقة الكريزيل اللامعة (Brilliant cresyl blue) والحمرة المتعادلة لها القدرة على التمييز بين البيوض العيوشة وغير العيوشة للدودة المحرشفة الصغيرة (الضئيلة) (*Hymenolepis diminuta*).

وأكد أرين (Arine, 1986) الحكم على موت يرقات دودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) باستخدام 0.05% زرقة الميثيلين (Methylene blue) لمدة 5 دقائق، فقد بقيت اليرقات الحية غير ملونة، بينما تلونت اليرقات الميتة بلون أزرق غامق، وبقيت ملونة باللون الأزرق حتى بعد غسلها بالماء المقطر، وتنبيذها لمرتين متتاليتين.

واستخدم ملون السودان الثالث بوساطة أوجاتا (Ogata, 1921) بهدف التمييز بين بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) الحية والميتة. ويقل قدّ (حجم) الحبيبات الملونة بالحمرة للجسيمات الدهنية تدريجياً بزيادة قدّ اليرقة في كل مرحلة من مراحل التطور لليرقات. كما وجد أن البيوض غير المخصبة قد تلونت ببقع لحبيبات حمراء، بينما لم تتلون البيوض المخصبة إطلاقاً. وأظهرت البيوض المخصبة التي قتلت بالماء المغلي، تلونها بالصبغة الحمراء.

وقام شيفرد (Shepherd, 1962) بالتمييز بين البيـــوض والديدان الممسودة الميتة والحية عبر مدىً واسع من الأنواع والأجناس، وذلك بنقع الديدان الممسودة في محلول مائي من ملون الزرقة الجديدة (New blue R) القاعدي بتركيز 0.05% لأوقات متفاوتة حتى 24 ساعة. نقعت بيوض دودة الهيتيروديرا (*Heterodera*) حتى 7 أيام، وبعد هذه الفترة، تلونت بيوض الديدان الميتة بشدة لكن لم تتلون الحية منها.

وحدد فينير (Fenner, 1962) مـــوت الديدان الممسودة الناتـــج عن المعالجة الحرارية بإضافة نقطة من المحلول المائي فلوكسين (ب) إلى الديدان الممسودة الموجودة في ملليلترات قليلة من الماء. وتلونت الديدان الميتة وبيوض دودة ميليودوجاين (*Meloidogyne*) حالاً بينما تقبلت اليرقات الميتة الملون بشكل بطئ. واستخدم كودحوري وزملاؤه (Chaudhuri *et. al.*, 1966) اليوزين (Y) ووجـــدوا بأن المحلول المائي على تركيز 0.67% لون 99% من الديدان والبيوض التي قتلت بالمعالجة الحرارية، بينما تلونت الممسودات الطليقة خلال 30 دقيقة، لكن لم تتلون الحية منها؛ كما تلونت الديدان الممسودة التي قتلت بالتجميد أو باستخدام كيميائيات مختلفة.

وقادت اختبارات التلوين الحياتي على بيوض دودة هيتيرود يرا تشاتشـــاتي (*Heterodera schachtii*) التي أنجزها موريارتي (Moriarty, 1964) إلى الاستنتـــاج بأن ملون الفلوكسين (ب) كان غير مقنع لتحديد العيوشية. بيد أن ملون كريزويدين كان مقنعاً، وأعطى تحديداً دقيقاً للعيوشية عند قياسها بوساطة فحص التفقيس. وعلى الرغم من ذلك؛ فإن لهذا الملون سلبية في كونه يحتاج إلى تكبير عال عند فحص العيوشية، لأن التغيَر في اللون لا يمكن ملاحظته على تكبير قليل. قد يكون ملون الزرقة الجديدة (R) مفيداً إذا استخدم لتقييم عيوشية الديدان الممسودة التي تعرضت للحرارة أو الكيميائيات، وليس تلك التي ماتت من مسببات طبيعية.

واستخدم ستوري (Story, 1987) ملون زرقة المندولا (Mendola's blue) بكفاءة 74% للتمييز بين بيوض الدودة الشريطية (*Taenia*) الحية و الميتة في بحثه عن بقاء بيوض الديدان الشريطية خلال عمليات مشابهة لمعالجة مياه الصرف الصحي العادمة. واستنبط أوين (Owen, 1984) أن تلويـــن البيوض العيوشة بوساطـــة أمـــلاح التيترازوليوم (Tetrazolium salt) بعد المعالجة بأملاح الصفـــراء (Bile salts) والببسين (Pepsin) قد أعطى فحصاً إيجابياً، ودليلاً على عيوشية بيوض الدودة الشريطية (*Taenia*). وأظهرت الأجنة العيوشة راسباً داكناً لصبغة الفورمازان (Formazan) عند فحصها مجهرياً، بينما لم تتلون الأجنة غير العيوشة.

2-8 استخدام الملونات الحياتية الأساسية بوصفها طريقة افتراضية في تحديد عيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) (Hindiyeh, 1995)

يعتبر استخدام ملون البنفسجية المتبلورة باعتباره طريقة افتراضية متبعة لتقييم عيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) من أسرع التقنيات في التقييم.

وهنالك عدة إيجابيات عند استخدام الملونات الحياتية للتحقق من عيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) عن الطرق المستخدمة سابقاً، وتشمل:

- أن خطوات التلوين سهلة الأداء، موثوق بها، وغير مكلفة، وسريعة (من 5 إلى 10 دقائق)، وعملية للاستخدام الروتيني.
- إن الطريقة البنفسجية المتبلورة لا تحتاج لأن تؤدى بدقة متناهية لكي تعطي نتائج مثالية، باستثناء قيم الرقم الهيدروجيني (pH) العالية (حمضية أو قاعدية).
- عدم وجود حاجة أساسية للاهتمام بتراكيز محلول البنفسجية المتبلورة المستخدمة في التلوين أو حتى في ظروف تخزينها، فلا يتنافي ذلك مع الدقة المرجوة من العمل، ولا يؤثر في تعداد البيوض.
- يمكن الحصول مباشرة على نتيجة فحص العيوشية من مجموعة من البيوض أو بيوض مفردة، التي قد تخضع للمزيد من التجارب دون أن تتعرض العينة للتلف.
- الطريقة غير مكلفة مادياً، فهي تحتاج فقط إلى مجهر متباين الطور (Phase Contrast Microscope) وهو متوافر في معظم المختبرات.
- أن ملون البنفسجية المتبلورة غير سام، ويعمل بوصفه وسطاً جيداً لتطور البيوض جنينياً ولفقسها.
- إن هذا الملون يبقى ثابتاً لفترة من الزمن، فمثلاً تبقى العينات المتلونة ثابتة عند تخزينها لمدة شهر واحد على درجة حرارة 4 ْم، وهي بالتالي تستخدم كإحدى الوسائل التعليمية والتشخيصية المساندة.
- يمكن فحص تأثير المطهرات والعوامل البيئية المختلفة في عيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) باستخدام هذه الطريقة على البيوض نفسها قبل تعريضها للعوامل الكيميائية والفيزيائية وبعده.

ويعتمد فحص عدم امتصاص الملون في عملية تحديد العيوشية للبيوض على حقيقة عدم امتصاص خلايا البيوض العيوشة هذا الملون أو غيره من الملونات، في حين تفعل ذلك الخلايا غير العيوشة. وقد لوحظ أن الخلايا غير العيوشة، التي تمتص الملونات لا تتنفس، ولا تقوم بعمليات تحليل السكر، ولا تستطيع تغيير لون الملونات الأساسية (Phillips, 1973).

تحضير محلول عمل البنفسجية المتبلورة

تحضر في محلول أوكسالات الأمونيوم (Ammonium Oxalate) الذي يحتوي على 2 غم من البنفسجية المتبلورة، وفي 20 مل من 95% كحول إيثيلي، ممزوجاً مع 80 مل من محلول مائي 1% أوكسالات الأمونيوم (Lillie, 1977).

طريقة العمل:

1- استخلص بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) من المخلفات السائلة أوالحمأة أوالرحم،... وغيرها. امزج بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) مع 7% من محلول هيبوكلوريت الصوديوم لمدة 30 دقيقة، وذلك لإزالة قيوض البيوض.
2- أغسل البيوض بالماء المقطر لخمس مرات على الأقل حتى تحصل على قيمة رقم هيدروجيني متعادلة.
3- أمزج قطرة أو قطرتين من محلول البنفسجية المتبلورة مع المحلول الذي نقعت به البيوض، أو أنقل قطرة واحدة من منقوع البيوض إلى شريحة زجاجية نظيفة، وباستخدام الغانة السلكية (Wire loop) أنقل الملون الحياتي إلى الشريحة؛ ثم امزج مع البيوض.
4- بعد مرور 10 دقائق، استخدم المجهر الضوئي للتمييز بين بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) العيوشة وغير العيوشة التي تراكم فيها الملون (أزرق)، بينما البيوض العيوشة لا تمتص الملون وتظهر بدون لون.
5- إذا امتصت كل البيوض الموجودة في العينة الملون؛ فيمكن افتراض أن 100% من البيوض في العينة كانت ميتة. وفي هذه الحالة، لا توجد حاجة للقيام بفحص تأكيدي بوساطة طريقة الحضانة. وإذا لوحظ أن بيضة أو بيضتين في العينة كانت غير متلونة (عيوشة)، فإنه من الضروري إجراء الفحص التأكيدي باستخدام طريقة الحضانة، إذ توضع البيوض غير المتلونة الناتجة عن الفحص في حاضنة على درجة حرارة 26 ْم مع 0.1 (N) مول حمض السلفوريك أو ماء الصنبور العادي حتى يتم التطور الجنيني الكامل لبيوض دودة الصفر الخراطيني والخنازيري (*Ascaris lumbricoides* var *suum*). وبعد ذلك يتم فحص المزيج باستخدام خلية سيدفيك رافتر (Sedgwick-Rafter) الخاصة بالعد.

3-8 استخدام ن- البيوتانول (N-Butanol) لتحديد عيوشية بيوض دودة الصفر (*Ascaris*)

تستخـــدم تقنيـــة شتاين-شفارتزبرود (Stein-Schwartzbrod 1988) ن- البيوتـانول (N-Butanol) كجزء من خطوات العمل الخاصة بفصل البيوض المخصبة من غير المخصبة. ويسمح التغيير في تركيب غلالة البيوض المخصبة بعملية أسترة الدهنيات بوساطة الكحول، وبالتالي يزيد الثقل النوعي للبيوض الذي يتسبب بعملية الترسيب، بينما تبقى البيوض غير المخصبة معلقة في المحلول. وأظهر العمل المخبري على دودة الصفر الخنازيري (*Ascaris suum*) ارتباطاً وثيقاً بين البيوض العيوشة والمخصبة. وهذا يعني إمكانية اعتماد التقنية لتعداد بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) العيوشة. ولا يعرف ما إذا كانت هذه التقنية قد استخدمت على بيوض أنواع أخرى من الديدان المعوية الطفيلية. ولا يمكن استخدام ن-البيوتانول لفحص عينات من الحمأة أو الأسمدة المخلطة، إذ إنه سيمتص إلى الجزء الصلب من المادة، ويجعل إمكانية فحص العينة بشكل نهائي مستحيلاً حتى ولو تم غسل هذه العينات بشكل مكثف.

وعند مزج مستعلق أو منقوع البيوض مع حجم مساوٍ من ن-البيوتانول، ونبذها على قوة 1000 (ج) لمدة 5 دقائق، سيؤدي ذلك إلى انفصال وترسب البيوض المخصبة في رسابة النبذ عن تلك غير المخصبة، التي تعوم. وبعد ذلك يتم غسل رسابة النبذ بالماء المقطر مرتين وبحذر، وذلك لاسترجاع البيوض المخصبة.

ملاحظة: تستخدم هذه الطريقة لدودة الصفر (*Ascaris*) وللمخلفات السائلة فقط.

4-8 طريقة تعداد بيوض الديدان المعوية الطفيلية في الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة وتحديد عيوشيتها

استخدمت التقنية التي وصفهـــا ماير وزملاؤه (Meyer *et. al.*, 1978)، مع التعديـــل الذي أحدثه كارينغتون وهارمان (Carrington & Harman, 1981) كمـــا هو مبين في الأسفل. تكون هذه التقنية فعالة إذا ما استخلصت البيوض ونزعت في الحال إلى محلول مائي بتركيز 0.1% من حمض السلفوريك حيث تترك لتتم حضانتها هناك.

طريقة العمل:

1- يضاف 100مل من المحلول المائي 2.62% هيبوكلوريت الصوديوم (تخفيف 50% من الكلوروكس) إلى 75مل من الحمأة في قارورة بلاستيكية ثم يخلط بقوة وبشكل دائري لمدة 2 – 3 دقائق.
2- يترك المحلول حتى يثبت لمدة 5 إلى 10 دقائق لكي تختفي الرغوة، ثم يكمل الحجم إلى حوالي 225 مل بوساطة محلول هيبوكلوريت الصوديوم، ثم يترك ليثبت على درجة حرارة الغرفة لمدة 50 دقيقة.
3- يتم شفط الغثاء العائم على السطح.
4- تنبذ العينة على قوة 800 (ج) لمدة دقيقتين ، ثم يشفط السائل الطافي.
5- يمزج 2مل من المنظف الأنيوني توين 80 (Tween 80) مع رسابة النبذ بوساطة الرّج، ثم يكمل الحجم إلى 225 مل بوساطة الماء المقطر ثم تنبذ العينة كما سبق.
6- تغسل رسابة النبذ بالماء المقطر مرتين بالطريقة نفسها.
7- تنقع رسابة النبذ في 75مل من محلول سلفات الزنك، ذات الثقل النوعي 1.2 (تقريباً 33.2%) ثم تنبذ مرة أخرى على قوة 800 (ج) لمدة دقيقتين، تاركة البيوض في السائل الطافي.
8- تترك العينة بعد النبذ لتثبت لمدة دقيقتين، وذلك للتأكد من أن جميع البيوض قد عامت. وقد ينتج عن زيادة مدة الثبات التصاق البيوض إلى جوانب الأنابيب أو العبوة.
9- يبان السائل الطافي إلى غشاء بقطر 45مم ذي ثقوب بقطر 0.45 مكم، ويتم ترشيح السائل بالضغط السلبي(جهاز تفريغ الهواء).
10- يغسل حامل المرشح بماء جار لإزالة أي بيوض ملتصقة بالجدران، ويغسل الغشاء بوساطة الماء بشكل جيد.
11- ينقل الغشاء ويوضع في طبق بتري ممتلئ بمحلول (0.1 N) من حمض السلفوريك، وتنزع البيوض عن الغشاء بقشطها بحذر بوساطة ساترة زجاجية، ثم يغسل الغشاء بمحلول حمض السلفوريك 0.1% على كلا جانبيه. حتى هذه الخطوة، تختلف التقنية فيها قليلاً عن تلك المنشورة في المراجع العلمية.
12- لأغراض تعـداد البيوض قبل عملية الحضانة، ينبذ المحلول المحتـوي على البيوض على قوة 800 (ج) لمدة 2 – 3 دقائق، ثم يتم التخلص من السائل الطافي ويتـرك 3 – 4 مل من السائل المحتوي على الرسابة (أقل من 0.25 مل من المواد الصلبة). يسجل الحجم النهائي على أنه (ص).
13- تجنّس العينة بشدة، وينقل 1 مل باستخدام ممص في الحال إلى خلية سيدفيك - رافتر (Sedgwick-Rafter) الخاصة بالعد، وتحتوي هذه الشريحة على خلية (حجيرة) بحجم 1 مل مقسمة إلى مربعات 1000 x 1 مكم.
14- يتم حساب عدد البيوض لكل مل (س) وذلك بعدّ البيوض في 20 مربع يتم اختيارها عشوائياً مستخدماً جدول أعداد عشوائي لتجنب التوزيع غير المنتظم داخل الخلية.
15- يتم تعداد خليتين لكل عينة، وتحسب النتيجة النهائية من وسط القراءتين:

طريقة الحساب:
ن(عدد البيوض)/ لتر من الحمأة = (س X 50) ص 13.333
حيث 1000 مل/ 75 مل = 13.333.

5-8 طريقة تحليلية لتحديد عدد بيوض الديدان المعوية الطفيلية العيوشة الموجودة في الحمأة

تم تطوير خطوات الفحص التالية الموضحة للعينات الصلبة وشبه الصلبة. وهي غير مناسبة للمياه أو لمياه الصرف الصحي العادمة. وهنالك حاجة لتحليل المواد الصلبة الكلية، وذلك للتعبير عن النتيجة النهائية كبيضة/غم من الوزن الجاف.
الإجراءات 388، 389، 390، 391، 392، 393: بيوض الديدان المعوية الطفيلية (11-25-91).

1- هدف وتطبيق

- هذه الإجراءات تحدد متثابتات (CSDLAC) رقم 388. أعداد الطفيليات الكاملة؛ 389، أعداد الصفر (*Ascaris*)الكاملة؛ 390، الصفر (Ascaris) العيوشة؛ 391، المسلكة (*Trichuris*)؛ 392، المحرشفة (*Hymenolepis*)، 393؛ السهمية (*Toxocara*).
- هذه الإجراءات يمكن تطبيقها على حمأة مياه الصرف الصحي المجمعة وغيرها من المواد الصلبة وشبه الصلبة.

2- ملخص إجراءات العمل

- يعرف هذا الفحص ويحدد الكمية والعيوشية لأنواع من بيوض عدد من الطفيليات المعوية. ويتم التعامل مع العينات الصلبة بوساطة مزجها مع محلول مائي دارئ يحتوي على مواد فاعلة بالسطح (مخففة للتوتر السطحي). وينخل المزيج الناتج للتخلص من الجسيمات الكبيرة الحجم. بعدها يسمح للمواد الصلبة في الجزء المنخل لتثبت، ثم يبان السائل الطافي. وينبذ الناتج حسب مبدأ الكثافة، وذلك بإضافة سلفات الزنك (ثقل نوعي 1.20) لفصل الرواسب عن البيوض. وتنتج عن عملية التعويم طبقة غالباً ما تحتوي على بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) وغيرها من الطفيليات. وتزال المواد البروتينية باستخدام كحول حامضي/ أثيري كخطوة استخلاص، ثم تتم حضانة الركازة الناتجة على درجة 26° م حتى تتطور بيوض دودة الصفر الخراطيني الخنازيري (*Ascaris lumbricoides* var. *suum*) جنينياً بشكل كامل. بعدها تفحص الركازة الناتجة باستخدام خلايا سيدفيك - رافتر (Sedgwick-Rafter) الخاصة بتعداد البيوض وتحديد عيوشيتها.

3- إيجابيات الطريقة ومحدداتها

- تزيد عملية تركيز العينة من احتمالية كشف البيوض إن وجدت.
- تعتبر بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) مؤشرات لغيرها من البيوض، إذ إنها كبيرة الحجم ومن السهل التعرف عليها.
- أظهرت دراسات إضافة البيوض إلى العينة أن عملية استرجاع البيوض بهذه الطريقة تصل إلى حوالي 90%.
- يجري الفحص من خلال معدات قياسية تستخدم في مختبرات الأحياء الدقيقة.
- يحتاج هذا الفحص إلى تدريب مكثف حتى يتعرف المحلل على هذه البيوض من مزيج معقد يحتوي على كتل عضوية متعددة ويحدد عيوشيتها.
- يستغرق هذا الفحص 5 أسابيع ليتم إنجازه متضمناً عملية معالجة العينات وحضانتها.
- يقلل النقل المتتابع للعينة إلى أوعية جديدة من فرص استرجاع البيوض الواطنة.

4- التعامل مع العينة وحفظها

- تجمع العينات الصلبة في أكياس معقمة، يمكن استخدام أكياس معقمة مغلقة بوساطة سلك معدني (Whirl-pack bags). وتجمع عينات الحمأة السائلة في عبوات نظيفة يتم غلقها بأغطية لولبية مثل (Nalgene bottles) أو باستخدام مرطبانات زجاجية مغلقة.
- يجب تخزين العينات التي لا يجري فحصها عند جلبها على درجة حرارة من صفر إلى 4°م.

5- الأجهزة المستخدمة

- مجهر ضوئي.
- حجيرة سيدفيك - رافتر (Sedgwick-Rafter cell) الخاصة بالعد.
- دورق بايركس حجم 2 لتر عدد 2.
- منبذة.
- محور دوران بقدرة حمل أربعة أنابيب نبذ حجم 100مل، ويفضل أن تكون من الزجاج أو التفلون.

- محور دوران بقدرة حمل ثمانية أنابيب نبذ مخروطية حجم 15مل، ويفضل أن تكون من الزجاج أو التفلون.
- منخل 48 نوع (Tyler sieve).
- قمع بلاستيكي كبير لدعم المنخل.
- ملوقة من التفلون.
- رفرف أنابيب اختبار كبير يتسع لأنابيب نبذ حجم 100مل.
- رفرف أنابيب اختبار صغير يتسع لأنابيب نبذ مخروطية حجم 15 مل.
- سدادات مطاطية رقم (O).
- عيدان خشبية.
- جهاز تفريغ هواء.
- دورق خواء بحجم 2 لتر أو أكبر.
- سدادة توضع في طرف دورق الخواء، من الزجاج أو المعدن، تستخدم كوصلة إلى أنبوب 0.25 أنش أنبوب (Tygon tubing) لجهاز تفريغ الهواء.
- ممصات باستور.
- حاضنة على درجة حرارة 26°م.

6- الكواشف

- محلول الفوسفات الدارئ: حضر المحلول الأصلي للفوسفات الدارئ عن طريق إذابة 34 غم من البوتاسيوم ثنائي هيدروجين الفوسفات (KH_2PO_4) في 500 مل من الماء المقطر، عدّل الرقم الهيدروجيني إلى قيمة (0.5 ±7.2 pH) باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaoH) تركيز 1مول، ثم خفف الكمية إلى 1000 مل بإضافة الماء المقطر.
  أضف 1.25مل من المحلول الأصلي لمحلول الفوسفات الدارئ و 5مل من محلول كلوريد المغنيسيوم (81.1 غم من كلوريد المغنيسيوم ($MgCl_2 . 5H_2O$) لكل لتر من الماء المقطر) إلى 1لتر من الماء المقطر. حضر محلول العمل الدارئ بإضافة 0.1% من توين 80 (Tween 80)، عدّل الرقم الهيدروجيني إلى قيمة (0.5 ±7.2 pH) باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيز 1 مول.
- توين 80 (Tween 80).
- محلول سلفات الزنك، ذو ثقل نوعي 1.20: وزن 454 غم من سلفات الزنك ($ZnSO_4$) في 1لتر من الماء غير المتأين (خالٍ من الأيونات). تأكد من عملية الذوبان، ثم افحص الثقل النوعي باستخدام مقياس كثافة السوائل، المِسْيَل (Hydrometer). عدّل الثقل النوعي إذا دعت الحاجة إلى 1.20.
- حمض السلفوريك (H_2SO_4) تركيز (0.1 N) في 35% من الكحول الإيثيلي.
- أثير إيثيلي ذو درجة نقاوة عالية.

7- إجراءات العمل

- وزن 50 غم (وزن رطب) من السماد المخلط، وأخلط بالخلاط على سرعة عالية لمدة دقيقة واحدة مع 450 مل من محلول الفوسفات الدارئ الذي يحتوي على 0.1% من مادة توين 80 للحصول على مستعلق بتركيز 10%. إذا كانت العينة عبارة عن حمأة سائلة، اسكبها مباشرة في وعاء الخلاط (400 إلى 500 مل) ثم أضف مادة توين 80 للحصول على تركيز نهائي منها يعادل 0.1%. سجل الحجم الناتج.
- تستخدم نسبة الرطوبة (%) للعينة لأغراض الحسابات النهائية لإعداد البيوض لكل غرام من الوزن الجاف. يمكن التعبير عن تركيز البيوض في عينات الحمأة السائلة بعدد البيوض لكل وحدة من الحجم.
- صُب العينة المتجانسة عبر منخل 48 (Tyler sieve) محمول على قمع كبير فوق دورق بحجم 2 لتر.
- أغسل العينة عبر المنخل مستخدماً عدة دفقات من الماء الدافئ. واجمع بعدها المياه الناتجة عن الغسول في دورق خاص.
- اترك العينة المغسولة والمنخلة (الغسول) لتترسب طوال الليل.
- انضح السائل الطافي باستخدام المَثْعَب (السيفون) واترك الرواسب الصلبة في أسفل الدورق.
- اخلط الرواسب الصلبة بالتحريك الدائري لها، ثم صُبّها في أنبوب نبذ بحجم 100مل.
- أشطف الدورق بالماء مرتين أو ثلاث مرات، ثم صُب الغسول في أنبوبي نبذ أخريين بحجم 100 مل.
- وازن أنابيب النبذ ونبذ على قوة 400 (ج) لمدة 3 دقائق.
- تخلص من السائل الطافي ثم انقع الرسابة جيداً في محلول سلفات الزنك ذي ثقل نوعي 1.20.
- نبذ منقوع سلفات الزنك على قوة 400 (ج) لمدة 3 دقائق.
- صُب السائل الطافي لمحلول سلفات الزنك في دورق ايرلنماير بحجم 500 مل، خفف التركيز إلى النصف على الأقل باستخدام ماء غير متأين، غطِ الدورق واتركه ليترسب لمدة 3 ساعات أو طوال الليل.
- أشفط السائل الطافي الذي يعلو الرواسب.

- أعد عملية تعليق الرواسب بالتحريك الدائري للدورق، ثم انقل بوساطة الممص إلى أنبوبي أو أربعة أنابيب نبذ مخروطية.
- أغسل الدورق مرتين أو ثلاثة مرات باستخدام الماء غير المتأين وباستخدام الممص، أنقل الغسول إلى أنابيب النبذ.
- نبّذ الأنابيب على قوة 480 (ج) لمدة 3 دقائق.
- أجمع الرسابات الناتجة من عملية التنبيذ في أنبوب نبذ واحد ثم نبّذه مرة أخرى على قوة 480 (ج) لمدة 3 دقائق.
- أعد نقع الرسابة في 7 مل من محلول الكحول الحمضي ((0.1 N) حمض السلفوريك في 35% من الإيثانول)، ثم أضف 3مل من الأثير.
- غطِ الأنبوب بسدادة مطاطية، ثم قلّب الأنبوب عدة مرات، نفّس الأنبوب في كل مرة.
- نبّذ الأنبوب على قوة 660 (ج) لمدة 3 دقائق.
- أعد نقع الرسابة في 4 مل من حمض السلفوريك تركيز (0.1 N) ثم صُبّه في أنابيب (Nalgene)، غطِ الأنابيب برخاوة.
- حضّن الأنابيب على درجة حرارة ˚26 م لمدة ثلاثة إلى أربعة أسابيع.
  - في الوقت نفسه ، حضّن بيوض ضبط (Control) مأخوذة من دودة الصفر الخراطيني (*Ascaris suum*) البالغة.
  - عندما تتطور معظم بيوض الضبط جنينياً ، عندها تكون العينات جاهزة للفحص.
  - افحص التركيز الناتج مجهرياً باستخدام خلايا سيدفيك - رافتر (Sedgwick-Rafter) لتعداد البيوض.
  - لاحظ العيوشية معتمداً على ظهور البيوض المتطورة جنينياً التي يمكن تحفيز أشكالها اليرقية للتحرك عند زيادة شدة الضوء عليها.
  - تعّرف على البيوض، ودوّن النتيجة بعدد البيوض لكل غرام من الوزن الجاف.

8- الحسابات

- أحسب نسبة المواد الصلبة الكلية (%) مستخدماً نسبة الرطوبة:
  المواد الصلبة الكلية (%) = 100% – نسبة الرطوبة%
- أحسب عدد البيوض في الوزن الجاف بالطريقة التالية:

$$\text{عدد البيوض/ غم وزن جاف} = \frac{\text{(عدد البيوض) x(معامل الخلية/ عدد القطع المستعرضة)x الحجم النهائي(مل)}}{\text{(التركيز%) x (العينة المنخلة مل) x (المواد الصلبة الكلية%)}}$$

* قطع مستعرض (Transect) = قطر حقل مجهري واحد عرضي عبر طول خلية سيدفيك - رافتر (Sedgwick-Rafter).

* معامل الخلية = عدد الخطوط المستعرضة داخل خلية سيدفيك - رافتر (Sedgwick-Rafter) . يعتمد على نوع المجهر وتكبيره. يساوي معامل الخلية عدد القطع العرضية لكل مل، إذ تحتوي خلية سيدفيك - رافتر (Sedgwick-Rafter) على مل واحد.

9- دلائل تأكيد الجودة

كرر إجراء الفحص مرتين للعينة الواحدة بعد العينة العاشرة.

10- الدقة والمضبوطية

- تم تقييم معايير الدقة بوساطة الطرق القياسية، الطبعة السابعة عشر (Standard Methods,17thed.,1989, 9020B.4b, 9-17 to 9-18.)
- معيار تقييم الدقة الحالي هو 0.5702.
- لا يوجد حالياً أي معنى لتقييم المضبوطية لهذه الطريقة.

(Theis *etal.*, 1978; Reimers *etal.*, 1981; Yanko, 1987; and EPA, 1992)
هذا إصدار موسع لطريقة يانكو (Yanko, 1987) التي أشير لها في التنظيمات جزء 503. يوفر هذا الإصدار تفاصيل إضافية ويقدم الطريقة خطوة تلو أخرى كما هو موضح في الصفحات 393-1 إلى 393-6 من "Laboratory Section Procedures for the Characterization of Water and Wastes", 4th edition, Published by the Sanitation Districts of Los Angeles, California, 1989)

الفصل التاسع

مراقبة ورصد المياه والحمأة المعالجة للاستخدام الزراعي

1-9 المقدمة

ينبغي أن يكون الالتزام بالقوانين والمقاييس المتعلقة بحماية الصحة والبيئة، والتنمية المستدامة من أولويات الاهتمامات الرئيسية لدى الهيئات المخولة بإعداد الأنظمة مثل: وزارة الصحة، ووزارة البيئة، وغيرها. وهي بالتالي بحاجة إلى وضع برامج إشراف ومراقبة شاملة للتأكد من الحصول على معالجة تامة للمخلفات السائلة، وعدم حدوث تدهور بيئي بالإضافة إلى تأمين استخدام آمن للمياه. ويكمن الهدف الرئيسي للمراقبة والرصد في تقليل الأثر السلبي على الصحة، بالإضافة إلى زيادة الإنتاجية الزراعية بالوسائل المناسبة، وتوفير درجة أمان صحي وبيئي كاملة. وبناءً عليه، هنالك أهمية للخصائص الفيزيائية والمكونات الكيميائية والبيولوجية للمخلفات السائلة والحمأة عند التصميم والتشغيل والجمع والمعالجة وإعادة استخدام السيب المعالج. كذلك، يجب أن تتحقق هذه البرامج من تنفيذ القوانين والمقاييس الحكومية، وذلك بالتقصي الروتيني لها. ويؤدي التركيز على رصد الأمراض التي تصيب عمّال المزارع والتجمعات المحاذية لمجاري المياه المعالجة، دوراً رئيسياً في تحديث برامج رصد جودة المياه.

2-9 الملوثات والدلائل

تتضمن الدلائل المستخدمة بشكل اعتيادي لدى الهيئات المخولة بإعداد الأنظمة ثلاثة مكونات:

1- المدى (أو مستوى التلوث): ويعبّر عنه عادةً بالتركيز المسموح به.
2- المدة الزمنية (الأمد): الفترة الزمنية (معدل الفترة الزمنية) على تركيز التيار للمقارنة مع التركيز المعياري.
3- التكرار: مقدار الزيادة عن المعيار.

ويوضح الجدول (9-1) المكونات المهمة في معالجة المخلفات السائلة والري بالمخلفات السائلة المعالجة.

ويستند الرصد والمراقبة على التقنية المتوافرة لمعالجة الملوثات (مثل محددات السيب المعتمدة على التقنية) ومحددات الحماية عند استخدام المياه أو إعادة استخدام المياه المعالجة (محددات السيب المعتمدة على جودة المياه). وحددت منظمة المياه النظيفة في الولايات المتحدة الأمريكية (CWA) المعايير التالية كملوثات تقليدية:

1- المتطلب الحيوي الكيميائي للأوكسيجين (BOD_5) لمدة خمسة أيام.
2- المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS).
3- الرقم الهيدروجيني (pH).
4- القولونيات البرازية.
5- الزيوت والشحوم.

ويلخص الجدول (9-2) دلائل هيئة حماية البيئة (EPA) المعتمدة لاستخدام المياه المعالجة في الزراعة في الولايات المتحدة الأمريكية (USEPA, 1996). ويمكن أن توفر الفحوصات المخبرية المتعلقة بالمتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) والكربون العضوي الكلي (TOC) قياساً مضبوطاً للمحتوى العضوي للمخلفات السائلة في فترة زمنية أقل مما يحتاجها فحص (BOD_5) (تحتاج فقط إلى بضع ساعات بدلاً من خمسة أيام). ويمكن أن تستبدل الهيئة المخولة بإعداد

الأنظمة مراقبة (TOC) و (COD) بفحص (BOD_5) عندما تتضح علاقة طويلة الأمد بين (BOD_5: COD) أو (BOD: TOC). ويجب أن تطبق هذه المعايير الثانوية للمعالجة باعتبارها محددات معتمدة على الكتلة باستخدام تشغيل انسيابي للمحطة. ويمكن تطبيق تحديدات السيب المعتمدة على التركيز لمدة 30 يوماً و 7 أيام (انظر الجدول 9-3).

الجدول (9-1): المكونات المهمة في معالجة المخلفات السائلة والري بالمخلفات السائلة المعالجة

المكونات	العناصر المقاسة	سبب الاهتمام
المستعلقات الصلبة	تشمل المستعلقات الصلبة المتطايرة والثابتة	تؤدي المستعلقات الصلبة إلى تكوين الحمأة المترسبة والظروف اللاهوائية عند تفريغ المخلفات السائلة غير المعالجة في بيئة مائية. زيادة كميات المستعلقات الصلبة تسبب انسداداً في أنظمة الري.
المواد العضوية بيولوجية التحلل	المتطلب الحيوي الكيميائي للأوكسجين، المتطلب الكيميائي للأوكسجين	تتكون أساساً من كربوهيدرات بروتينية، ودهون. إذا تم تفريغها إلى البيئة، فسيؤدي التحليل البيولوجي لها إلى نفاذ الأوكسجين الذائب في المياه المستقبلة وإلى تطور ظروف إنتانية.
الممرضات	الممرضات المؤشرة، القولونيات الكلية و البرازية	يمكن أن تنتقل الأمراض السارية عن طريق الممرضات في المخلفات السائلة. كالجراثيم؛ والفيروسات؛ والطفيليات.
المغذيات	النيتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم	يعتبر النيتروجين؛ الفوسفور؛ والبوتاسيوم من المغذيات الضرورية لنمو النباتات، ويعزز وجودها بشكل طبيعي من قيمة المياه المستخدمة في الري. عند تفريغها إلى البيئة المائية، يمكن أن يؤدي النيتروجين والفوسفور إلى نمو وازدهار حياة غير مرغوبة في البيئة المائية. بينما يؤدي النيتروجين إلى تلوث المياه الجوفية عند تفريغها إلى الأرض بكميات زائدة.
المواد العضوية الثابتة	مركبات خاصة (مثال، الفينولات؛ المبيدات الحشرية؛ الهيدروكربونات المكلورة)	تميل هذه المركبات العضوية إلى مقاومة الطرق التقليدية لمعالجة المخلفات السائلة. بعض هذه المركبات سامة للبيئة، ويمكن أن يحد وجودها من إمكانية استخدام المخلفات السائلة في الري.
نشاط أيون الهيدروجين	الرقم الهيدروجيني (pH)	تؤثر قيمة الرقم الهيدروجيني للمخلفات السائلة في ذائبية المعادن كما تؤثر في قاعدية التربة. إن المدى الطبيعي للرقم الهيدروجيني للمخلفات السائلة البلدية هو بين 6.5 و 8.5، بينما تستطيع المخلفات الصناعية تغيير الرقم الهيدروجيني بشكل ملموس.
المعادن الثقيلة	العناصر الخاصة (مثل: الكادميوم؛ الزنك؛ النيكل؛ الزئبق)	تتراكم بعض المعادن الثقيلة في البيئة، وهي سامة للنباتات والحيوان على السواء، وقد يحد وجودها من إمكانية استخدام المخلفات السائلة في الري.
المواد غير العضوية الذائبة	المواد الصلبة الذائبة الكلية، الموصلية الكهربائية، عناصر خاصة (مثل: الصوديوم؛ الكالسيوم؛ المغنيسيوم؛ الكلور؛ البور)	قد تسبب الملوحة الزائدة أضراراً لبعض المحاصيل. وتعتبر الأيونات الخاصة مثل الكلور؛ والصوديوم؛ والبور سامة لبعض المحاصيل. وقد يسبب الصوديوم المشاكل المتعلقة بنفاذية التربة.
الكلور المتبقي	الكلور الحر أو المرتبط	قد تسبب الكميات الزائدة من الكلور الحر المتوافر (0.52 ملغم/ لتر من الكلور) حروقاً في أوراق النبات أو أضراراً للمحاصيل الحساسة. بيد أن معظم الكلور في المخلفات السائلة المعالجة يكون مرتبطاً، ولا يسبب أضراراً للمحاصيل. ويتركز بعض الاهتمام على المؤثرات السامة للمواد العضوية المكلورة، وبخاصة في تلوث المياه الجوفية.

(المصدر Pettygrove and Asano 1988)

الجدول (9-2): ملخص من وكالة حماية البيئة (EPA) حول الدلائل المعتمدة لأغراض إعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة

أغراض إعادة الاستخدام	احتياجات المعالجة	نوعية الميـــاه
محاصيل الطعام غير المعاملة تجارياً	تطهير بالترشيح الثانوي	<2.2 قولونيات برازية/ 100 مل؛ 1مغم/ لتر من الكلور المتبقي بعد 30 دقيقة فترة تماس (الحد الأدنى) العكورة ≤2 (NTU) ≤10 مغم/ لتر (BOD)
محاصـــيل الطعـــام المعاملـــة تجارياً	تطهير ثانوي	≤200 قولونية برازية/ 100 مل؛ 1 مغم/ لتر من الكلور المتبقي بعد 30 دقيقة فترة تماس (الحد الأدنى) ≤30 مغم/ لتر (BOD) ≤10 مغم/ لتر (SS)
المراعي والمحاصيل الصناعية (الحبوب، الألياف، الأعلاف)	تطهير ثانوي	≤200 قولونية برازية/ 100 مل؛ 1 مغم/ لتر من الكلور المتبقي بعد 30 دقيقة فترة تماس (الحد الأدنى) ≤30 مغم/ لتر (BOD) ≤30مغم/ لتر (SS)

الجدول (9-3): مقاييس المعالجة الثانويـــة

العنصـــر	معدل 30 يوماً	معدل 7 أيـــام
خمسة أيام حاجة بيولوجية للأوكسيجين BOD_5	30 مغم/ لتر	45 مغم/ لتر
$CBOD_5$ [1]	25 مغم/ لتر	40 مغم/ لتر
معادلة إلى الثانوية [2 و 3]	45 مغم/ لتر	65 مغم/ لتر
المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS)	30 مغم/ لتر	45 مغم/ لتر
الرقم الهيدروجيني (pH)	9 – 6	-
الإزالة معادلة إلى تعرفة المعالجة الثانوية 2 و 3	85% (BOD_5) و مواد صلبة ذائبة كلية	-
	(BOD_5) 65% (TSS)	-

1. متطلب كربوني حيوي كيميائي للأوكسيجين لمدة خمسة أيام.
2. يجب أن لا تتأثر جودة المياه سلبياً بتطبيق تعريف المعالجة المعادلة للثانوية.
3. المرشحات البيولوجية أو برك تثبيت المخلفات.

3-9 دلائل المراقبة والرصد

من الأهمية الكبرى اعتماد الكمالية في تصميم وحدات المعالجة لتحقيق المتطلبات الصحية أكثر من الاعتماد على جودة العملية والصيانة. والغرض من اعتماد دليل بيوض الديـــدان (WHO, 1989) أن يكون هدفاً تصميمياً لأنظمة معالجة المياه العادمة، وليس مقياساً متطلباً للفحص الروتيني لتحديد طبيعة السيب.

1-3-9 دلائل تطبيقات الحمأة

ينبغي أن تتوافق متطلبات هيئة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) بخصوص تطبيقات الحمأة للأراضي الزراعية والغابات والتجمعات البشرية، أو الأراضي المستصلحة والمروج أو حدائق البيوت مع جميع متطلبات تقليل كثافة الممرضات إلى دون الحدود المسموح بها، وتشمل:

- أنواعاً من السلمونيلة (Salmonella): أقل من 3 لكل 4 غم من حمأة مياه الصرف الصحي الصلبة الكلية.
- الفيروسات المعوية: أقل من 1 لكل 4 غم من حمأة مياه الصرف الصحي الصلبة الكلية.
- بيوض الديدان المعوية: أقل من 1 لكل 4 غم من حمأة مياه الصرف الصحي الصلبة
- الطفيلية العيوشة: الكلية وتحقيق متطلب واحد من متطلبات تقليل جذب العوامل الناقلة.

وتم تصميم متطلبات تقليل جذب العوامل الناقلة إما عن طريق تقليل جذب حمأة مياه الصرف الصحي لناقل أو عن طريق منع النواقل من عمل تماس مع حمأة مياه الصرف الصحي. وتحتوي أنظمة هيئة حماية البيئة (USEPA, 1992 c) على 12 خياراً إيضاحياً لتقليل جذب العوامل الناقلة إلى الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي. وهذه الخيارات موضحة في الجدول (9-4) (USEPA, 1992 c).

وتجعل قدرة الممرض الجرثومي على معاودة النمو في حمأة من صنف أ من الأهمية بمكان تأكيد عدم حدوث معاودة نمو حقيقي للممرض. ولهذا السبب، هنالك حاجة لبدائل لكل متطلبات ممرضات صنف (أ):

- إما أن تكون كثافة القولونيات البرازية في حمأة مياه الصرف الصحي أقل من (1000) العدد الأكثر احتمالية (MPN) لكل غرام من الوزن الكلي الصلب أو
- كثافة أنواع السلمونيلة (*Salmonella*) في مياه الصرف الصحي أقل من (3) العدد الأكثر احتمالية (MPN) لكل غرام من الوزن الكلي الصلب (الجاف).

يجب أن تتوافق هذه المتطلبات إما:

- في وقت الاستخدام أو الاتلاف.
- في وقت تحضير وتجهيز حمأة مياه الصرف الصحي للبيع أو عند وضعها في أكياس أو حاويات أخرى لأغراض التطبيقات الزراعية (EPA, 1992).

2-3-9 الدلائل الكيميائية لتطبيقات حمأة مياه الصرف الصحي في الأغراض الزراعية

إن دلائل منظمة الصحة العالمية (WHO, 1995) المنشورة بعنوان "الدلائل الكيميائية لضمان صحة الإنسان عند تطبيق حمأة مياه الصرف الصحي العادمة أو المخلفات السائلة المعالجة في الأغراض الزراعية" موضحة في الجدول (9-5)، التي تنص على أن "تركيز الملوثات في التربة هو المرجع العام والمناسب كإشارة إلى التلوث أكثر من العدد الإجمالي للملوثات الذي يحدد الأثر السلبي للملوثات في التربة، وذلك لأن عملية امتصاص وأخذ الملوثات من التربة عن طريق المحاصيل هو بفعل تركيز الملوثات في التربة، ولأن خصائص التربة والظروف البيئية تتباينان في أنحاء العالم. فقد يتسبب وجود حمل للملوثات نفسها في التربة بتراكيز مختلفة في وجود تراكيز مختلفة للملوثات في التربة ".

الجدول (9-4): ملخص لمتطلبات تقليل جذب العوامل الناقلة الموصى بها من وكالة حماية البيئة الأمريكية

المتطلب	المطلـــوب	الأكثر ملاءمة
خيار 1	38% على الأقل من المواد الصلبة المتطايرة خلال عملية معالجة الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة	معالجة حمأة مياه الصرف الصحي عن طريق: 1. المعالجة البيولوجية اللاهوائية. 2. المعالجة البيولوجية الهوائية. 3. الأكسدة الكيميائية.
خيار 2	فقدان أقل من 17% مواد صلبة متطايرة أخرى خلال عملية هضم مخبرية لاهوائية لحمأة مياه الصرف الصحي لمدة 40 يوماً أخرى على درجة حرارة 30°م إلى 37°م (68°ف إلى 99°ف)	للحمأة الناتجة فقط عن مياه الصرف الصحي العادمة المهضومة لاهوائياً التي لا تستطيع التوافق مع متطلبات الخيار 1.
خيار 3	أقل من 15% مواد صلبة متطايرة أخرى أثناء عملية هضم مخبرية هوائية لمدة 30 يوماً أخرى على درجة حرارة 20°م (68°ف).	للحمأة الناتجة فقط عن مياه الصرف الصحي المهضومة هوائياً مع 2% أو أقل مواد صلبة حيث لا تستطيع التوافق مع متطلبات الخيار 1، مثال، الحمأة المعالجة في محطات التهوية المطولة.
خيار 4	(SOUR) على درجة حرارة 20°م (68°ف) يكون ≤1.5 مغم أوكسيجين/ ساعة/ غم حمأة صلبة ناتجة عن مياه الصرف الصحي.	حمأة مياه الصرف الصحي من المعالجات الهوائية (يجب أن لا تستخدم للحمأة المجهزة كأسمدة مخلطة).
خيار 5	معالجة هوائية لحمأة مياه الصرف الصحي لمدة 14 يوماً على الأقل على درجة حرارة 40°م (104°ف) مع معدل حرارة أكثر من 45°م (113°ف)	حمأة مياه الصرف الصحي المجهزة كأسمدة مخلطة (قد يكون خيار 3 و 4 أكثر ملاءمة للتوافق مع الحمأة المجهزة من عمليات هوائية أخرى).
خيار 6	إضافة مواد قاعدية مناسبة لرفع الرقم الهيدروجيني (pH) إلى ما لا يقل عن 12 على درجة حرارة 25°م (77°ف) والثبات على رقم هيدروجيني ≥ 12 لمدة ساعتين ودرجة حموضة ≤11.5 لمدة 22 ساعة أخرى.	الحمأة المعاملة قاعدياً (تشمل المواد القاعدية الجير؛ الرماد؛ غبار القمين؛ ورماد الخشب).
خيار 7	نسبة المواد الصلبة ≤75% قبل خلطها مع مواد أخرى.	حمأة مياه الصرف الصحي المعالجة بعمليات هوائية ولاهوائية (مثال، حمأة مياه الصرف الصحي التي لا تحتوي على مواد صلبة غير ثابتة تكونت عند المعالجة الأولية للمخلفات السائلة).
خيار 8	نسبة المواد الصلبة ≤90% قبل عملية خلطها مع مواد أخرى.	حمأة مياه الصرف الصحي المحتوية على مواد صلبة غير ثابتة تكونت عند المعالجة الأولية للمخلفات السائلة (مثال، أي حمأة مياه صرف صحي نتجت عن التجفيف بالحرارة).
خيار 9	يتم حقن حمأة مياه الصرف الصحي في التربة بحيث لا توجد أي كمية من الحمأة على سطح الأرض بعد ساعة واحدة من الحقن، باستثناء الحمأة من فئة أ، التي يجب أن يتم حقنها خلال 8 ساعات بعد عملية تقليل الممرضات.	حمأة مياه الصرف الصحي المستخدمة لأغراض الأراضي الزراعية أو على سطح المكبات، بمكن تطبيق الحمأة الناتجة عن المخلفات المنزلية على الأراضي الزراعية والغابات والأراضي المستصلحة أو وضعها على سطح المكبات.
خيار 10	تندمج حمأة مياه الصرف الصحي في التربة خلال 6 ساعات	تطبق حمأة مياه الصرف الصحي على الأراضي أو

	بعد تطبيقها على الأراضي أو وضعها على سطح المكبات، باستثناء فئة أ من الحمأة التي يجب أن تطبق على سطح المكبات خلال 8 ساعات بعد عملية تقليل الممرضات.	توضع على سطح المكبات. يمكن تطبيق الحمأة المنزلية على سطح الأراضي الزراعية، الغابات، أو الأراضي المستصلحة، أو وضعها على سطح المكبات.
خيار 11	يجب تغطية حمأة مياه الصرف الصحي التي توضع على سطح المكبات بالتربة أو بغيرها من المواد عند نهاية كل يوم.	حمأة مياه الصرف الصحي المنزلية التي توضع على سطح المكبات.
خيار 12	يجب أن ترتفع قيمة الرقم الهيدروجيني للحمأة المنزلية إلى ≥12 على درجة حرارة 25°م (77°ف) عند إضافة مواد قاعدية و تثبت على ≥12 لمدة 30 دقيقة بدون إضافة المزيد من المواد القاعدية.	تطبق الحمأة المنزلية على الأراضي الزراعية أو الغابات أو الأراضي المستصلحة أو توضع على سطح المكبات.

المصدر: (USEPA, 1992 c)

الجدول (9-5): التراكيز الموصي بها للملوثات في التربة من منظمة الصحة العالمية (WHO) للمحاصيل الزراعية المروية بالمخلفات السائلة المعالجة واستخدام الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة كمخصبات للتربة

العناصر غير العضوية	
المكونـــات	**التركيز في التربة (مغم/ كغم وزن جاف)**
الزرنيخ	9
الباريوم	2900
البريليوم	20
الكادميوم	7
الكروم	3200
الفلور	2600
الرصاص	150
الزئبق	5
النيكل	850
السيلنيوم	140
الفضة	3
المركبـــات العضوية	
المركـب	**التركيز في التربة (مغم/ كغم وزن جاف)**
آلدرين	0.2
البنزين	0.03
البنزوبارين	3
كلورواداين	0.3
كلوروبنزين	غير معلوم
كلوروفورم	2
دايكلوروفينول	غير معلوم
(2.4 – D)	10
د. د. ت	غير معلوم
ديلدرين	0.03
سداسي الكلور	1
سداسي كلوروبنزين	40
سداسي كلورو الإيثان	2
بايرين	480
ليندان	0.6
ميثوكسي كلور	20
خماسي كلورو فينول	320
PCBS	30
رباعي كلورو الإيثان	4
رباعي كلورو الإيثيلين	250
تولوين	50
توكسافين	9
(2, 4, 5 – T)	غير معلوم
(2, 3, 7, 8 – TCDD)	30

المصدر: (WHO, 1995).

9-3-3 المراقبة

تختلف أساليب المراقبة لأنظمة الري عن تلك المستخدمة في أنظمة التصريف للأنهار. ويهدف برنامج مراقبة مواقع الري إلى توفير كشف مبكر للمشاكل. وفي معظم الحالات، يمكن عمل تعديل بسيط على نظام التشغيل لتجنب تلوث المياه السطحية أو الجوفية. وكحد أدنى، يجب أن تكون المراقبة على أربعة مواقع في النظام:

- السيب الخارج من محطة المعالجة.
- التخزين
- أنظمة الري
- التربة

وفي بعض الأحيان على الغطاء النباتي والمياه الجوفية.
وتعتمد عملية تكرار عملية المراقبة كما هو مقترح في الجدول (9-6) على وصول الناس لموقع الري وعلى حجم النظام.

الجدول (9-6): تكرار المراقبة لأغراض التطبيقات الزراعية وسطوح المكبات

كمية الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي (المواد الصلبة المترية الجافة/ 365 يوماً)	تكرار
أكثر من صفر لكن أقل من 290 وزن جاف	مرة واحدة لكل سنة
مساوٍ أو أكثر من 290 لكن أقل من 1500	مرة واحدة لكل ربع سنة (4 مرات سنوياً)
مساوٍ أو أكثر من 1500 لكن أقل من 15000	مرة واحدة لكل 60 يوماً (6 مرات سنوياً)
مساوٍ أو أكثر من 15000	مرة واحد شهرياً (12 مرة سنوياً)

المصدر: (Environmental Regulation and Technology. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge. EPA/ 625/ R – 92/ 013, 1992).

9-3-4 السيب الناتج عن محطات المعالجة

وتجب مراقبة السيب الناتج عن محطات المعالجة للتأكد من أنه:

- تم تحقيق مستويات الحد الأدنى قبل تفريغه إلى وحدات التخزين.
- فحص معولية المياه المعالجة لتأكيد قدرة عملية المعالجة في إزالة الملوثات.
- فحص إذا ما كانت هنالك حاجة إلى أعمال صيانة أو تشغيل معتمداً على أي تغيير يحدث على العناصر المحددة.
- فحص معولية محطة معالجة مياه الصرف الصحي العادمة.

وتجب مراقبة السيب فيما يتعلق بقيمة $CBOD_5$ والقولونيات الكلية. وقد تختار أنظمة المعالجة التي تستخدم الكلور في التطهير مراقبة الكلور المتبقي كمؤشر تحذيري مبكر للمشاكل في نظام التطهير. والتحليل الكلي للمعادن مهم لمحطات المعالجة التي تستقبل مخلفات سائلة صناعية.

9-3-5 نظام التخزين

يتطلب نظام التخزين نظام مراقبة محدود. وسيساعد إعداد تقرير أسبوعي عن حجم التخزين إدارة النظام على تجنب أي مشاكل مستقبلية. واستخدام مقياس بسيط للعاملين، سهل القراءة مع أذرع مصلبة، هو طريقة ممتازة لقياس مستويات السائل. وتعطي العلامة الحمراء الموجودة في أعلى المقياس مؤشراً سهلاً على أن مستويات المياه مرتفعة جداً.

9-3-6 نظام الري

بخصوص نظام الري، هنالك حاجة لمراقبة عملية الترسيب والمياه المستخدمة في النظام. ويمكن وضع مقاييس مياه أمطار بسيطة قرب المناطق التي تم فيها استخدام المياه للري لالتقاط كلٍ من الرواسب ومياه الري.

9-3-7 التربة

تعتبر التربة الداخلة ضمن منطقة الري واحدة من مكملات المواد التي يتم تطبيقها. ويمكن تحليل عينات التربة في مختبرات معتمدة، إذ تجمع عينة التربة قبل بدء الري وفي كل عام في بداية فصل التطبيق. ويجب جمع العينات مرتين سنوياً للأنظمة التي يكون حملها أكثر من 500م^3.
ويمكن مراقبة أي تراكم محتمل للمعادن والفلزات عند فحص العينة من الموقع نفسه كل سنة. ويجب أن تشمل المراقبة:

1. فحوص بيولوجية لكشف وجود أي ممرض في التربة. وتعتبر الديدان الطفيلية المعوية الخطر الأكبر هنا على صحة العاملين وجامعي المحاصيل والمستهلكين.
2. فحوص كيميائية لكشف أي تراكم لعناصر غير مرغوبة أو خطرة، وبخاصة المعادن الثقيلة في التربة.

وستعمل هذه المراقبة باعتبارها تحذيراً مبكر لتلوث محتمل في المياه السطحية أو الجوفية. وإذا بدأت المستويات بالارتفاع؛ فيمكن إدخال تعديل بسيط على جدول الري لتجنب المشاكل.

9-3-8 المحاصيل

تعتبر النباتات/ المحاصيل مكملات بيولوجية لكل المواد المضافة. وتعمل المعلومات المتعلقة بالإنتاج وبمستويات المغذيات في الأنسجة النباتية كأنظمة تحذير مبكر لوجود مشاكل. ويمكن أيضاً تحليل عينات من أنسجة نباتية في مختبرات معتمدة. وتستطيع فحوص الأنسجة النباتية كشف أي فقدان في توازن المغذيات والحاجة لإضافة محسنات للتربة مثل: الجير؛ أو البوتاسيوم؛ أو الفوسفور. ويجب أن يشمل الفحص أيضاً عناصر الجودة للمحاصيل لتأكيد خلوها الدائم من الممرضات الخطرة على صحة الناس.

9-3-9 المياه الجوفية

تعتبر مراقبة جودة المياه الجوفية مهمة، وبخاصةٍ عندما تكون ظروف التربة والمياه الجوفية مناسبة لعملية إعادة شحن اصطناعية بوساطة أحواض الإرشاح. وتشمل عناصر الجودة الخاصة بالمياه الجوفية التي تجب مراقبتها: المواد الصلبة المستعلقة؛ والمواد الصلبة الكلية الذائبة؛ والنيتروجين؛ والفوسفات؛ والقولونيات البرازية. وبخصوص أنظمة الري الكبيرة، تجب مراقبة المياه الجوفية فوق مستوى نظم الري المعمول بها وتحته. ويجب أخذ عينات عند بداية ونهاية فصل الري من آبار المراقبة للكشف عن مؤشرات التلوث بالمخلفات السائلة.

9-4 برامج المراقبة

إن برنامج المراقبة للأنظمة التي تزيد على 2000م^3 متماثلة، لكنها بحاجة إلى التطور لتتوافق مع الظروف المحلية والخصائص المتعلقة بالمخلفات السائلة. ومع أن المراقبة تتم خلال فترة الري، إلا أنه يجب استمرارها وكتابة التقارير المتعلقة بانسياب المخلفات السائلة وحجوم التخزين على مدار السنة. اعتماداً على نظام المعالجة الأولية المستخدمة للمراقبة على مدار السنة.

9-5 متطلبات الرصد وإصدار التقارير (Manual EPA – 833-B-96)

تشمل المتطلبات المثالية الخاصة بالمخلفات السائلة البلدية للهيئة المخولة بإعداد الأنظمة حسب ما أوردته هيئة حماية البيئة الأمريكية (USEPA, 1996) ما يلي:

- تحديدات السيب
- متطلبات مراقبة السيب
- متطلبات مراقبة الصبوب
- متطلبات مراقبة المواد الصلبة الحيوية
- مراقبة المواد السامة ومتطلبات المراقبة الحيوية
- جدول الالتزام بالمتطلبات (ويشمل النشاطات، والمواعيد النهائية)
- تقارير سنوية حول ثبات الالتزام بالمتطلبات
- متطلبات خاصة بالتقارير (وتشمل المعلومات الضرورية التي تحتاجها، والمواعيد النهائية المقدمة)
- الظروف العامة. وتشمل الأسلوب المعياري لتفريغ كل المخلفات السائلة
- الظروف الخاصة الأخرى كما يتواءم مع الوضع

وتشمل المتطلبات التنظيمية المثالية للصناعة ما يلي:

- تحديدات تصريفية عددية
- متطلبات مراقبة السيب
- متطلبات الرقابة الحيوية
- متطلبات خاصة بكتابة التقارير (وتشمل المعلومات اللازمة التي تحتاجها والمواعيد النهائية المقدمة)
- جدول الالتزام بالمتطلبات (ويشمل النشاطات والمواعيد النهائية)
- الظروف العامة (وتشمل الأسلوب المعياري لتفريغ كل المخلفات السائلة).

تساعد كتابة التقارير والرصد الدوري في تذكير طاقم التشغيل حول مسؤولياته التي عليه الإذعان لها، وتوفر مرجعية حول كفاءة أداء مرافق عملية المعالجة. ويجب أن تشمل إجراءات كتابة التقارير والرقابة متطلبات خاصة للبنود التالية:

- موقع أخذ العينة.

- طرق جمع العينة.
- تكرار المراقبة.
- الطرق التحليلية.
- متطلبات كتابة التقارير وحفظ السجلات.

وتشمل العوامل الأساسية التي قد تؤثر في موقع أخذ العينة، طرق الاعتيان وتكرارها ما يلي:
- مطابقتها لـ "دلائل تحديدات السيب" (ELG)
- السيب وتغييرات الطرق
- أثر الانسياب و/ أو حمل الملوثات في المياه المستقبلة
- مميزات الملوثات والتصريفات
- تاريخ الامتثال لعمليات معالجة المخلفات السائلة (WWTP)

ويجب ان تؤخذ هذه العوامل باهتمام الهيئات المخولة بإعداد الأنظمة، وربما يؤدي أي خطأ الى تحديد غير مضبوط للالتزام، وسوء تطبيق دلائل تحديدات السيب الوطنية و/أو سوء تطبيق معايير الجودة العالمية.

9-5-1 ترسيخ ظروف الرصد والمراقبة
على الهيئة المؤهلة توضيح كيفية دمج ظروف الرصد في السماح بتنظم الاستخدام / التصريف. ويحتاج ذلك إلى قيام الهيئات المزودة بمراقبة حمل الملوثات (أو أي وحدة تطبيقية للقياس) وحجم السيب، ومراقبة كل الملوثات، وإعداد التقارير المعلوماتية مرة واحدة سنوياً على الأقل.

9-5-2 موقع المراقبة
تعد الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة الجهة المسؤولة عن تحديد المواقع الأكثر ملاءمة للمراقبة. وبخصوصية واضحة لتلك المتعلقة بالسماح/بتنظيم التصريف. وتخصيص مواقع للمراقبة الملائمة أمر حِدّي لإنتاج معلوماتية امتثالية صالحة. وتشمل العوامل المهمة لاختيار مواقع المراقبة ما يلي:
- أن يكون انسياب المخلفات السائلة قابلاً للقياس.
- أن يكون الموقع سهلاً؛ وآمناً؛ ومتميزاً.
- أن تكون العينة ممثلة للسيب المتوقع خلال فترة المراقبة.
- السماح بخلط جيد قرب مجرى الماء او في موقع في المجارير، حيث يوجد اضطراب هيدروليكي. وتسهل سدود تحويل الماء ترسيب المواد الصلبة في المجاري العليا للمياه، وتراكم الزيوت والشحوم العائمة في المجاري السفلية للمياه، ويجب تجنب مثل هذه المواقع عند الاعتيان.

والنقطة المنطقية لمراقبة السيب هي قبل استخدام / تصريف هذا السيب الى مجاري المياه المستقبلة، وبخاصة عند تأكيد الامتثال لحدود جودة المياه فيما يتعلق بالسيب.

9-5-3 تكرار المراقبة
يهدف التكرار إلى الكشف عن معظم الأحداث المتعلقة بعدم الامتثال دون الحاجة لمراقبة شديدة، ويجب أن تؤخذ العوامل التالية بالاعتبار عند ترسيخ تكرارات ملائمة للمراقبة، وتشمل:
- التغيرات المقدرة لتركيز العناصر بمراجعة معلومات السيب للمنشأة.
- قدرة وطاقة التصميم لمحطة المعالجة.
- نوع الطريقة المستخدمة في المعالجة.
- تقرير / تاريخ ما بعد الالتزام.
- تكلفة المراقبة وعلاقتها بكفاءة التفريغ (مثال التكلفة التحليلية المبينة في الجدول (9-7).
- تكرار التصريف.
- عدد العينات الشهرية المستخدمة في تطوير حدود التنظيم المتعلقة بالاستخدام / التصريف.
- درجة الحدود – حيث تقوم الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة "درجة" الحدود فيما يتعلق بالاستخدام / التصريف، ويجب أن يعطى الاهتمام لاختلاف متطلبات الرقابة لتتناسب مع درجات التطبيق. فعلى سبيل المثال، إذا كانت للمحطة حدود تصريف فصلية (الري) فسيكون ملائماً زيادة تكرارات المراقبة خلال فصول الإنتاجية العالية، وتقليل التكرارات خلال الفصول ذات الإنتاجية المنخفضة أو المتعطلة.

الجدول (9-7): التكاليف المقدرة للإجراءات التحليلية المعروفة[1]

الفحـــص	الأردن/ الجمعيـة العلميـة الملكية (دولار أمريكي)[3]	الولايات المتحدة الأمريكية (دولار أمريكي)[3]
BOD_5	35.7	30
المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS)	12.9	15
الكربون العضوي الكلي (TOC)	31.4	60
الزيت والشحوم	23.6	35
الرائحة	5.7	30
اللون		30
العكورة	4.3	30
القولونيات البرازية	31.4	15
الفلزات (لكل فلز)	17.1	15
السيانيد		35
الغازولين (البنزين، التولوين، الزيلين)		100
الهالوكاربونات المتطايرة (EPA Method 601)		113
الأكرولين والأكريلونتريل (EPA Method 603)		133
المواد المتطايرة (تشمل المطهرات والمنظفات) (EPA Method 624)		251
الفينولات (EPA Method 604)	107.1	160
المبيدات الحشرية الكلورية العضوية (EPA Method 608) (PCBs)		157
الهيدروكربونيات العطرية متعددة النوى (EPA Method 610)		175
الديوكسين (2، 3، 7، 8، ... 613)		400
الأحماض، القواعد والمواد المتعادلة (EPA Method 625)		434
مسح التلوث الأولي[2]		2000
سمية السيب الكلية الحادة (WET)		750
سمية السيب الكلية المزمنة (WET)		1500

المصدر : (USEPA NPDES Permit Writers. Manual 1996).

1. بالاعتماد على التكلفة لعام 1994 – 1995
2. تشمل 13 فلزاً؛ والسيانيد؛ والديوكسين؛ والمواد المتطايرة (المنظفات)؛ والأحماض؛ والقواعد؛ والمواد المتعادلة؛ والمبيدات الحشرية؛ و PCBs؛ والأسبست.
3. هذه الأسعار مأخوذة من أجور الجمعية العلمية الملكية/ الأردن 1999.

4-5-9 طرق جمع العينة

هنالك طريقتان أساسيتان لجمع العينات التي يجب تخصيصها في برنامج المراقبة، وتشمل "العينة المفردة" و "العينة المركبة". ويجب جمع العينات المفردة لقياس الرقم الهيدروجيني؛ ودرجة الحرارة؛ والأوكسيجين الذائب؛ والكلور؛ والمواد العضوية؛ ومجموعة السلفايد؛ والزيت؛ والشحوم؛ والسيانيد؛ والجراثيم القولونية. و يعزى السبب الداعي للأخذ بهذه العناصر في العينة المفردة إلى أنها تقيّم الصفات التي يمكن أن تتغير خلال الوقت اللازم لتحولها لأسمدة مخلطة.
و"العينة المفردة" هي عينة وحيدة تجمع في وقت ومكان ملائمين، وتمثل تجمع مجرى المخلفات فقط في وقت ومكان محددين، عندما تكون جودة وانسياب المخلفات السائلة غير متغيرة بفعل الزمن. ومن الملائم استخدام طريقة "العينة المفردة" في جمع العينة عندما تكون:

- صفات المخلفات السائلة ثابتة نسبياً.
- عندما تميل العناصر المراد تحليلها للتغيّر أثناء التخزين، وتشمل العناصر المراد تحليلها عندئذٍ: درجة الحرارة؛ والكلور المتبقي؛ والسلفايد الذائب؛ ومركبات السيانيد؛ والفينولات؛ والعناصر الميكروبيولوجية؛ والرقم الهيدروجيني.
- عندما تميل العناصر المراد تحليلها للتأثر بعملية الاعتيان المركب مثل: الزيوت والشحوم والمواد المتطايرة.
- عندما يكون التغير في المعلومات عبر فترة زمنية قصيرة مطلوباً.
- عندما يكون الاعتيان المركب غيرعملي أو عندما تكون عملية الاعتيان المركب عرضة للخطأ.
- عندما تحتاج التغيرات المكانية للعناصر إلى تحديدٍ دقيق، مثال، التغير عبر مقطع عرضي و/أو العمق لمجرى او لجسم مائي كبير.
- عندما يكون السيب خارجاً من حوض معالجة متقطع وعندئذٍ يجب أن تؤخذ عينة من كل تصريفة على حده.

وتستطيع العينة المفردة قياس الأثر الأقصى فقط عندما يتم جمع العينة خلال الانسيابات المحتوية على الحد الاقصى من الملوثات السامة للكائن الحي المراد فحصه.
وهناك نوع آخر من العينة المفردة يعرف بالعينة التتابعية. وهي نوع خاص من جهاز الاعتيان التلقائي، وتجمع فيه كميات صغيرة من عينات المخلفات من مجرى النفايات، مع وجود فترة بين عمليات الاعتيان، إما زمنياً أو تناسبياً مع الجريان.
إن جهاز الاعتيان التتابعي ليس مثل المعيان المركب التلقائي، فهو يسترجع العينة تلقائياً، ويحفظها في قارورة منفصلة عن غيرها من العينات المسترجعة تلقائياً. ويمكن حفظ العديد من العينات المنفردة منفصلة في الوحدة، وهي ليست كالعينة المركبة التي تجمع في قارورة، وهذا النوع من الاعتيان فعّال لتحديد الاختلاف في صفات السيب عبر فترة زمنية قصيرة.
وتعرف العينة المركبة على أنها تجمع عينات مفردة مأخوذة عبر فترات منتظمة، وعادةً ما تكون معتمدة أساساً على الزمن وحجم الإنسياب. وتكون "العينة المركبة" مطلوبة عندما تتغير المادة التي يتم اعتيانها بقوة عبر الزمن إما نتيجة للإنسياب أو التغيرات النوعية. وهنالك نوعان عامان من العينات المركبة التي يجب على الهيئات المخولة بإعداد الأنظمة أن توضح النوع الذي تتبناه:

- تجمع العينات المركبة الزمنية حجماً ثابتاً عبر فترات زمنية متساوية، وهي مقبولة عندما لا تكون هنالك زيادة في التغير في الانسياب. عادةً ما تكون العينات المركبة الزمنية التلقائية منفصلة عن العينات المجموعة يدوياً. والعينات المركبة المجموعة باليد مناسبة للتحليلات التحرية وغير النظامية.

ويمكن جمع العينات المركبة يدوياً إذا كان للعينات حجم ثابت في فترات زمنية متساوية عندما لا تكون هنالك زيادة في التغير في الانسياب.

- عادةً ما يفضل الإعتيان المركب المتناسب مع الانسياب عندما يتغير انسياب السيب بشكل كبير عبر الزمن، وتكون المعدات ومجموعة أدوات الاعتيان المركب المتناسب مع الانسياب في الجزء الأدنى، وذلك بسبب مشاكل الصيانة.

عندما تكون العينات المركبة اليدوية للسيب جاهزة لقياس الانسياب، يتم قياس جريان السيب دون أي تصحيح لتغيرات زمنية. والخطأ في القياس للسيب وجريانه غير مناسب باستثناء تلك الحالات التي تجمع فيها أحجام كبيرة من الماء كما هو الحال في أحواض المياه.
هنالك حالات كثيرة يكون الاعتيان المركب فيها غير مناسب. والعينات المستخدمة لقياس بعض العناصر يجب أن لا يتم تركيبها، مثل (الرقم الهيدروجيني؛ والكلور المتبقي؛ ودرجة الحرارة؛ ومركبات السيانيد؛ والمواد العضوية المتطايرة؛ والفحوص الميكروبيولوجية؛ والزيوت؛ والشحوم؛ وإجمالي الفينولات). كما لا يوصى بها عند الاعتيان في العمليات المتقطعة. وفي هذه الحالات وتحت هذه الظروف لا بد من استخدام الاعتيان للعينة المفردة.
وفيما يتعلق بسمية السيب الكاملة (WET) ، تستخدم العينات المركبة ما لم تعرف سمية السيب في ذلك الوقت. بعض المواد الكيميائية السامة ذات عمر قصير وتتحلل بسرعة، ولن توجد معظم الأشكال السامة لهذه المواد بعد الاعتيان المركب في العينات حتى مع التبريد أو بوساطة أي شكل من أشكال الحفظ. وتلزم العينات المفردة لقياس العناصر الحيوية تحت هذه الظروف.
ويوضح الجدول (9-8) ثمانية أنواع من العينات المركبة، وإيجابياتها وسلبياتها. كما يتضح؛ فإن الاعتيان المركب متناسب زمنياً، ومع الإنسياب. وستكون العينة عينة مؤكدة. على أي حال، عندما تتفاوت تراكيز الانسيابات والملوثات، يجب الاعتيان بعينات مركبة متناسبة مع الانسياب لأن كميات كبيرة من الملوثات سيتم تفريغها خلال هذه الفترات. وكبديل، يمكن اعتيان عينات متناسبة مع الزمن مع تسجيل الانسياب لتقدير كفاءة العينات المختلفة. وتعتبر المراقبة المستمرة خياراً آخر لعدد محدد من العناصر مثل: الانسياب؛ والكربون العضوي الكلي (TOC)؛ ودرجة الحرارة؛ والرقم الهيدروجيني؛ والموصلية الكهربائية؛ والفلور؛ والأوكسيجين الذائب. وتتغير المعولية والمضبوطية، وتكلفة المراقبة المستمرة مع تغير العناصر. وقد تكون المراقبة المستمرة مكلفة، لذلك ستكون مطلباً ملائماً وعادياً فقط لمعظم المفرغات المعقدة مع اختلاف السيب. وينبغي مقارنة تغير الكفاءة البيئية في أي من هذه العناصر في السيب بالتكلفة المادية للمراقبة المستمرة.

الجدول (9-8) : طرق جمع العينات المركبة

الطريقة	الإيجابيات	السلبيات	التعليقات
العينات المركبة الزمنية (Time Composite)			
حجم ثابت للعينة، وفترة زمنية ثابتة بين العينة والأخرى	جهد يدوي واستخدام أدوات عمل بحد أدنى، لا تحتاج إلى قياس الانسياب	قد ينقصها أن تكون ممثلة، وبخاصة للانسيابات عالية التغيير	مستخدمة كثيراً في المعيانات التلقائية اليدوية
العينات المركبة الإنسيابية (Flow-Proportional Composite)			
حجم ثابت للعينة، فترة زمنية بين العينات متناسباً مع مجرى الانسياب	حد أدنى من الجهد اليدوي	تحتاج إلى معدات قياس انسياب مضبوطة، واعتيان يدوي مركب من جدول تدفق الانسيابات	مستخدمة على نطاق واسع عند الاعتيان الآلي والاعتيان اليدوي
فترة زمنية ثابتة بين العينات، حجم العينة متناسب مع مجرى الانسياب الكلي عند وقت الاعتيان	حد أدنى من استعمال الأدوات	اعتيان مركب يدوي من جدول تدفق الانسيابات عند غياب المعلومات اللازمة عن نسبة الانسياب الأدنى إلى الأقصى، فرصة جمع عينات صغيرة أو كبيرة جداً بشكل منفرد ومنفصل واردة عند حجم مركب معين	مستخدمة في المعيانات الآلية وعلى نطاق أوسع بوصفها طريقة يدوية
فترة زمنية ثابتة بين العينات، حجم العينة متناسب مع مجرى الانسياب الكلي عند وقت الاعتيان	حد أدنى من استعمال الأدوات	اعتيان مركب يدوي من جدول تدفق الانسيابات عند غياب المعلومات اللازمة عن نسبة الانسياب الأدنى إلى الأقصى، فرصة جمع إما عينات صغيرة أو كبيرة جداً بشكل منفرد ومنفصل واردة عند حجم مركب معين	لا تستخدم على نطاق واسع في المعيانات الآلية، ولكن يمكن عملها يدوياً
العينات المركبة التتابعية (Sequential Composite)			
سلسلة من العينات المركبة بفترات زمنية قصيرة، فترة زمنية ثابتة بين العينات	مفيدة إذا حدثت تغيرات. بيانات التاريخ الزمني مطلوبة	تحتاج إلى اعتيان مركب يدوي لقسامات معتمدة على الانسياب	متعارف على استخدامها، على أي حال، شائعة الاستخدام، ولكن اعتيان المركب اليدوي يستوجب مجهوداً عملياً كبيراً
سلسلة من العينات المركبة بفترات زمنية قصيرة، القسامات تؤخذ على انسيابات تصريف ثابتة.	مفيدة إذا حدثت تغيرات. بيانات التاريخ الزمني مطلوبة	تحتاج إلى مقياساً كلي للانسياب، تحتاج إلى اعتيان مركب يدوي للقسامات المعتمدة على الانسيابات	يتركز الإعتيان المركب اليدوي على مجهود العمال
العينات المركبة المستمرة (Continuous Composite)			
حجم عينة ثابت	حد أدنى من المجهود اليدوي، لا تحتاج قياساً للانسياب	تحتاج إلى سعة عينة كبيرة، قد تفتقد التمثيل لانسيابات عالية التغيير	عملية، لكنها لا تستخدم على نطاق واسع
حجم العينة متناسب مع مجرى الانسياب	حد أدنى من المجهود اليدوي، أكثر تمثيلاً، وبخاصة للإنسيابات عالية التغيير	تحتاج إلى معدات قياس مضبوطة للانسياب، وأحجام عينات كبيرة، وسعة ضخ متغيرة، وطاقة	لا تستخدم على نطاق واسع

المصدر: (EPA, 1996).

9-6 الطرق التحليلية

يجب أن تحدد الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة الطرق التحليلية المستخدمة للمراقبة، وهي عادةً ما يشار إليها بالظروف المعيارية. وبالأخص ، ضرورة ارتباط الطرق التحليلية المستخدمة لملوثات المخلفات السائلة البلدية والصناعية بنسبتها إلى الطريقة المخصصة لها في عملية التنظيم، التي تستند إلى واحد أو أكثر من الطرق التالية:

- طرق الفحص المنصوص عليها في دستور الدولة أو الهيئات المخولة بإعداد الأنظمة.
- الطرق المعيارية لفحص المياه والمخلفات السائلة.

(Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 18th Ed.)

- طرق التحليل الكيميائي للمياه والمخلفات السائلة

(USEPA 1979, Method for chemical Analysis of water and wastewater).

.(EPA-600/ 4-79-020. Environmental Monitoring and Support Laboratory)

- طرق الفحص: طرق فحص المواد الكيميائية العضوية للمخلفات السائلة البلدية والصناعية.

USEPA, 1982 Test Methods: method for organic chemical analysis of Municipal and Industrial Wastewater. EPA-600/ 4-82-057 Integrated Guide, Sanitary Parasitology CEHA/ RSS technical document 2000.

أما في حال عدم توافر الطرق التحليلية للعناصر الأخرى؛ فعلى الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة تخصيص الطرق التحليلية اللازمة لاستخدامها. ويعتمد فهرس طرق المراقبة البيئية (EMMI) بوصفه مرجعاً أساسياً للطرق التحليلية.

7-9 اعتبارات أخرى لترسيخ متطلبات المراقبة

على الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة الأخذ بالاعتبار تكلفة الإعتيان والتي يمكن فرضها على الهيئة المنفذة. و لتكرار العينة وتحليلاتها أثر على تكلفة التحليل. ويوضح الجـــدول (9-7) التكاليف المقدّرة (USA 1994-1995) للإجراءات التحليلية (USA EPA NPDES, Permit Writers Manual. EPA-833-B-96-003 96). وفي حالة وجود عناصر مؤشرة غير مكلفة أو بسيطة (مثال، BOD_5 يعمل بوصفه مؤشراً للملوثات الأولية في معامل المعالجة) أو عناصر بديلة ستنتج معلومات ممثلة للملوثات الموجودة في التصريف، حينها تعتبر هذه الملوثات أو العناصر هي المؤشرة أو البديلة. وقد لا تكون متطلبات الاعتيان المعقد والمكلف ملائمة إذا لم تستطع الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة تبرير الاحتياج لمثل هذه التحاليل.

9-7-1 ترسيخ ظروف المراقبة للتصريفات الفريدة

هنالك أنواع من التصريفات التي تندرج تحت برنامج الهيئة المنظمة للمراقبة، وتختلف عن التصريفات التقليدية للمخلفات السائلة. إذ تحتاج الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة لتأخذ بالحسبان حصر التصريفات الفريدة لترسيخ متطلبات الرقابة.

ويناقش هذا الجزء العديد من هذه التصريفات الفريدة التي تشمل: المياه الناتجة عن العواصف والأمطار ومياه المجارير والصرف الصحي الفائضة؛ والحمأة الناتجة عن المخلفات البلدية. وتتغير متطلبات المراقبة حسب نوع المتطلبات المنظمة لتفريغ مياه العواصف والأمطار ونشاطها. ويمكن تنظيم تفريغ مياه العواصف ببرامج محلية.

9-7-2 مراقبة فيضانات المجارير المختلطة مع مياه الأمطار وفيضانات الصرف الصحي

تتطلب ظروف المراقبة، مراقبة عدد من الفيضانات الممثلة للمجارير المختلطة مع مياه الأمطار (CSOs) بحيث تكون هذه ممثلة لأحداث مناخية رطبة يتم فيها رصد عدد من العناصر الرئيسية المعينة جنباً إلى جنب مع مراقبة جودة المياه المحيطة للتحقق من بلوغ معايير جودة المياه. وقد تشمل تعليمات محطة ما متطلبات المراقبة اللازمة لسيب الصرف لصحي الفائض، ويمكن تطوير ذلك بالاعتماد على طبيعة الحالة.

9-7-3 مراقبة السمية الكلية للسيب (WET)

يجب أن تحدد ظروف مراقبة سمية السيب الكلية (WET) المشتملة في الأنظمة طبيعة الفحص البيولوجي المستخدم؛ والأنواع المطلوب فحصها؛ ونقطة نهاية الفحص المطلوبة؛ وإجراءات تأكيد الجودة وضبطها (QA/ QC). وأعلنت منظمة (USEPA) عن بروتوكالات فحص السمية الموصى بها في الكتيبات الإرشادية (الأدلة) الأربعة التالية:

1. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Water to Freshwater and Marine Organisms USEPA (1992). Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluent and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms.
2. Short term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Marine and Estuarine Organisms. USEPA (1991). Short-Term Methods for Estimating the chronic Toxicity of Effluents and Receiving waters to Marine and Estuarine Organisms. EPA-600/4-9) – 003. Environmental Monitoring and Support Laboratory.
3. Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms. USEPA (1991). Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms; Third Edition; EPA-600/ 4-91-002.
4. National Polutant Discharge Elimination System (NPDES) Compliance Monitoring Inspector Training. Biomonitoring. USEPA (1990) NPDES Compliance Monitoring Inspector Training. Biomonitoring Office of Water.

قد تكون العينات المستخدمة لمراقبة السمية الكلية للسيب (WET) عينات مفردة أو مركبة. ويقترح استخدام عينات مركبة ذات عمر 24 ساعة باستثناء الحالات التالية:

1. عندما يتوقع أن تكون سمية الهبوب عالية في فترة زمنية خلال يوم الاعتيان.
2. عندما يتسبب الاعتيان المركب في تخفيف السمية.
3. عندما يزيد حجم العينة المطلوبة على حجم المعيان المركب (مثال 5 جالونات).

وتعد فحوص السمية الكلية للسيب مكلفة نسبياً (انظر الجدول (9-7)). وبالتالي، يجب أن يرتبط تكرار الفحص مع احتمالية ورود أي مفرغ له سمية كلية للسيب، وأن يسمح بفترات زمنية عند الاعتيان عبر السنة الواحدة، للتحقق من أن التغيرات الفصلية قد أخذت بالاعتبار.

9-8 مراقبة الحمأة البلدية

تمثل الهدف من مراقبة الحمأة المنزلية في التأكد من أمانها حين الاستخدام أو حين التخلص منها. وتتطلب الأنظمة الموضحة في (USEPA 40 CFR Part 503) الخاصة بالحمأة مراقبة الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة المراد تطبيقها على الأراضي الزراعية، أو عند وضعها على سطح المكبات أو ترميدها.
ويعتمد تكرار المراقبة على كمية الحمأة السنوية المستخدمة أو التي تم التخلص منها بتلك الطرق. ينبغي على محطات المعالجة المملوكة عمومياً التي تزوّد غيرها من المحطات بالحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة للحصول على معالجة أخرى (مثل سماد مخلط)، توفير المعلومات المهمة لهذه المحطات لتتوافق مع الأنظمة.
ويوضح الجدول (9-6) الحد الأدنى من متطلبات المراقبة الخاصة بالحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة اللازم تطبيقها قبل استخدام هذه الحمأة أو التخلص منها (40 CFR Part 503). وقد يكون المزيد من تكرار مراقبة العناصر المطلوبة أو الموصى بها أمراً ملائماً عندما تكون محطات المعالجة المملوكة عمومياً متميزة بما يأتي:

- حمل الصبوب من المواد العضوية الصلبة أو المواد السامة شديدة التغير.
- لها حمل صناعي كبير.
- لها بيانات زمنية تبين الاضطرابات في العملية نتيجة المواد السامة، أو الآثار البيئية الضارة جراء استخدام الحمأة أو نشاطات التخلص منها.

طرق الاعتيان والتحليل محددة وموضحة في (EPA 40 CFR Part 503.8) ويوصى باتباعها لمراقبة العناصر المطلوبة. وفي حالة غياب أي من الطرق الخاصة الموصى بها في المرجع السابق، تتوافر الإرشادات في (Part 503 Implementation Guidance, Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge, and POTW sludge Sampling and Analysts Guidance Document).

9-9 متطلبات إعداد التقارير وحفظها

على الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة الإيعاز للهيئة المنفذة بضرورة حفظ السجلات والتقارير الدورية حول نشاطات المراقبة. ويجب أن تستخدم تقارير مراقبة التصريف (DMRs) من قبل الهيئة المنفذة لعمل تقرير معلوماتي حول المراقبة الذاتية للهيئة. وتشمل البيانات الواردة في التقرير المعلومات المطلوبة للأنظمة، وأن تكون أي معطيات أخرى تم جمعها من الهيئة المنفذة متوافقة مع متطلبات الأنظمة. وتعتبر جميع المرافق لازمة لإصدار التقارير (حول التصريف الصحي واستخدام الحمأة أو التخلص منها) سنوياً على ا لأقل. كما تعتبر محطات المعالجة المملوكة عمومياً (POTVs) مع برامج المعالجة الأولية لازمة لإصدار تقرير المعالجة الأولية على الأقل. على أي حال، يجب أن يكون تكرار المراقبة وإصدار التقارير معتمداً على طبيعة وأثر استخدام التصريفات الصحية/ الحمأة أو التخلص منها. لذلك، يمكن أن تتطلب الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة تقارير متكررة أكثر من مجرد تقارير سنوية.
ويشترط حفظ التقارير من جانب الهيئة المنفذة لمدة 3 سنوات على الأقل، ويمكن تمديد هذه الفترة حسب الحاجة ومن جانب الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة. باستثناء الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة، يجب حفظ التقارير لمدة 5 سنوات أو أكثر حسب الحاجة. وعلى الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة تحديد الموقع اللازم لحفظها.
مراقبة التقارير تشمل:
التاريخ؛ والمكان؛ والوقت.
اسم المعيان؛ واسم جالب العينة.
تاريخ التحليل.
اسم المحلل.
الطرق المستخدمة في التحليل.
نتائج التحليل.
وينبغي أن تكون تقارير المراقبة ممثلة لعملية التصريف. وتشمل التقارير الواجب حفظها أشرطة المخططات المسجلة؛ ومعطيات التغيير؛ ونسخاً من جميع التقارير الواردة عن الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة؛ ونسخاً من جميع المعطيات المستخدمة لأغراض إصدار التقارير وتطبيقاتها. وعادةً ما ترسخ الأنظمة الخاصة بالحمأة متطلبات حفظ التقارير التي تتغير معتمدة على طريقة الاستخدام والتخلص منها. ويجب تطبيق متطلبات حفظ التقارير نفسها على العناصر الأخرى المستخدمة في مراقبة الحمأة.

ويعتمد الحد الأدنى اللازم لتكرار المراقبة لمتطلبات وجود الممرضات على الكمية المستخدمة من الحمأة أو التي سيتم التخلص منها سنوياً (انظر الجدول (9-6) و (9-9)).

الجدول (9-9): الحد الأدنى من متطلبات مراقبة الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة، بالاعتماد على طريقة الاستخدام والتخلص من الحمأة

الطريقة	متطلبات المراقبة	التكرار
تطبيقات على الأراضي الزراعية	1- وزن الحمأة والنسبة المئوية (%) للمواد الصلبة الكلية. الفلزات: Cu, Cd, Ax, Zn, Se, Ni, Mo, Hg, Pb تقليل الممرضات تقليل جذب العوامل الناقلة	1- صفر < و <290*، سنوياً 290< و <1500 لكل ثلاثة أشهر 1500< و <15000، مرتين شهرياً ≥ 1500 شهرياً
عمليات التخلص منها في مكبات المخلفات الصلبة البلدية	1- وزن الحمأة والنسبة المئوية (%) للمواد الصلبة الكلية 2- تمر من فحص المرشح الدهاني السائل (Point filter liquid) 3- ملاءمة استخدام الحمأة كغطاء 4- مميز عند الرجوع إلى قوانين المخلفات الخطرة	متطلبات المراقبة 1، 2، 3، 4 أو تكرارها غير محددة من قبل (EPA). وتحدد من قبل الجهة المسؤولة عن الصحة أو الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة.
سطوح المكبات: مواضع مخصصة مع مجامع ترشيحية ومواضع غير محددة	1- وزن الحمأة والنسبة المئوية (%) للمواد الصلبة الكلية. **تقليل الممرضات** تقليل جذب العوامل الناقلة الفلزات: Ni, Cr, AS (المواقع غير المحددة فقط) 2- غاز الميثان	1- معتمداً على كمية الحمأة (كما أشير سابقاً). 2- بشكل مستمر.
الترميد	وزن الحمأة والنسبة المئوية (%) للمواد الصلبة الكلية الفلزات: Pb, Cr, Cd, As, Ni Be و Hg (THC) أو O2, CO، الرطوبة، درجات حرارة الاحتراق تلوث الهواء وجاهزية ضبط عناصر التشغيل.	1- معتمداً على كمية الحمأة (كما سبق) 2- كما هو موضح في (Sub parts A and E of 40 CFR part 61) أو كما هو محدد من الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة. 3- بشكل مستمر 4- يومياً

المصدر: (USEPA, 1992 a).

* : الوزن الجاف للحمأة بالطن المتري لكل عام.

ملاحظات

1. **يمكن تقليل تكرارات المراقبة المطلوبة بعد عامين من المراقبة، لكن بأي حال من الأحوال لا يقل عن مرة واحدة سنوياً.**
2. **قد يحتاج البرنامج الناجح لتطبيق الأراضي الزراعية إلى عملية الاعتيان مكونات أخرى مهمة (مثل النيتروجين) لتحديد مستويات زراعية مناسبة، ويمكن تحديد ذلك من الهيئة المخولة بإعداد الأنظمة.**

الفصل العاشر

الجوانب الصحية لاستخدام المخلفات السائلة

المعالجة في الزراعة وتربية الأحياء المائية

1-10 المقدمة

يعتبر إعادة استخدام سيب المخلفات السائلة من الممارسات الإنسانية القديمة جداً. فقد أنشأت أول مزرعة تروى بمياه السيب في ألمانيا عام 1531، وازداد الاهتمام بالزراعة المعتمدة على المخلفات السائلة في أوروبا بعد الموافقة الرسمية على هذه الممارسة بموجب مرسوم ملكي بريطاني للتخلص من مخلفات مياه الصرف الصحي العادمة. وقد نص هذا المرسوم على أن " الطريقة الصحية للتخلص من مخلفات مياه الصرف الصحي العادمة هي باستخدامها دورياً لأغراض التطبيقات الزراعية، حيث تعتبر الطريقة المثلى لتقليل فرصة تلوث الأنهار بهذه المخلفات".

وأورد شوفال وزملاؤه (Shuval *et. al.*, 1986) طريقة أخرى للتخلص من مياه الصرف الصحي العادمة، وذلك بتفريغ هذه المخلفات أو سيبها إلى المياه السطحية أو الجوفية. فعلى سبيل المثال، يعتمد سكان حوض نهر الراين، الذين يبلغ تعدادهم الستة ملايين نسمة على نهر الراين كمصدر لمياه الشرب الذي يعتبر 20 إلى 40% من دفيقه سيباً لمخلفات سائلة. وقد يصل هذا الرقم إلى 100% في فترات الدفق المنخفض للنهر. كذلك نهر ا لتايم في المملكة المتحدة، الذي يزود مدينة لندن وضواحيها بثلثي حاجتهما من المياه ، ويشكل 14% من دفيقه سيباً لمخلفات الصرف الصحي العادمة في فترات الدفق الطبيعية (WHO, 1973). وفي مساحـــة كبيرة من مدينـــة عمان، الأردن، تسهم المخلفات السائلة مساهمة فعالة في إعادة شحن أحواض المياه الجوفية. حيث يظهر أن ثلث كمية المياه المغذية للمياه الجوفية أو أكثر عام 1980 كان نتيجـــة للحفر الامتصاصيـــة (Lawrance *et. al.*, 1989) . وهذا يثبت أهمية تصريح منظمة اليونسكو (1958) على أنه " لا توجد على وجه هذه البسيطة مياه جديدة وكذلك لا توجد مياه قديمة غير مستعملة".

وكغيرها من الدول النامية، تعد المياه نادرة جداً في منطقة الشرق الأوسط. وبناءً عليه، يجب استخدام كل قطرة ماءٍ بطريقة ملائمة وآمنة. كما نص على ذلك مجلس الأمم المتحدة الاقتصادي والاجتماعي بالقول إنه " يجب أن لا تستخدم مياه ذات نوعية عالية في مجال يستطيع احتمال درجة منخفضة ما لم يكن هنالك فائض لتلك المياه".

2-10 الجوانب الصحية

ارتبط إعادة استخدام المخلفات السائلة في الري بالعوامل البيولوجية (الفيروسات الممرضة؛ والجراثيم؛ والأواليات؛ والديدان)، وقد تنتقل إلى أشخاص آخرين عن طريق الفم (مثل تناول الخضراوات الملوثة ببيوض دودة الصفر (*Ascari*)، أو عن طريق الجلد (كما في حالة الديدان الشصية والبلهارسيا (الديدان المنشقة) (WHO,1988))، ولا سيما في البلدان التي تنتشر فيها أمراض الإسهال، وأمراض الديدان الممسودة الطفيلية. ومن الأهمية بمكان معرفة العوامل الناقلة للأمراض والمخاطر الصحية الناجمة عن الممرضات المفرغة وهنالك ثلاثون ممرضاً مفرغاً معروفاً ذا أهمية صحية للجمهور. ويمكن تصنيف هذه الممرضات إلى خمس فئات تبعاً لصفاتها ولخصائص الانتقال البيئي كما هو مبين في الجدول (10-1) (WHO, 1988)، وتعتمد العوامل المؤثرة في انتقال الأمراض على:

- مدة بقاء الممرض في التربة؛ أو المحاصيل؛ أو في الماء.
- ظهور أمراض الفئة الرابعة والخامســـة (WHO, 1988) في عائل/ عوائل متوسطة ضرورية.
- طريقة استخدام المخلفات السائلة والمفرغات وتكرارها.
- نوع المحصول الذي تم تطبيق استخدامات المفرغات أو المخلفات السائلة عليه.
- طبيعة تعرض العائل البشري للتربة؛ أو المياه؛ أو المحصول الملوث.

يوضح الجدول (10-2) (Feachem *etal.*, 1983) مدد بقاء الممرضات المفرغة في بيئات مختلفة على درجات حرارة بين 20 إلى 30°م. ويشير الجدول (10-2) إلى استطاعة كل الممرضات المفرغة تقريباً البقاء في الماء والتربة والمحاصيل لفترة زمنية كافية لتسبب مخاطر صحية كامنة على عمال المزارع والبرك (Mara & Selva, 1986).

ويبين الشكلان (10-1) و(10- 2) بقاء الممرضات على المحاصيل وفي التربة، الأمر الذي من شأنه توفير القدرة على التسبب في مخاطر صحية للعمال والمستهلكين، خصوصاً عندما تفوق مدة البقاء دورة نمو تلك المحاصيل (الخضراوات بالدرجة الأولى) (Mara *et. al.*, 1987).

3-10 الشواهد الوبائية

يسبب ري المحاصيل بالمخلفات السائلة غير المعالجة زيادة ملحوظة في العدوى بالديدان الممسودة المعوية لدى كل من المستهلكين وعمال المزارع، انظر إلى الشكلين (10-3) و(10-4).

الجدول (10-1): التصنيف البيئي للأمراض المفرغة

فئة العوامل البيئية	المرض	عوامل الانتقال البيئية	مقاييس التحكم
غير كامنة، جرعة معدية متوسطة أو عالية (I)	داء الأميبات داء القربيات داء السرميات أمراض الفيروسات المعوية	شخصي منزلي	منزلي
غير كامنة، معتدلة، صمود مع قدرة على التكاثر (II)	مرض العطيفة، الكوليرا (الهيضة)، عدوى الأشريكية الممرضة، داء السلمونيلات، داء الشيغيليات، التيفية، داء اليرسنيات	شخصي منزلي ماء محاصيل	مصادر المياه المنزلية التربة الصحية ظروف معيشية محسنة توفير المراحيض معالجة المفرغات البشرية قبل تطبيقها للأغراض الزراعية
كامنة، وتستطيع الصمود، لا يوجد عائل متوسط (III)	داء الصفر، أمراض الديدان الشصية، داء الأسطوانيات، داء المسلكات	أفنية المنازل، الحقول، المحاصيل	توفير المراحيض معالجة المفرغات البشرية قبل تطبيقها للأغراض الزراعية
كامنة، وتستطيع الصمود، تعمل البقر والخنازير كعوائل متوسطة (IV)	داء الشريطيات	أفنية المنازل، الحقول، المحاصيل	توفير المراحيض معالجة المفرغات البشرية قبل تطبيقها للأغراض الزراعية الطهي ومراقبة اللحوم
كامنة، وتستطيع الصمود، تحتاج إلى عائل (عوائل) متوسطة مائية (V)	داء متفرعات الخصية داء العوساء، داء المتورقات، داء قرصية البطن، داء الخيفانات، داء خلفية المناسل، داء متأخرات الخصية، داء جانبية المناسل، داء البلهارسيات	الماء	توفير المراحيض، معالجة المفرغات البشرية قبل تفريغها، التحكم بالمستودعات الحيوانية، التحكم بالعوائل المتوسطة، طهي الأسماك والنباتات المائية، تقليل الملامسة المباشرة للماء

المصدر: فتشام وزملاؤه (Feachem *etal.*, 1983).

الجدول (10-2): مدد بقاء الممرضات المفرغة (على درجة حرارة بين(20 –30)°م)

	مدة البقاء (أيـــــام)			
نوع الممرض	**السماد البشري والحمأة**	**المياه العذبة ومياه الصرف الصحي العادمة**	**في التربة**	**على المحاصيل**
الفيروسات				
الفيروسات المعوية	<100 (<20)*	<120 (<50)	<100 (<20)	<60 (<15)
الجراثيم				
قولونيات برازية	<90 (<50)	<60 (<30)	<70 (<20)	<30 (<15)
أنواع السلمونيلة	<60 (<30)	<60 (<30)	<70 (<20)	<10 (<5)
أنواع الشيغيلة	<30 (<10)	<30 (<10)	-	<5 (<2)
ضمة ا لهيضة (الكوليرا)	<30 (<5)	<30 (<10)	<20 (<10)	<10 (<2)
الحيوانات الأولية				
كيسات المتحولة الحالة للنسج	<30 (<15)	<30 (<15)	<20 (<10)	<60 (<30)
الديدان المعوية الطفيلية				
بيوض الصفر الخراطيني	عدة شهور	عدة شهور	عدة شهور	-

المصدر : فتشام وزملاؤه (Feachem *et. al.*, 1983).

*: الأرقام بين الأقواس تشير إلى مدة البقاء العادية.

4-10 دلائل إعادة استخدام المخلفات السائلة للزراعة وتربية الأحياء المائية

في ضوء ما ورد في الأجزاء السابقة، وبغض النظر عن مدد البقاء والمخاطر الصحية للممرضات المختلفة وتكرارية حدوث المرض أو العدوى؛ فقد أشارت الشواهد إلى أنه يمكن تصنيف الممرضات حسب المخاطر الصحية النسبية لها عند استخدام المفرغات البشرية غير المعالجة والمخلفات السائلة للزراعة وتربية الأحياء المائية، كما هو مبين في الجدول رقم (10-3) (Mara & Pearson, 1987). ويبين الجدول (10-4) دلائل النوعية الميكروبيولوجية لإعادة استخدام المخلفات السائلة للزراعة المعتمدة والموصى بها من منظمة الصحة العالمية (WHO,1988)، التي تبين أن المخاطر الصحية الحقيقية مرتبطة مع الديدان الممسودة المعوية والجراثيم المعوية، بينما أظهرت الفيروسات أثراً ضئيلاً على الصحة أو لم يكن لها خطر حقيقي.

وتبين هذه الدلائل ما يلي:

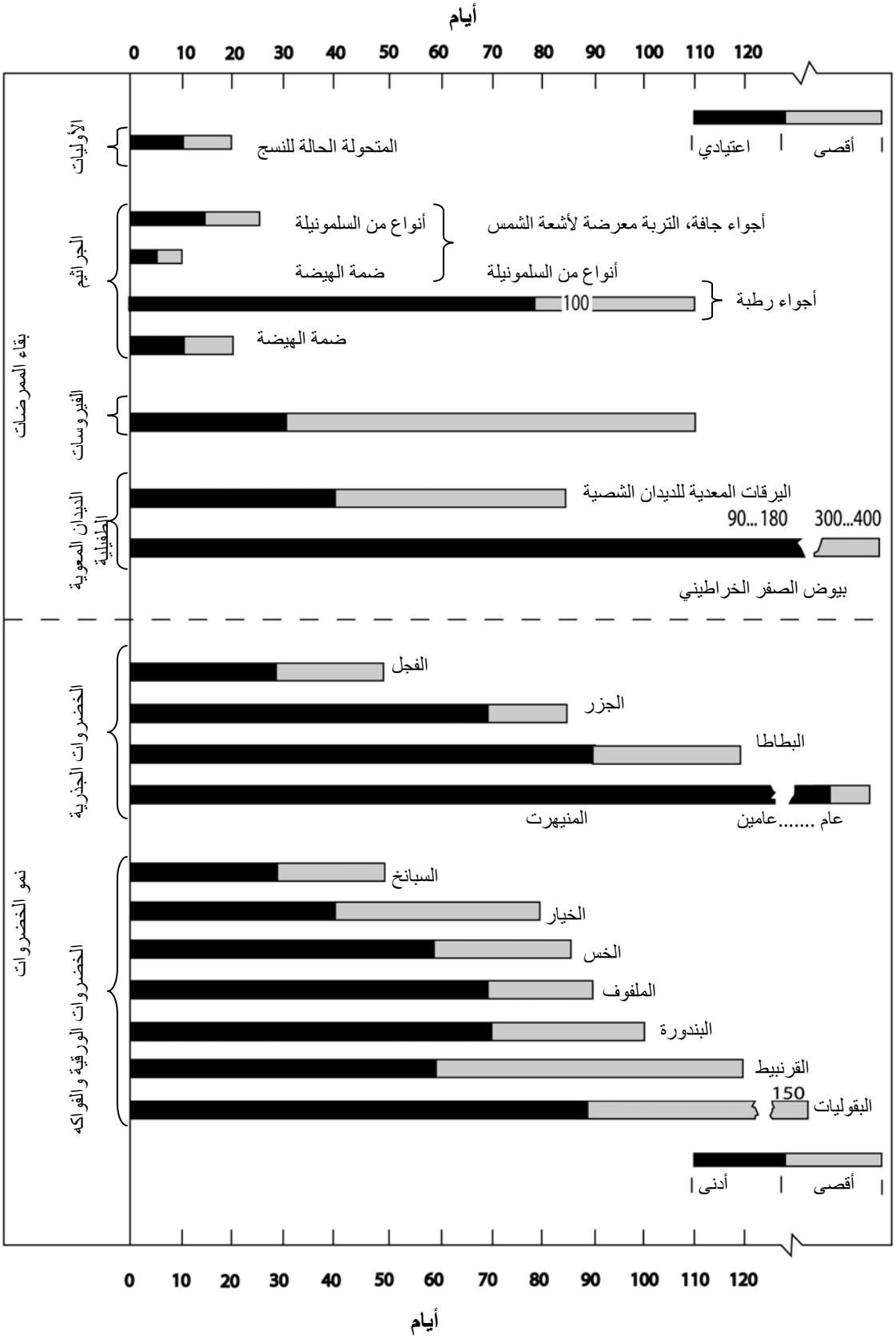
- إن أهم العوامل المؤثرة في صلاحية إعادة استخدام المخلفات السائلة هي الديدان الممسودة المعوية والقولونيات البرازية. وبناءً عليه، يجب أن تؤخذ هذه العوامل بالاعتبار من جانب مصمم محطات وأنظمة معالجة المخلفات السائلة لغرض إعادة استخدامها، باعتبارها أساساً مهماً.
- تعتمد هذه الدلائل على ظروف إعادة الاستخدام، وبناءً عليها تقسم إلى ثلاث فئات:

فئة أ: ملامسة مباشرة بين المحصول أو الماء والعمّال؛ المستهلكين؛ والجمهور.

فئة ب: الملامسة المباشرة تكون فقط بين العمّال والماء أو التربة.

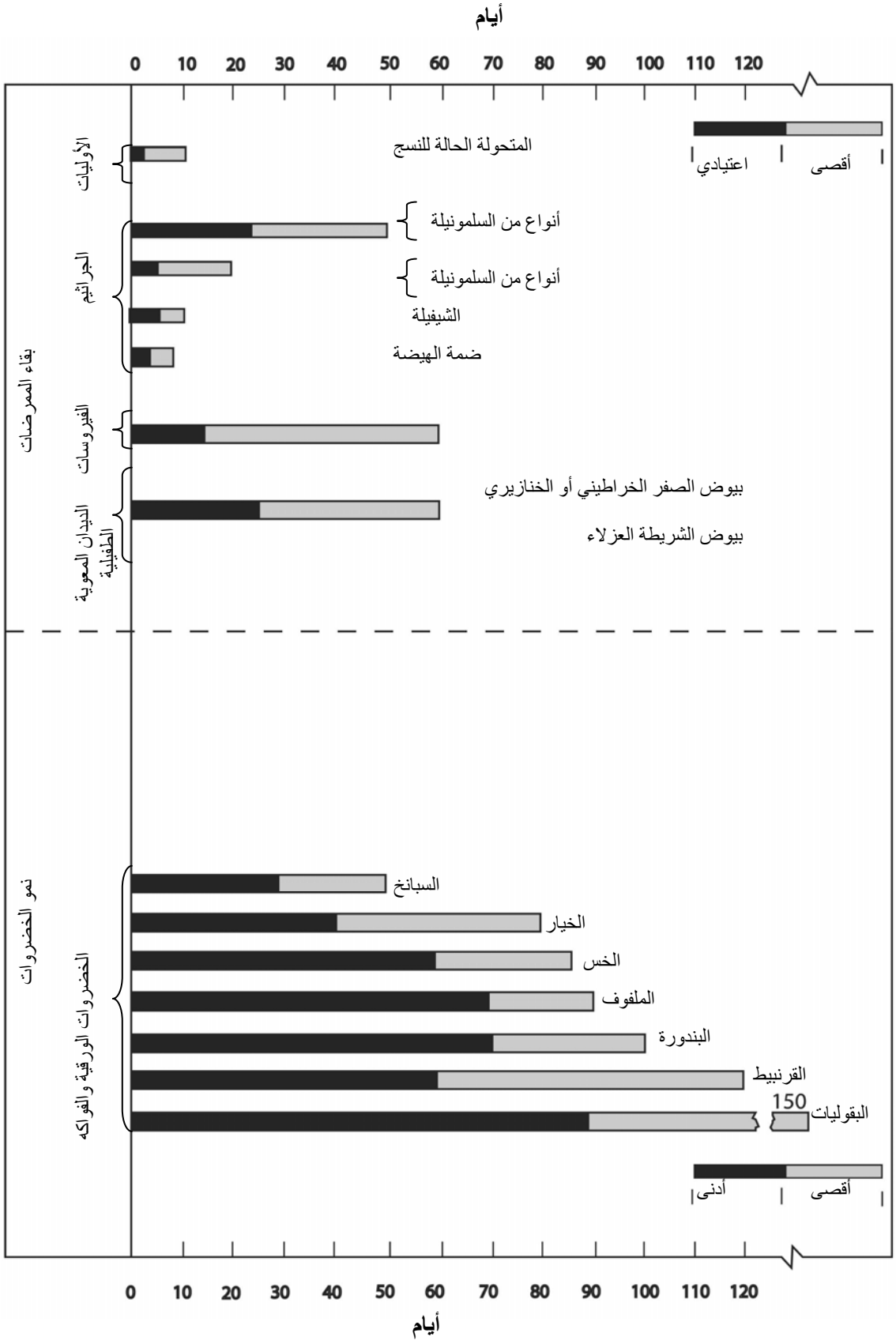
فئة ج: لا توجد ملامسة مباشرة بين العمال والماء أو التربة (مثل الغابات).

وتعتبر طريقة المعالجة باستخدام نظام برك تثبيت المخلفات السائلة طريقة المعالجة الوحيدة للمخلفات السائلة التي تفي بمتطلبات الفئتين (أ، ب) المدوّنة في الدلائل.



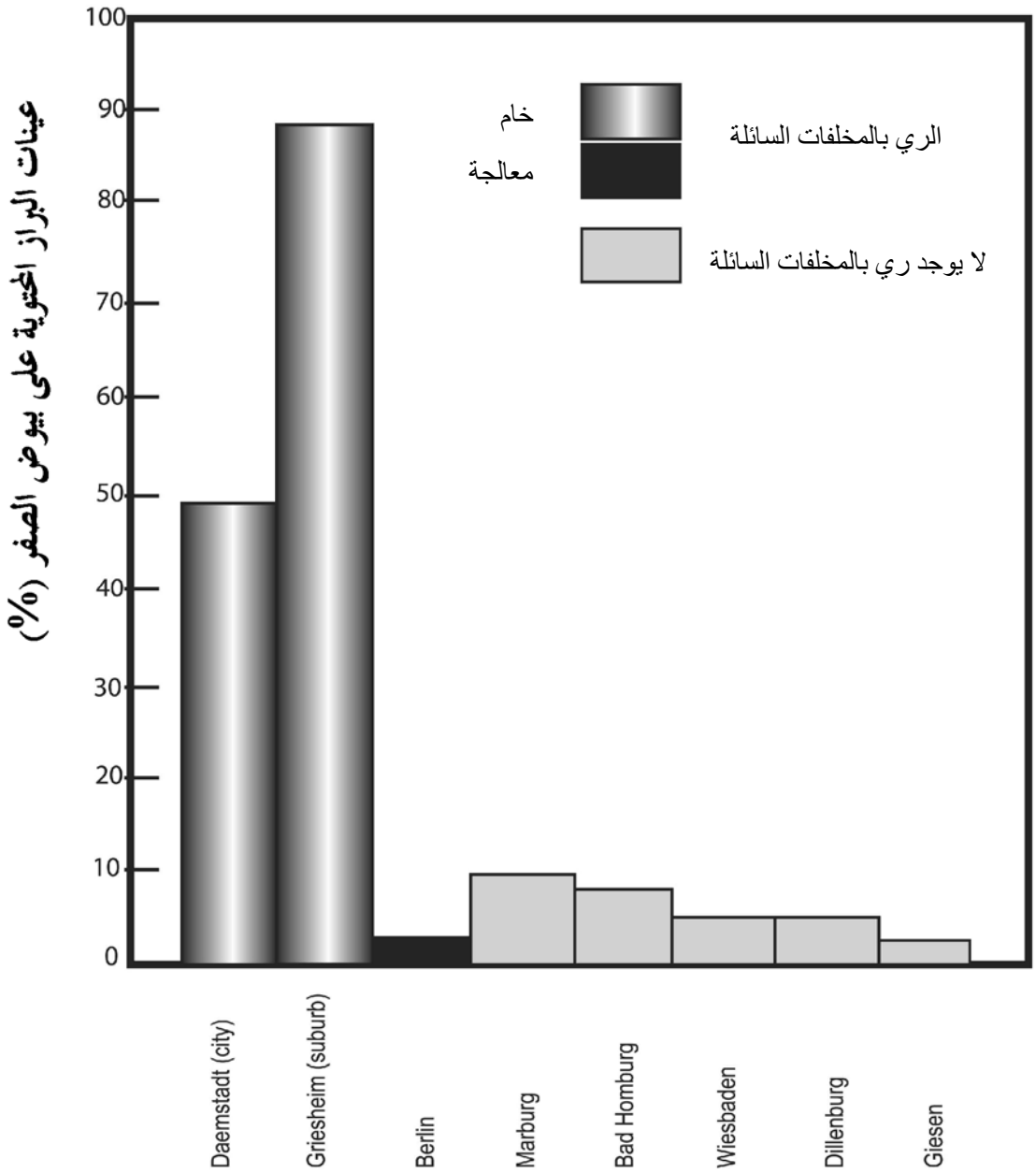
شكل 10-1: *بقاء الممرضات في التربة مقارنة مع فترات نمو الخضروات في المناخات الدافئة*

المصدر: Strauss, 1985



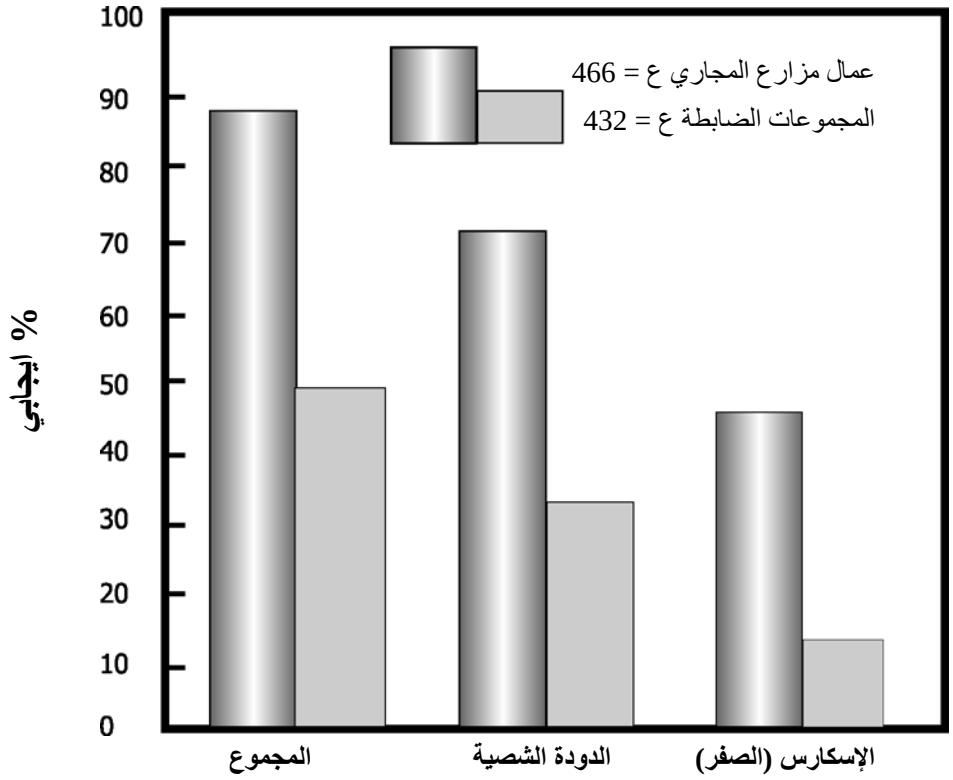
الشكل 10-2: *بقاء الممرضات على المحاصيل مقارنة مع فترات نمو الخضروات في المناخات الدافئة*

المصدر: Strauss, 1985



شكل 10-3: *ري محاصيل الخضروات بالمخلفات السائلة وانتشار داء الصفر في برلين الغربية وفي عدد من المدن في الجمهورية الألمانية الاتحادية عام 1949.*

المصدر: Shuval et. Al, (1986) بإذن من البنك الدولي



شكل 10-4: إنتشار العدوى بالدودة الشصية والصفر بين عمال المزارع المروية بمياه الصرف الصحي والمجموعات الضابطة في مختلف إقليم الهند.
المصدر: Shuval et. Al, (1986)

الجدول (10-3): المخاطر الصحية النسبية نتيجة إعادة استخدام المفرغات البشرية والمخلفات السائلة غير المعالجة في الزراعة ولأغراض تربية الأحياء المائية

صنف الممراض	الكمية النسبية لزيادة تكرار العدوى أو المرض
1- الديدان الممسودة المعوية الصفر الخراطيني المسلكة الملقوة الفتاكة	عاليـــة
2- الأمراض الجرثومية الإسهالات الجرثومية (مثال، التيفية، الهيضة)	منخفضـــة
3- الأمراض الفيروسية الإسهالات الفيروسية التهاب الكبد من نوع A	منخفضـــة
أمراض الديدان الشراطية والمثقوبة داء البلهارسيا داء متفرعات الخصية داء الشراطيات	من عالية إلى لا شئ، حسب الممارسة الخاصة باستخدام المفرغات البشرية والظروف المحلية

تجاهلت الدراسات فعلياً المستويات المنخفضة أو الظهور المتوطن للأمراض الفيروسية التي تنتقل بالماء لأسباب متعددة (USEPA, 1992 c) تشمل ما يلي:

- المعلومات المتوافرة تشير إلى أن الفيروسات تقل أو تثبط إلى مستويات منخفضة أو غير قليلة للقياس عند معالجة مناسبة للمخلفات السائلة، مثل: المعالجة بالتطهير، والترشيح.

- طرق كشف الفيروسات الحالية غير فعّالة للكشف بدقة عن تراكيز منخفضة من الفيروسات حتى في أحجام كبيرة من الماء.
- الأمراض الفيروسية المعوية غير واضحة، لذلك من الصعوبة بمكان تحديد توطنية هذه الأمراض.
- لا يوجد إجماع بين خبراء الفيروسات حول التأثيرات الصحية لوجود مستويات منخفضة من الفيروسات في المياه المعالجة.
- الطبيعة الظاهرية المنخفضة لمعظم أمراض الفيروسات المعوية تحول دون تقريرها من قبل المريض أو الطبيب المعالج.
- التقنيات الوبائية الحالية لا تكشف بدقة عن مستويات نقل منخفضة للأمراض الفيروسية بوساطة الماء. وتستغرق إجراءات الزراعة المخبرية المستخدمة لتحديد وجود أو خلو عينات الماء من الفيروسات حوالي 14 يوماً، بالإضافة إلى 14 يوماً أخرى للتعرف على الفيروسات. كما يقتضي ذلك استخدام التقنيات المخبرية المعقدة جنباً إلى مع ارتفاع التكلفة المادية ومحدودية الإمكانيات والحاجة إلى المعدات والخبرات اللازمة لإجراء التحاليل.
- لا تبقى الأضرار الناجمة عن الأمراض الفيروسية المعوية واضحة لعدة أشهر أو سنوات. ويتمثل الشكل الرئيسي لانتقال الأمراض الفيروسية المعوية وانتشارها بين الناس في الملامسة المباشرة بين شخص وآخر، مما يغيب دور الماء في انتقاله.
- لا توجد حالات لأمراض فيروسية موثقة ناتجة عن إعادة استخدام المخلفات السائلة في أي من عمليات إعادة الاستخدام في الولايات المتحدة الأمريكية.

الجدول (10-4): دلائل النوعية الميكروبيولوجية الموصى بها لأغراض استخدام المخلفات السائلة في الزراعة[1]

الفئة	ظروف إعادة الاستخدام	المجموعة المعرضة	الديدان الممسودة المعوية [ب](المتوسط الحسابي لعدد البيوض لكل لتر [ج])	القولونيات البرازية (المتوسط الهندسي لكل 100 مل [ج])	وسائل معالجة المخلفات السائلة المتوقع أن تحقق النوعية الميكروبيولوجية
أ	ري المحاصيل التي تؤكل دون طهي، الملاعب الرياضة و المتنزهات العامة [د]	العمّال والمستهلكون والجمهور	≥ 1	≤1000 [د]	سلسلة من برك التثبيت المصممة لتحقيق النوعية المطلوبة أو معالجة معادلة
ب	ري محاصيل الحبوب والمحاصيل الصناعية ومحاصيل العلف والأشجار والمراعي [هـ]	العمّال	≥ 1	لا يوصى بمعيار	الاحتجاز في برك التثبيت لمدة 8-10 أيام أو إزالة معادلة للديدان المعوية الطفيلية والقولونيات البرازية
ج	ري موضعي للمحاصيل في الفئة ب إذا لم يحدث تعرض بين العمّال والجمهور	لا أحد	لا ينطبق	لا ينطبق	معالجة أولية كما تتطلبها التقنية المستخدمة في الري، لكن لا تقل عن الترسيب الأولي

المصدر: منظمة الصحة العالمية (WHO, 1989).

أ- في حالات خاصة، يجب أن تؤخذ في الحسبان العوامل الوبائية، والظروف البيئية والاجتماعية الثقافية، وبناءً عليه تمت صياغة هذا الدليل.
ب- الصفر والمسلكة الشعرية الرأس والديدان الشصية.
ج - أثناء فترة الري.
د- دليل أكثر صرامة (اقل أو يساوي 200 قولونية برازية لكل 100 مل) ملائم للمروج والحدائق، مثل حدائق الفنادق التي يلامسها الجمهور بشكل مباشر.
هـ- في حالة أشجار الفاكهة، يجب أن يتوقف الري قبل قطاف الفاكهة بأسبوعين، ولا يسمح بقطف الفاكهة من الأرض. وأن لا يستخدم الري بالتنقيط.

10-4-1 التلوث البيئي بالطفيليات المعوية

إن درجة التلوث البيئي بنواتج الطفيليات المعوية ضخمة، وتعتمد بشكل كبير على طرق التخلص غير الملائمة للمفرغات البشرية. ويعاني 20% من مجموع سكان المنطقة من عدم توافر مياه صالحة ومأمونة، بينما يعاني 30% منهم من شح وسائل الإصحاح الآمنة.

ويتفاوت التلوث البيئي؛ ففي حالات داء الصفر، نجد أنه يتركز في الأفنية المحيطة بالمنازل حيث يكون الأطفال الصغار أهم ناشر لهذا المرض، بينما تنتشر بيوض الديدان الشصية نتيجة التلوث الذي يصيب المراهقين والبالغين على أطراف الحقول المحروثة.

وتعتبر قدرة إناث دودة الصفر (*Ascaris*) التكاثرية عالية جداً حيث تصل إلى 240000 بيضة لكل يوم، التي توازن الفقدان الكبير في عيوشية وعدوى هذه البيوض في البيئة.

ونتيجة لتعدد العوامل البيئية (مثل طبيعة الأراضي؛ والمناخ؛ ونوعية التربة) التي تنظم تجمعات بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) خارج العائل البشري، يشكل إشعاع الشمس أهم هذه العوامل على الإطلاق. وتستطيع بيوض دودة الصفر

الخراطيني (*A. lumbricoides*) البقاء معتمدة على تأثير أو غياب تأثير أحد هذه العوامل أو أكثر لمدة تزيد على ست سنوات في مناخ معتدل، لكن لا تزيد على عدة ساعات تحت ظروف مدارية.
وفي دراسة لتقصي بيوض الديدان المعوية الطفيلية في التربة في بولندا، وتحديداً داء الصفر، أظهرت وجود بيوض دودة الصفر (*Ascaris*) بمعدل 1.8 إلى 2.8 بيضة/ غم من التربة (WHO, 1981).

10-4-2 حدة أمراض الديدان المعوية الطفيلية وتفشّيها في المنطقة

بيّنت دراسة تمت بمدينة فاز أباد في أفغانستان، أن معدل تفشي داء الصفر عند الطلبة الذكور (أعمار 7 – 12 سنة) وصلت إلى 96.6%، في حين وصلت إلى 79.5% عند الطلبة الإناث في الفئة العمرية نفسها. وبلغ أعلى حد لتفشي داء الصفر عند الإناث في سن السابعة 87.05%، بينما بلغ أدنى حد عند الفتيـــات في سن الثانيــة عشرة 55.5% (Al Salem., 1996)
ولخصت دراسة قام بها شتايه وآخرون (Al-Shtayeh *et. al.*, 1989) بيانات متراكمة لست سنوات على 22970 عينة بنابلس، في فلسطين، وكانت: 177 حالة لداء الصفر لكل 1000 عينة، و 13 حالة لداء المسلكة لكل 1000 عينة.
أما الدراسات الإحصائية المتوافرة في الأردن؛ فقد تمت عام 1988 على حالات لداء الصفر من عينات مصابين زاروا المستشفيات لتشخيص أمراض غير طفيلية، إذ فحصت عينات البراز لديهم لتشخيص الديدان المعوية الطفيلية. وبلغت نسبة العينات الإيجابية 1% في مرضى تم فحص عينات البراز لديهم في المختبرات المركزية لوزارة الصحة، وبلغ تركيز بيوض الديـــدان المعويـــة الطفيليـــة 297 بيضة/ لتر عام 1988، من بينهـــا 245 بيضة صفر خراطيني (*A. lumbricoides*)/ لتر في مدينة عمان (Al-Salem,1989). بينما لم تكتشف أي بيوض للصفر في صبوب المخلفات السائلة لمدينة عمان عام 1998. وذكرت دراسة أجريت في قطاع غزة أن أكثر من 50% من الأطفال دون سن العاشرة مصابون بداء الصفر (Smith, 1990). كما أظهرت دراسة أخرى على 5727 عينة براز من ثلاثة مستشفيات في مدينة الرياض خلال عام 1986 (Abdel-Hafez *et. al.*, 1986) التراكيز التالية:
30 حالة داء الصفر/ 1000 عينة.
25 حالة داء المسلكة/ 1000 عينة.
4 حالة داء لديدان شصية/ 1000 عينة.

وأشارت دراسة على 252 شخصاً من مجتمعات ريفية في إيران عام 1982 إلى أن 216 شخصاً كانوا مصابين بداء الصفر (حوالي 85.7%) (Croll *etal.*, 1982).
وتوصلت دراسة حول الأمراض الطفيلية واستخدام مياه الصرف الصحي العادمة غير المعالجة لأغراض ري الخضراوات في سوريا أن مياه الصرف الصحي العادمة احتوت على 3345 بيضة صفر/ لتر في مدينة حلب، مما يشير إلى ارتفاع معدل ظهور بيوض الصفر، إذ يطرح 42% من مجموع سكان مدينة حلب ما معدله 800000 بيضة صفر يومياً لكل شخص في مفرغاتهم. وتعود العلاقة الكامنة وراء أعداد بيوض الصفر في مدينة حلب وري الخضراوات بمياه صرف صحي غير معالجة إلى أن عملية الري تكمّل الدورة بإعادة البيوض المفرغة ثانية إلى أفراد المجتمع بعد تناولهم للخضراوات المروية بالمياه غير المعالجة. من جانب آخر، أظهرت عينة لمياه صرف صحي غير المعاجة من الساحل السوري بمدينة اللاذقية احتواءها على 460 بيضة لدودة الصفر/ لتر. ويعود تدني أعداد بيوض دودة الصفر في مياه الصرف الصحي في مدينة اللاذقية إلى عدم استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة في الري (Bradly *et. al.*, 1981).
وفي مصر، وفي قرية ذات مصادر مياه محسنة وظروف إصحاح جيدة، وجد أن حدة وتفشي داء الصفر بلغت 50% بكثافة 4200 بيضة/ غم من مفرغات المصابين بهذا الداء. وهذه النسبة كانت أقل مـــن تلك التي وجدت في القـــرى التي تفتقـــر إلى ظروف إصحـــاح محسنّة (حيث بلغـــت 76% بكثـــافة 6900 بيضة/ غم) (Chandler, 1954).
وفي دراسة وبائية حول تفشي الأمراض الطفيلية بين طلاب المدارس في منطقة البطينة في جنوب عُمان؛ أظهرت إصابة 19% من طلاب المدارس بالمحرشفة القزمة (*Hymenolepis nana*). بينما كانت نسبة الإصابة بالصفر الخراطيني قليلة نسبياً، وبلغت 0.1%، كما بلغت الإصابة بالإسطوانيات 5 لكل 1000 من طلاب المدارس (Al-Salem, 1998).

10-4-3 الدلائل المؤقتة لنوعية السيب المستخدمة في تربية الأحياء المائية

فيما يلي المعايير أو الدلائل اللازم توافرها عند استخدام مياه السيب المعالجة في تربية الأحياء المائية:
نسبة القولوينات البرازية (أ، ب) < 1$\underline{0}$4 / 100 مل
أعداد بيوض المثقوبات العيوشة (ج) صفر (د)

أ. المزيد من الإجراءات الصحية لازمة للسكان لتأكيد المحافظة على درجات عالية من النظافة خلال عملية تربية الأسماك وإزالة أحشائها.
ب. المتوسط الهندسي.
ج. انعدام وجود بيوض مثقوبات عيوشة، التي تشمل دورة الحياة لديها وجود ماكروفايتك مائي.
د. يمكن تحقيقها باستخدام برك تثبيت المعالجة.

5-10 التدابير المستخدمة لتقليل المخاطر الصحية نتيجة إعادة استخدام المخلفات السائلة

وتشمل التدابير الرئيسية المتبعة لحماية المستهلكين والعاملين من المخاطر الصحية الناجمة عن إعادة استخدام المخلفات السائلة ما يلي:

1. نوع المعالجة ومستواها.
2. طريقة التطبيق.
3. اختيار المحصول.
4. التعرض البشري.

10-5-1 نوع المعالجة ومستواها

يشترط أن يفي نوع المعالجة ومستواها بمتطلبات الدلائل الخاصة بنوع نظام إعادة الاستخدام. والهدف الرئيسي لمعالجة المخلفات السائلة لأغراض إعادة الاستخدام هو التقليل من الممرضات إلى المستويات المقبولة. ويمكن تحقيق ذلك فقط باستخدام أنظمة معالجة لائقة من ناحيتي التصميم والتشغيل فيما يتعلق ببرك تثبيت المخلفات السائلة. إذ إن لهذه الأنظمة فترات مكث طويلة نسبياً بالإضافة إلى سرعات أفقية بطيئة جداً. لذلك تزداد فرصة موت الممرضات وترسب بيوض الديدان المعوية الطفيلية.

10-5-2 طريقة التطبيق

تعود لنوعية نظام الري، مثل الري الموضعي، القدرة على توفير بعض الحماية ضد التلوث. ويستطيع أن يعطي هذا النظام أعلى درجات الحماية الصحية، وهو أكثر كفاءة لاستخدام المياه، وزيادة الإنتاج الزراعي.

10-5-3 اختيار المحصول

تؤثر المخاطر الصحية المرتبطة باختيار المحاصيل في المستهلكين والعمّال، وهنالك حاجة إلى تقليل فعّال للممرضات عند زراعة محاصيل جاهزة للاستهلاك دون أي معاملة إضافية.

10-5-4 التعرض البشري

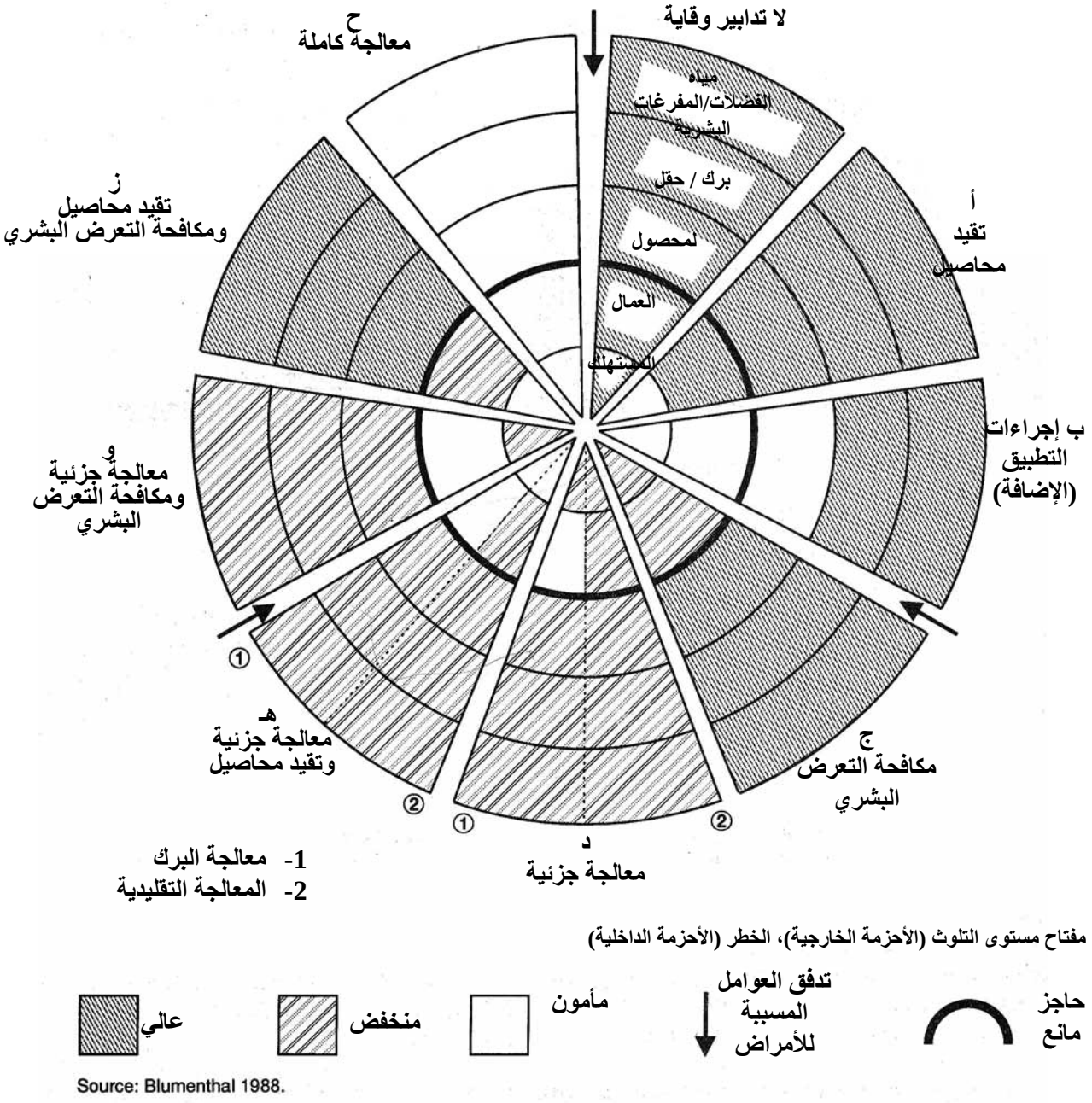
الاختيار الدقيق وتسييج المواقع التي تستخدم فيها أنظمة الري بالمخلفات السائلة هما اللذان يلزمان لحماية الأشخاص من الملامسة المباشرة بالممرضات الموجودة في مياه الري. ويمكن حماية عمّال الحقول ومتداولو المحاصيل بإرتداء ملابس مناسبة.

10-6 تكامل الإجراءات المختلفة للحماية الصحية (منظمة الصحة العالمية، 1998)

تبدو عملية معالجة المخلفات السائلة عند المخططين وصنّاع القرار وكأنها عملية سهلة ومباشرة، إذ تستوجب سبلاً واضحة للحماية الصحية، ولا تحتاج بعد ذلك إلاّ إلى تقييد المحصول. ولكن من الصعوبة بمكان لكلا الإجراءين التحقيق الكامل لهذا الهدف، وذلك لارتباطهما أولاً بالتكلفة المادية ومشاكل التشغيل والصيانة، ثم لندرة الأسواق المناسبة للمنتجات الخاصة بالإضافة إلى التقييدات المؤسسية والقانونية. ويجب أن يؤخذ بالاعتبار أن آثار تطبيق المعايير المنفصلة على الحماية الصحية، وعلى الرغم من كونها ليست اقتصادية، هي آثار جزئية فقط. فإذا طبق إجراء تقييد المحاصيل على سبيل المثال، فذلك يعني حماية المستهلكين وليس حماية عمال المزارع وعائلاتهم من المخاطر الصحية الناجمة عن إعادة استخدام المياه المعالجة. أعتمد أنموذج عام بهدف تحليل الإجراءات المختلفة تحت نمط متكامل للحصول على فعالية كاملة في تحقيق الحماية الصحية. وأعد هذا الأنموذج لمساعدة صنّاع القرار في وضع الخيارات الممكنة لحماية عمّال المزارع ومستهلكو المحاصيل مع إتاحة المجال لردود مرنة في الحالات المختلفة.

ويمكن أخذ كل حالة منفصلة بالاعتبار، واتخاذ الخيار المناسب اعتماداً على العوامل الاقتصادية؛ والثقافية؛ والتقنية. ويوضح الشكل (10-5) التصوّر البياني لهذا الأنموذج.

وتم افتراض أن تدفق الممرضات إلى مركز الدائرة يكون من خلال اختراق خمسة أطواق متحدة المركز التي تمثل المخلفات السائلة للمفرغات والحقل والبركة والمحصول والعمّال والمستهلكين. وتمثل الدائرة السميكة السوداء الحد الذي لا يمكن للممرضات تجاوزه إذا تمت الحماية الصحية. وتمثل كثافة التظليل مستوى التلوث في المخلفات السائلة والحقول والمحاصيل أو مستوى المخاطر الصحية على العمال والمستهلكين. وتشير المساحات البيضاء في الأطواق الخارجية الثلاثة إلى عدم وجود أهمية لمستوى التلوث، وإلى عدم وجود مخاطر صحية على الإنسان في الأطواق الداخلية. وهذا يؤكد أن هذه الخطة تؤدي إلى استخدام آمن للمخلفات السائلة.



شكل 10-5: *نموذج يوضح بصورة عامة تأثير مختلف تدابير المكافحة في خفض الأخطار الصحية من إعادة استعمال المخلفات السائلة*

المصدر: WHO, (1989)

وإذا لم تتخذ الإجراءات اللازمة لتأمين الحماية الصحية، فذلك يعني تعرض العاملين والمستهلكين لهذه المحاصيل إلى مخاطر صحية نتيجة ارتفاع مستوى التلوث. وعند افتراض تطبيق إجراء تقييد للمحاصيل (نظام (أ)، انظر الشكل (10-5)) فإن المستهلكين للمحاصيل سيكونون في أمان، ولكن العمال سيكونون في مستوى عالٍ من خطر الإصابة. ويفترض نظام (ب) أن تطبيق المخلفات السائلة سيكون خلال الطبقة تحت السطحية للري الموضعي لتجنب تلويث المحاصيل، الأمر الذي سيؤدي إلى توفير حماية فعلية للعمّال والمستهلكين على السواء.

إذا تم افتراض أن الإجراء الوحيد المتخذ للحماية الصحية هو ضبط التعرض البشري للممرضات فهنالك فرصة لتعرض العمّال والمستهلكين لنفس المخاطر الصحية، إذ نادراً ما تؤثر بعض هذه الإجراءات بشكل كامل. ويفترض نظام (د) معالجة جزئية للمخلفات السائلة بوساطة نظام البرك (D-I) أو الأنظمة التقليدية (D-II). إذ توفر برك تثبيت المخلفات السائلة ذات فترات مكث بين 8 و 13 يوماً إزالة جيدة لبيوض الديدان المعوية الطفيلية، وبالتالي توفير حماية صحية للعمال. إلا أن الخطر الصحي سيكون قائماً على المستهلكين، إذ إن تقليل الجراثيم لن يكون كافياً لتحقيق الدلائل المنصوص عليها. ولا توفر أنظمة المعالجة التقليدية إزالة كافية لبيوض الديدان المعوية الطفيلية، وما تزال هنالك فرصة لتعرض العمّال والمستهلكين لمخاطر صحية عند استخدام المياه المعالجة. وتعتبر الأنظمة الثلاثة التالية (هـ، و، ز) مثالاً لإجراءات حماية متوافقة. حيث يشمل نظام (هـ) معالجة جزئية؛ وتقييد للمحاصيل. وفي مثل هذه الحالة، يمكن توفير حماية للمستهلكين، بينما لا تتحقق الحماية الكاملة للعمّال إلاّ باستخدام أنظمة معالجة البرك لمعالجة المخلفات السائلة. ويضاف ضبط التعرض البشري في نظام (و) إلى المعالجة الجزئية. إذ يمكن أن يؤدي توافق هذين الإجراءين إلى حماية كاملة للعمّال مع إحتمالية قليلة لإحداث مخاطر صحية على المستهلكين. ويوّفر ارتباط إجراء تقييد المحاصيل وضبط التعرض البشري في نظام (ز) حماية كاملة للمتسهلكين، مع وجود احتمالية قليلة لإحداث مخاطر صحية على العمّال.

أخيراً، يشمل نظام (ح) معالجة كاملة للمخلفات السائلة، التي توفر حماية كاملة للمستهلكين والعمّال على السواء. وتعتمد ملاءمة وفعالية أي إجراءات متوافقة على عدة عوامل محلية، التي تؤخذ بالاعتبار قبل الاختيار النهائي. وتشمل هذه العوامل:

1. توافر الموارد (المعاهد؛ الكوادر؛ والمخصصات المالية).
2. وجود الإجراءات الاجتماعية والزراعية.
3. وجود أنماط لأمراض مرتبطة بالمفرغات البشرية.

10-7 قضايا صحية خاصة

نشرت منظمة الصحة العالمية عام 1989 دلائل جديدة لاستخدام المخلفات السائلة في الزراعة وتربية الأحياء المائية. انظر الجدول (10-4) (WHO, 1989). واشتملت هذه الدلائل بعداً جديداً لم يكن له اهتمام في الدلائل السابقة التي نشرتها منظمة الصحة العالمية (WHO,1973). وتشتمل الدلائل الجديدة على معايير النوعية الميكروبيولوجية لإعادة استخدام المخلفات السائلة في ري المحاصيل التي تؤكل نيئة أو مطهية؛ والملاعب الرياضية؛ والمتنزهات العمومية؛ ومحاصيل الحبوب؛ والمحاصيل الصناعية؛ والأعلاف؛ والأشجار. وتنص هذه الدلائل الجديدة على أن لا يزيد عدد بيوض الديدان المعوية الطفيلية في المخلفات السائلة عن بيضة واحدة لكل لتر، وأن لا تزيد عدد القولونيات البرازية عن 1000 لكل 100 مل في المخلفات السائلة التي تستخدم لري محاصيل الخضراوات التي تؤكل نيئة.
كما ونصت دلائل منظمة الصحة العالمية عام 1989 المتعلقة باستخدام المخلفات السائلة في الزراعة وتربية الأحياء المائية على:
" إن وجود الديدان الطليقة والمراحل اليرقية بأعداد كبيرة أحياناً في سيب برك تثبيت المخلفات السائلة لا يعتبر ذا أهمية صحية للجمهور، كون هذه الكائنات غير ممرضة للإنسان".
ويسري هذا التصريح على جميع الديدان الطفيلية الممرضة والمفرغة في البراز باستثناء الأسطوانيات البرازية (*Strongyloides stercoralis*) (الأقصور) والسرمية الدودية (*Enterobius vermicularis*) (الأقصورة) التي لا تطرح بيوضها في البراز بشكل طبيعي. وهنالك أهمية صحية صغيرة للأقصورة (الدودة الدبوسية) للجمهور، حيث إنها لا تسبب اعتلالاً حقيقياً للإنسان. وتعتبر عدوى الديدان الأسطوانية (*Strongyloides*) خطيرة، وبخاصة للأفراد الذين يعانون من نقص التغذية ونقص المناعة. وتتفشى عدوى الديدان الأسطوانية عندما تضعف المقاومة المناعية للجسم، حيث تكون العدوى قاتلة عندما تهاجم اليرقات معظم أعضاء الجسم (Feachem, 1983). إن نمط انتقال اليرقات الخيطية (الفيلارية) الشكل المسببة لداء الأسطوانيات، التي تتطور في معظم أنواع التربة الملوثة بالبراز يكون باختراق الجلد (عادة في القدم) والدخول إلى الدورة الدموية الوريدية ثم الانتقال إلى الرئة. وتدخل اليرقات الحويصلات الهوائية للرئة، ومنها تنتقل عبر الشعيبات الهوائية ثم الشعب الهوائية إلى القصبة الهوائية منها إلى البلعوم حيث تبلغ وتتحول اليرقات بعدها إلى طور يرقي متقدم ومن ثم إلى ديدان بالغة في الأمعاء، وتضع الديدان البالغة بيوضاً لا تلبث أن تفقس وتطلق اليرقات العصوية الشكل (الرابدتية) غير المعدية التي تنزح إلى التجويف المعوي، ثم تغادر العائل عن طريق البراز، وتتطور إما إلى يرقات خيطية الشكل (فيلارية) معدية التي يمكن أن تصيب العائل نفسه أو عائل جديد، أو إلى ديدان بالغة طليقة بعد وصولها إلى التربة (Benenson, 1985).

إضافة إلى ذلك، فقد ذكر فيشـــام وزمـــلاؤه (Feachem *et. al.*, 1983) بأن " الـــدودة الإسطوانية البرازيـة هـي دودة ممسودة صـغيرة تتطفل علـى الإنـسان. حيـث يبلـغ طـول الأنثـى البالغـة حـوالي 2 – 2.5 ملـم، وتعيش منغمـدة فـي الغشاء المخاطي للأمعاء الدقيقة".

وبيوض الدودة الأسطوانية بيضاوية الشكل بقياس 50 – 60 مكم في 30 – 35 مكم، ونادراً مـا تلاحظ هذه البيوض؛ لأنها تفقس وتنتج يرقات لتنتقل بعدها عن طريق البراز. وتعيش الإسطوانيات البرازيـــة (*S. stercoralis*) فـي المخلفات البشرية والحمأة كيرقات ضعيفة، وليست كبيوض تستطيع الصمود. وتبتدئ العدوى باختراق يرقة وحيدة. ولأن الدودة الأسطوانية البرازية تمثل خطراً صحياً حقيقياً؛ فيوصـى بإزالتها أو التخلص من 100% منها. وهذا يعني الحصول على تركيز (صفر) من يرقات الدودة الأسطوانية البرازيـة لكل لتر حيث أن يرقة وحيدة قادرة على التسبب بإحداث عدوى بمجرد اختراقها لجلد العائل. وتصل مدة العدوى حسب وجود ديدان حية في الأمعـاء إلى أكثر من 35 سنة (Benenson, 1985) مع الأخـــذ بالاعتبـــار تعطيل هذه الديدان في عمليات معالجـة المخلفات حيث لا توجد أي دراسات مدوّنة حتى الآن (Feachem *et. al.*, 1983).

بيد أن هنالك اقتراحاً تم تطبيقه في سويسرا وألمانيا، وذلك ببسترة الحمأة على درجة 70°م لمدة 30 دقيقة للحصول على درجة أمان كافية. " يمكن تقليل الممرضات باستخدام المرشحات الرملية ولكن ليس بشكل فعلي ولا يحقق الكفاءة المطلوبة لاستخدام المرشحات لغاية تقليل الممرضات، حيث إن معظم بيوض الديدان الممسودة لا تتضرر بالكامل بكلورة السيب (Feachem *et. al.*, 1983).

وتم تأكيد هذا الأمر بدراسة أجريت في الأردن وبأداء محطة تنقية في البحرين التي تستخدم المرشحات الثنائية؛ والكلورة؛ وغاز الأوزون (Al-Salem, 1992 C).

لا توجد، إلى حد ما، طريقة معالجة ملائمة ومضمونة لتعطيل مياه الصرف الصحي العادمة أو الحمأة. ويوصى باتباع إجراءات الحماية، وذلك بارتداء الأحذية؛ والقفازات؛ ودفن الحمأة إلى عمق لا يقل عن 0.5م عن السطح؛ والتوقف عن ري المحاصيل قبل الحصاد بفترة لا تقل عن ثلاثة أسابيع.

معجم المصطلحات

أحياء مائية	أحياء تعيش أو تنمو في الماء.
إزالة الحمأة	إزالة الحمأة المتراكمة من أحواض الإنضاج وغيرها.
إزالة الماء	عملية يتم فيها، نزح الماء من الحمأة ليتكون ما يعرف بالردغة أو الكتلة المتراصة. بعد هذه العملية، يمكن أن تحتوي الحمأة على ما نسبتة 80 % او اكثر من الماء. تشمل الطرق المستخدمة إزالة الماء بقوة الجاذبية والتجفيف الهوائي والترشيح بالضغط والنبذ بالقوة النابذة والترشيح الخوائي.
البيضة (ج. بيوض)	خلية توالدية أنثوية (يستخدم هذا التعبير بديلا لكلمة بيضة (Egg))
البيضة المتطورة جنينياً	بيضة تحتوي بداخلها حيا مصغّرا.
البيضة	طور تكاثري تضعه الدودة عادةً بعد إخصاب الحيوان المنوي للمشيج الأنثوي، وتكوين خلية لاقحة (Zygote) التي ما تلبث أن تنقسم إلى عدة خلايا يحيط بها عدة طبقات حافظة. وتضع بعض الديدان التي تتكاثر تكاثراً عذرياً بيوضاً غير مخصبة.
بيضة عيّوشة (Viable egg)	بيضة لها القدرة على التنفس والانقسام الخلوي والتطور إلى يرقات ومنها إلى ديدان بالغة.
بيضة حية (Living or Vital egg)	بيضة لها القدرة على التنفس وليست لها القدرة على الانقسام الخلوي والتطور إلى يرقات.
التدبل	عملية تخمر هوائي للمخلفات العضوية التي تشمل المخلفات المنزلية (النفايات). تضاف الحمأة الناتجة من مياه الصرف الصحي العادمة الى مواد مالئة تحتوي على عنصر الكربون مثل: القش؛ أو نشارة الخشب؛ أو قطع الخشب الصغيرة لتقليل مستوى السائل الموجود في إطار هذه العملية.
الترسب النوعي	نسبة كثافة محلول ملحي مائي إلى كثافة الماء النقي.
الترسيب	عملية تسمح للجزيئات الصلبة بالترسب من مستعلق في سائل معين.
التصفية	عملية إزالة الكدارة أو العكورة أو المواد العالقة من مياه الصرف الصحي العادمة أو المياه، وجعلها أكثر شفافية.
التعويم	هي عملية تغير في الثقل النوعي لجسيمات مادة معلقة في محلول، تتسبب في رفع تلك المواد إلى السطح لجعل إزالتها بالقشد عملية سهلة. ويستحسن عند التعامل مع الحمأة المنشطة ادخال فقاعات هواء في طبقة الحماة، وذلك لتسهيل ولإجبار جسيماتها على العوم إلى سطح السائل. ويمكن تطبيق هذا الإجراء على المخلفات الزيتية لإجبار جسيمات الزيت للعوم على سطح السائل.
التلوث	وجود مواد غريبة او غير مرغوبة في عنصر معين. ويعتبر الماء غير صالح للاستخدامات المتعددة عند وجود تراكيز أعلى من المستويات الموصى بها من المواد الملوثة، والأحياء الدقيقة أو المواد الكيميائية.
الجرعة المسببة للعدوى	عدد الأحياء الممرضة التي يجب أن تدخل الجسم في آن واحد لكي تسبب العدوى.
الحاجة الكيميائية الحيوية للأوكسيجين (BOD)	كمية الأوكسجين الذائب المستهلك من النشاط الحيوي الدقيق، وذلك عند حضانة العينة في الظلام، عادة لمدة 5 أيام على درجة 20°م. يمكن استخدام وحدة معالجة هوائية لإضعاف الاستهلاك بعملية النترجة.
الحلقيات	شعبة من الحيوانات اللافقارية، وهي فصيلة من الديدان تشمل الخراطين المؤلفة من الحلقات المتتالية (*Oligochaeta*) والعلق (*Hirudinea*) .
الحمأة الأولية	حمأة تشكلت من جوامد (المواد الصلبة) مياه الصرف الصحي العادمة التي أزيلت بالترسيب في حوض ترسيب أولي.
الحمأة المنشطة	طريقة متعارف عليها لمعالجة مياه الصرف الصحي العادمة. وهي عملية ترسيب تدريجي لمياه الصرف العادمة تتم اما بإثارة آلية أو بوساطة التهوية الموسعة. وتجري إزالة الجراثيم التي تنمو في الوسط جنباً الى جنب مع المواد الصلبة الأخرى من خلال ما يعرف بالحمأة في أحواض الترسيب الثانوية، وإعادة تدويرها الى مدخل حوض التهوية.
الحمأة المهضومة	الحمأة التي تم تعريضها إما للهضم الهوائي او اللاهوائي، ومعالجتها بهدف تقليل تراكيز المواد العضوية فيها.
الحمأة	الجوامد (المواد الصلبة) المتراكمة المفصولة عن مياه الصرف الصحي العادمة أثناء عملية المعالجة.
الحمل (Burden)	عدد الديدان الطفيلية التي يمكن ان تصيب الفرد الواحد. وتعرف أيضاً بشدة الاصابة او الخمج.
الخطر الحقيقي	احتمالية إحداث مرض معين من فرد في فترة زمنية معينة.
الخطر الكامن	فرصة حدوث عدوى أو مرض معين غير موجود في الوقت الحالي.
الدودة السرمية	دودة دائرية، طفيلية للإنسان، توجد بويضاتها في مياه الصرف الصحي العادمة.
الدودة الشريطية	اسم الجنس للدودة الطفيلية الشريطية.
الدودة الشصية (الخطافية)	ديدان دائرية ممسودة، تكون أجزاء الفم فيها مسلحة بكلابات (شصوص) في مرحلة البلوغ، وهي طفيلية على الثدييات، ومن ضمنها الإنسان، وذلك بالتصاقها على جدار الأمعاء الداخلية.
الدودة الطفيلية	دودة دائرية ممسودة او شراطية او مثقوبة.
الدودة المسلكة	اسم الجنس للدودة الطفيلية المدورة والمتعارف عليها باسم المسوطات.
الدودة الممسودة (المدورة)	دودة مدورة غير مقطعة من شعبة الممسودات وقد تكون طفيلية أو طليقة.
الري غيرالمقيد	ري المراعي والأشجار وأشجار الفاكهة والمحاصيل التي يمكن تصنيعها أواستخدامها أعلافاً.
الري المقيد	ري المحاصيل التي تؤكل بغير طهي، واسخدامات المياه للملاعب الرياضية والمتنزهات العمومية.
السائل الطافي	السائل أو القسم العلوي من العينة بعد ترسيب المواد الصلبة منها.
الساترة الزجاجية (Cover Slips)	قطعة زجاجية رقيقة توضع فوق العينة المحضرة على الشريحة الزجاجية المجهرية.
السماد المخلط (Compost)	دبال ناتج عن تحلل المواد المفرغة (الروث) الممزوجة بمواد عضوية غنية بالكربون(أوراق شجر مينة).
السيب (Effluent)	المياه المعالجة الخارجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي العادمة.

الشبّ	كبريتات الألمنيوم المائية ($AL_2(SO_4)_3. 18H_2O$)، ويستخدم باعتباره عاملاً مخثراً.
الشريطية	دودة مسطحة طفيلية لها جسم شريطي مقطّع.
الصبوب (Influent)	ماء أو مياه صرف صحي عادمة أو غيرها من السوائل غير المعالجة أو المعالجة جزئياً، المتدفقة إلى قسم من أقسام محطة المعالجة.
الصفق (Decantation)	تفريغ الطبقات العليا من السائل بعد عملية الترسيب لهذا السائل الذي يحتوي على مواد صلبة أو بعد فصل سائل ذي كثافة أعلى.
الصمود	الزمن الأقصى لبقاء المرحلة المعدية الأخيرة.
العدسة الشيئية	العدسة المجهرية التي تكون فوق النموذج أو الشيء المراد فحصه.
العينة المركبة	هي مجموع عينات مفردة تم جمعها في اوقات مختارة، مثال: جمع عينة كل ساعة لمدة 24 ساعة، وذلك للحصول على عينة ممثلة للمحتوى عبر فترات من الزمن. وبذلك نتجنب تحليل عدد كبير من العينات المجلوبة في أوقات تمثل الفترة الكلية (24 ساعة) ويمكن ان تكون العينات المفردة متساوية في الأحجام، ويفضل أن تكون متناسبة مع كمية التدفق اثناء عملية جلب العينة.
العينة المفردة	عينة مأخوذة بغير اعتبار لزمن أو لمكان أو لسرعة تدفق، وتسمى اصطلاحاً "العينة الموضعية".
الفعّالية	معدّل المخرجات إلى المدخلات الكاملة، ويعبر عنها بالنسبة المئوية.
الكثافة	كتلة المادة لكل وحدة حجم.
الكلور	غاز أصفر مخضر، ذو كثافة 2.5 مرة عن الهواء العادي، ويمكن اذابته في الماء وإضافته إلى المخلفات السائلة المنزلية أو الصناعية تجنباً للتعفن، أو إلى المياه المتدفقة من محطات التنقية لغايات التطهير.
الكمون	الحد الأدنى من الزمن بين إفراغ الإنسان للممرض واحتمالية عودة العدوى له. فترة الكمون للممرض هي الزمن اللازم لتطوره في البيئة قبل تسببه بالعدوى.
اللافقاريات	حيوانات لا تمتلك عموداً فقارياً.
المتباين الطور	ضرب من الفحص المجهري يستخدم مكثفاً خاصاً لإنتاج إنارة لا مباشرة.
المثقبات(المثقوبات)	ديدان عريضة طفيلية من شعبة العريضات صنف المثقوبات، مثال، المنشقة(*Schistosoma*) التي تسبب مرض البلهارسيا عند الإنسان. ولديها مراحل برقية وعائل، إحداها القوقع المائي.
المثقوبة	دودة مسطحة طفيلية لها جسم غير مقطع تشمل الديدان الطفيلية المسماة بالديدان المثقوبة. وهنالك مراحل وسيطية للمثقوبات ذات الأهمية الطبية في القواقع، مثال: المنشقة .(*Schistosoma*)
المجرور (البالوعة)	ماسورة تحتوي على مياه الصرف الصحي العادمة والمخلفات السائلة.
المجهر الضوئي	مجهر تقليدي، وهو مجهر مركب، ومصدر ضوء نافذ.
المخلفات السائلة	الفضلات السائلة المفرغة من المنازل، والمنشآت التجارية وما يشبهها في أنظمة تصريف فردية أو مواسير المجارير البلدية، وتتكون أساساً من مفرغات بشرية ومياه مستخدمة، وقد تحتوي على كميات صغيرة من الفضلات الصناعية.
المذنبة البقرية	الطور البرقي للدودة الشريطية الطفيلية (الشريطية العزلاء)، ويوجد في عضلات الأبقار.
المذنبة	الطور المائي للديدان الطفيلية المثقوبة. وتعد القواقع المائية العائل المتوسط للدودة إذ تنتقل المذنبة من القوقع الى الماء، ثم تدخل إلى العائل الثدي الذي يكون الإنسان في بعض الحالات، مسببة أمراضاً مثل البلهارسيا.
المرحلة المذنبة	الحالة الإمراضية البقرية للدودة الشريطية (*Taenia*) وهي الطور اليرقي لها الذي يوجد في عضلات الأبقار.
المسيل	أداة لقياس الثقل النوعي للسوائل الأثقل من الماء، مدرّجة من 1000 إلى 1620، ومكوّنة من مادة متعددة التكرين.
المعالجة التقليدية	عمليات معالجة المخلفات السائلة المستخدمة بشكل روتيني في أوروبا، وتشمل: الترشيح الحيوي؛ والحمأة النشطة؛ وخنادق التأكسد. ولا تزيد فترات المكث لهذه العمليات في العادة، عن عدة ساعات، ولا تعتبر هذه الفترات فعالة لإزالة بيوض الديدان الطفيلية.
المعالجة الكيميائية	استخدام مادة او مواد كيميائية في معالجة المخلفات السائلة او الحمأة، مثال: التخثير؛ المعادلة؛ وعملية تهيئة الحمأة.
المفرغات (المخلفات) البشرية (Nightsoil)	المفرغات البشرية المنقولة دون ثج الماء منها.
المفرغات البشرية (البراز، والبول)	ويشير المصطلح في هذا الدليل الى الحمأة والسماد البشري (الغائط البشري الذي يستخدم سماداً) أو المفرغات البشرية.
الملاءمة او التهيئة	عملية المعالجة الفيزيائية او الكيميائية للحمأة لمسارعة عملية نزح الماء منها. وتشمل طرق الملاءمة أو التهيئة إضافة المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية؛ والتثخين الآلي؛ والتصفية؛ والتسخين؛ والأكسدة بالهواء الرطب.
الممرض (العضوي الحي) المؤشر	الكائن الحي المؤشر الذي يدل وجوده على خطورة كامنة قوية للإصابة بممرض واحد أو أكثر.
المنبذة	آلة تستخدمها المختبرات وتعتمد على مبدأ القوة النابذة لتعجيل فصل المواد الصلبة العالقة عن السائلة، مثال: تركيز او فصل الماء عن الحمأة الناتجة عن مياه الصرف الصحي العادمة.
النبذ	عملية فصل المواد في معلق باستخدام القوة النابذة.
الهضم اللاهوائي	عملية محكمة للتحلل اللاهوائي للحمأة او المخلفات العضوية الصلبة. ويمكن القيام بهذه العملية في درجة حرارة المحيط (الهضم البارد)؛ أي حوالي 35°م (الهضم المعتدل الحرارة)، أو حوالي 55°م (الهضم الحراري).
الهضم الهوائي	عملية حيوية تتعرض فيها الحمأة الابتدائية أو/ والنشطة او الدبال الى فترة تهوية مطولة يتم فيها أكسدة جزئية للمحتوى العضوي لها، وتقل الكمية بارتباط التنفس الباطني؛ والنمو الخفي؛ والنشاط الافتراسي؛ والتأكسد البطيء للمواد العضوية المتبقية.
الهيبوكلوريت	مركب كلور يستخدم لأغراض التبييض.
الوسط الهندسي	الوسط المحسوب من المقياس اللوغاريتمي.
اليرقة	مرحلة ما قبل التطور إلى بالغ، حيث تكون التغذية مستقلة عن الوالدين.

انتشار وتفشي المرض (Prevalence)	عدد الأشخاص المرضى أو الذين تظهر عليهم أعراض معينة في وقت محدد (بغض النظر عن زمن أو وقت حدوثه) مقسوماً على عدد الأشخاص المعرضين للخطر في تجمع بشري حدث فيه.
البحيرة	بحيرة اصطناعية أنشئت عن طريق الحفر، واستخدمت الأتربة الناتجة عن الحفر لتشكيل سدود، أو لتشكيل انخفاض طبيعي. واستخدمت لخزن الحمأة وتكثيفها وتجفيفها (حيث تتوافر أرض رخيصة الثمن ومناخ مناسب) لتثبيت المواد العضوية من مياه الصرف الصحي العادمة الخام أو المعالجة بيولوجياً، وتوفير فترة مكث طويلة نسبياً.
البركة الإختيارية	بركة هوائية قرب السطح، لكنها لا هوائية في الأسفل.
بركة الإنضاج	حوض ضحل كبير يستخدم للمزيد من معالجة مياه الصرف الصحي العادمة المعالجة بيولوجياً والتي تمت إزالة المواد المصنعة منها أثناء عملية المعالجة.
جسم هلالي في أنبوب	السطح العلوي المقعّر أو المحدب لعمود من السائل.
حجيرة سيدفيك - رافتر (Sedgwick-Rafter)	حجيرة تعداد (1 مل) يمكن استخدامها على مجهر لإحصاء الكائنات الحية الدقيقة. خلية تعداد زجاجية 50 مم 20X مم 1X مم عمق، تم تشكيلها باستخدام أربعة أشرطة مثبتة من معدن المت (نحاس + رصاص + نيكل) على شريحة 34X76 مم، بثخن كامل مقداره 3.5مم.
حجيرة مكماستر	خلية مجهرية خاصة (0.3 مل) لتعداد المراحل الطفيلية في أوساط تعويم.
حوض التهوية	حوض تهوية لخليط من مياه الصرف الصحي العادمة او غيرها من المخلفات السائلة والحمأة النشطة.
حوض أمهوف	حوضان عميقان تم استحداثهما في ألمانيا من قبل كارل امهوف عام 1906 ويستخدم في ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية، ويحتوي الحوض على حجيرة علوية للرواسب المتدفقة، ومائلة لتعيق الرواسب من الإنحدار إلى الحجرة السفلية. ولا تستقبل الحجرة السفلية مياه الصرف الصحي العادمة بشكل مباشر، وهي مزودة بفجوات للغاز لاستقبال الحمأة المهضومة القريبة من القاع.
خنادق التأكسد	خندق، يعرف ايضاً باسم خندق باسفير، حيث تدور المخلفات السائلة في اطار عملية المعالجة، ويتم تهويتها بوساطة دوار آلي ضخم.
خنثوي	تكون الأعضاء الذكرية والأنثوية في فرد واحد أو في قطعة واحدة كما هو الحال عند الديدان الشراطية.
دودة الصفر (الاسكاريس)	اسم الجنس للديدان المدورة (الممسودة) الطفيلية الكبيرة، والمتعارف على وجودها في الإنسان، والخنزير، والعديد من الحيوانات. وتنتشر بيوض هذه الديدان بوساطة مياه الصرف الصحي العادمة المتدفقة.
سلفات الزنك	مركب كيميائي له القدرة على إحداث وسط تعويم كفء عند مزجه بالماء.
شبكة الصرف الصحي	نظام المجارير.
الطفيلي	كائن حي يعيش في أو على كائن حي آخر، أو يشتق رزقه منه.
الطور الإنتقالي	طور طفيلي مقاوم للظروف البيئية ويمكنه من الانتقال إلى عائل جديد.
عملية التهوية المطولة	تطوير لعملية الحمأة المنشطة، إذ تتعرض مياه الصرف الصحي العادمة والحمأة المنشطة الى تهوية مطولة، ويتم تدوير الحمأة على معدل مرتفع، وذلك بهدف زيادة عملية التأكسد والهضم الهوائي للمواد العضوية في الحمأة المنشطة.
فترة المكث	الفترة الزمنية التي تحتاجها المخلفات السائلة للمكوث داخل بركة المعالجة أو ما يقوم مقامها، ويتم حسابها بتقسيم حجم البركة على سرعة حركة المخلفات السائلة فيها.
فترة حظر الرعي	الفترة التي يشترط فيها عدم الرعي بالحيوانات التي تلي استخدام حمأة مياه الصرف الصحي العادمة.
كلوريد الصوديوم	ملح طعام المائدة. ويمكن استخدامه لعمل وسط تعويم ممتاز.
لاهوائي	كائن حي؛ لا يحتاج للأوكسيجين للبقاء حياً.
مجذافي الأرجل	رتبة من صنف القشريات، مثال، السايكلوبس (*Cyclops*).
مرحلة البلوغ	مرحلة من مراحل تطور الكائن الحي، يكون فيها ناضجاً وقادراً على التكاثر.
مرحلة التطور	مرحلة تطور في دورة حياة الأحياء التي تحدث في أشكال مختلفة (مثال: بيوض؛ ويرقات؛ وأحياء بالغة).
معالجة الحمأة	الوسيلة المناسبة لتصريف الحمأة. وقد تشمل إحدى أو عدة عمليات منها: الهضم؛ والتكثيف؛ ونزح الماء؛ والتجفيف؛ والترميد.
ممرض	كائن حي قادر على إحداث مرض معين.
مواد خافضة للتوتر السطحي (فاعل بالسطح)	مواد تعمل على تقليص العوامل الفاعلة بالسطح. وهي مقومات أساسية في تركيبة المنظفات، وتشمل الصابون؛ والمواد المصنعّة من زيوت بترولية أو طبيعية مثل زيت جوز الهند، الذي يستخدم بدوره كعامل ترطيب بهدف تقليل التوتر السطحي للسوائل.
مياه الصرف الصحي العادمة الخام	مياه الصرف الصحي العادمة الواردة إلى محطة المعالجة قبل إجراء أية معالجة عليها.
مياه الصرف الصحي العادمة	المفرغات البشرية والمخلفات السائلة التي تم ثجها عبر ماسورة المجرور.
نترات الصوديوم	مركب يستخدم سماداً، نظراً لسرعة وقوة ذوبانه في ا لماء، وقدرته على تشكيل وسط تعويم ممتاز.
نسبة حدوث المرض (Incidence)	عدد الحالات المرضية الجديدة لمرض محدد تم تشخيصه أو تدوينه خلال فترة معروفة من الزمن، مقسمة على عدد الأشخاص المعرضين للخطر في تجمع بشري حدث في هذا المرض.
هوائي	كائن حي؛ يحتاج الى وجود عنصر الأوكسيجين الحر للبقاء حياً.

ملحق (1)

السمات الوبائية الأساسية للممرضات المفرغة حسب الفئة البيئية

المصدر: (Feachem, F,G et al., Sanitation and disease; health aspects of excreta and wastewater management. Chichester, John Willey, 1983)

أعيد الطبع بإذن من البنك الدولي.

الممرض	الحمل المفرغ [ا]	الكمون [ب]	الصمود [ج]	التكاثر خارج العائل البشري	الجرعة المعدية الناصفة (ج م 50) [د]	مناعة فعالة؟	أهم المستودعات غير البشرية	العائل الوسيط
الفئة الأولى								
الفيروسات المعوية [ه]	10^{7}	0	3 أشهر	لا	م	نعم	لا	لا يوجد
فيروس التهاب الكبد أ	10 6(؟)	0	؟	لا	م (؟)	نعم	لا	لا يوجد
الفيروسية العجلية	10 6(؟)	0	؟	لا	م (؟)	نعم	لا (؟)	لا يوجد
القربية الكولونية	؟	0	؟	لا	م (؟)	لا (؟)	نعم	لا يوجد
المتحولة الحالة للنسج	10°	0	25 يوماً	لا	م	لا (؟)	لا	لا يوجد
الجيارديا اللمبلية	10°	0	25 يوماً	لا	م	لا (؟)	نعم	لا يوجد
السرمية الدودية		0	7 أيام	لا	م	لا	لا	لا يوجد
			البراز					
المحرشفة القزمة	20	0	شهر واحد	لا	م	نعم (؟)	لا (؟)	لا يوجد
الفئة الثانية	10^{7}	0			ع (؟)			
العطيفة المنتنتة الصائمية	10^{8}	0	7 أيام	نعم[و]	ع	(؟)	نعم	لا يوجد
الاشريكية الكولونية [ز] الممرضة			3 أشهر	نعم		نعم (؟)	لا (؟)	لا يوجد
السلمونيلة	10^{8}	0			ع			
السلمونيلة التيفية	10^{8}	0	شهران	نعم[و]	ع	نعم	لا	لا يوجد
غيرها من السلمونيلات	10^{7}	0	3 اشهر	نعم[و]	س	لا	نعم	لا يوجد
أنواع من الشيغيلية	10^{7}	0	شهر واحد	نعم[و]	ع	لا	لا	لا يوجد
ضمّة الكوليرا(الهيضة)	10^{5}	0	شهر واحد (؟)	نعم	ع	نعم (؟)	لا	لا يوجد
اليرسنية الملهبة للمعي والقولون			3 أشهر	نعم		لا	نعم	لا يوجد
الفئة الثالثة								
الصفر الخراطيني	10^{4}	10 أيام	سنة واحدة	لا	م	لا	لا	لا يوجد
الديدان الشصية [ح]	10^{2}	7 أيام	3 أشهر	لا	م	لا	لا	لا يوجد
الأسطوانة البرازية	10	3 أيام	3 أسابيع (المراحل الطليقة أكثر)	نعم	م	نعم	لا	لا يوجد
المسلكة الشعرية الرأس	10^{3}	20 يوماً	9 أشهر	لا	م	لا	لا	لا يوجد
الفئة الرابعة								
الشريطية العزلاء والشريطية الوحيدة [ي]	10^{4}	شهران	9 أشهر	لا	م	لا	لا	البقر الخنزير

الفئة الخامسة								
متفرغة الحصية الصيني[ي]	2 10	ستة أسابيع	حياة السمكة	نعم[ك]	م	لا	نعم	القوقع والسمك المجدافيات والسمك
العوساء العريضة[ي]	4 10	شهران	حياة السمكة	لا	م	لا	نعم	
المتورقة الكبدية[ط]	(؟)	شهران	4 أشهر	نعم[ك]	م	لا	نعم	القوقع والنباتات المائية
المتوارقة البُسكية[ك]	3 10	شهران	(؟)	نعم[ك]	م	لا	نعم	القوقع والنباتات المائية
قرصية البطن البشرية[ط]	(؟)	شهران (؟)	(؟)	نعم[ك]	م	لا	نعم	القوقع وانباتات المائية
الخيفانة الخيفاء[ي]	(؟)	6 أسابيع	حياة السمكة	نعم[ك]	م	لا	نعم	القوقع والسمك
خليفة المناسل[ي]	(؟)	6 أسابيع ؟	حياة السمكة	نعم[ك]	م	لا	نعم	القوقع والسمك
جانبية المناسل الفسترمانية[ي]	(؟)	4 أشهر	حياة السلطعون	نعم[ك]	م	لا	نعم	القوقع والسلطعون أو الاربيان
البلهارسية (المنشقة)								
المنشقة الدموية[ط]	4/مل من البول	5 أسابيع	يومان	نعم[ك]	م	نعم	لا	القوقع
المنشقة اليابانية[ط]	40	7 أسابيع	يومان	نعم[ك]	م	نعم	نعم	القوقع
المنشقة المنسونية[ط]	40	4 أسابيع	يومان	نعم[ك]	م	(؟)	لا	القوقع
أنواع من البريمية	البول(؟)	0	7 أيام	لا	م	نعم(؟)	نعم	لا يوجد

ا: المعدل الأنموذجي لعدد الأحياء لكل غرام من البراز (باستثناء المنشقة الدموية وأنواع من البريمية، اللذين يوجدان في البول).
ب: الزمن الأدنى الأنموذجي من الإفراغ إلى العدوى.
ج: الحد الأقصى المقدر للمرحلة المعدية عند درجة حرارة بين 20-30 ^{5} م.
د: م منخفض(<10 ^{2})، س متوسط(10 ^{4}) ، ع عال(>10^{6}) ' ؟ غير مؤكد.
هـ: تشمل الفيروسات السنجابية؛ والايكوية؛ والكوكساكية.
و: السائد أن يحدث التكاثر على الطعام.
ز. تشمل الإشريكية القولونية مولدة السم (الذيفان) المعوي؛ والغازية المعوية؛ والممرضة المعوية.
ح: الملقوة العفجية والفتاكة الأمريكية.
ط. الكمون هو الحد الادنى من الزمن بدءاً بالإفراغ من الإنسان إلى إمكانية عودة العدوى للإنسان. الصمود هنا يشير إلى الحد الأقصى لزمن بقاء المرحلة المعدية الأخيرة. وتتضمن دورة الحياة عائلاً وسيطا واحداً.
ي: الكمون والصمود كما لنوع الشريطية. وتتضمن دورة الحياة عائلين وسيطين.
ك: يحدث التكاثر في العائل القوقع الوسيط.

ملحق (2)

تحضير محاليل العمل الخاصة بالملونات الحياتية

ملون البنفسجية المتبلورة (Crystal Violet)

امزج 2غم من البنفسجية المتبلورة (Crystal violet, Sigma Co.) في 20 مل من 95% ايثانول، ثم امزج مع 80 مل من المحلول المائي لاوكسالات الأمونيوم(Lillie, 1977).

ملون زرقة الميتلين- اليوزين- البوراكس (Methylene blue- Eosion- Borax)

امزج 0.2 غم من زرقة الميتلين(Methylene blue, Sigma Co.) في 100 مل من الماء المقطر. اغل المزيج لمدة 10 دقائق، ثم امزجه مع 0.5 غم من البوراكس، واغل المزيج مرة أخرى لمدة 10 دقائق، ثم رشح المزيج بعد الإذابة. تكون قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) النهائي بين 10 و 11 (Zhou *et. al.*, 1985).

ملحق(3)

معيان فانفير (Van Veer Grab Sampler)الخاص بجمع عينات الحمأة والرواسب

وهو جامعة عينات بسيطة، لا تحتاج إلى وسيط. ويتم فتح المعيان قبل عملية الانزال. ويمكن فعل ذلك بإبعاد أذرع المعيان عن المفصل الموجود في أعلى خانة المعيان. وتجذب اللاقفة لإبعاد فكي الخانة الخاصة بالمعيان، وذلك لجعلها في وضع مفتوح.

ويجب أن يكون اللجام مشدوداً، وعندها يمكن إنزال المعيان لأخذ العينة. وعندما يصطدم المعيان بالرواسب، يتراخى اللجام وعندها يغلق هذا اللجام، فيسمح بأخذ العينة عن طريق الخانة، بعد ذلك يسحب المعيان الى السطح. ويتسبب هذا بسحب اللجام، ومن ثم قفل الخانة وإعادتها الى وضعها الطبيعي عندما لا يكون اللجام مشدوداً.

المراجع

- Abdel-Hafez, M.M.A., El-Kady, N., Bolbol, A.S., and Baknina, M.H. (1986). Prevalence of intestinal parasitic infections in Riyadh District, Saudi Arabia. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, 80, 630-634.
- Al-Shtayeh, M.S., Hamdan, A-H.Y., Shaheen, S.F. Abu Zeid, I. and Faidy, Y.R. (1989). Prevalence and seasonal fluctuations of intestinal parasitic infections in the Nablus Area, West Bank of Jordan. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, 83, 67-72.
- Al-Salem, S. (1998). Report of Mission to Oman, 19-30 December 1998, CEHA/Amman.
- Al-Salem S. (1993). Potential and existing treated wastewater reuse in selected ESCWA Countries, Social Commission for Western Asia, ESCWA, Amman, Jordan.
- Al-Salem S. (1992 a). Potential and present wastewater reuse in Jordan, Wat.Sci. Tech. Vol. 26, No. 78, pp. 1573-1581.
- Al-Salem S. (1992 b). Report on key points related to environmental socioeconomical issues on KTR Basin. Royal Scientific Society, Amman, Jordan.
- Al-Salem, Saqer (1992 c), Assignment Report; National Seminar on Wastewater Reuse, Manama-Bahrain; WHO/EMRO; CEHA, Amman-Jordan.
- Al-Salem, S. (1996). Prevalence of *Ascaris lumbricoides* among the primary schoolchildren in Faizabad City/Afghanistan ; Epidemiological Survey WHO/WR/Afg.
- Al-Salem S. and Khouri, N. (1991). Appropriate wastewater treatment for agricultural use. A paper presented at the VIIth World Congress on Water Resources, Rabat, Morocco.
- Al-Salem, S. and Khouri, N. (1993).
- Al-Salem, S. and Tarazi, H.M., (1989). Compliance of different wastewater treatment systems with WHO guidelines for use in unrestricted irrigation proceeding of the regional seminar on reuse of treated effluent, published by FAO – Cairo, Egypt.
- Al-Salem, S. S. and Lumbers, J. P. (1987). An initial evaluation of Al-Samra waste stabilization ponds (Jordan). *Water Science and Technology*, **19 (12)**: 33-37.
- Al-Salem S. Saqer (1983). Appropriate wastewater treatment for agricultural use. proceedings of advanced short course on sewage treatment practices management for agriculture use in the mediterranean countries, C>I.H.E.A.M. Copyright G. Putignan & Figli S.R.I. Noci (Bari-Italy).
- Al-Salim, S. et al., (1989).
- Allen, A. V. H. and Ridley, D. S. (1970). Further observations on the formol-ether concentration technique for faecal parasites. *Journal of Clinical Pathology*, **23**, 545-546.
- Anya, A. O. (1966). Studies on the biology of some Oxyurid nematodes, 1. Factors in the development of eggs of *Aspiculuris tetraptera Schulz*. *Journal of Helminthology*, **XL(3/4)**: 253-260. APHA (1989*). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 17th ed., 9020 B and 9050 C.
- Arene, F. O. I (1986). *Ascaris suum*: influence of embryonation temperature on the viability of infective larvae. *Journal of Thermal Biology*, **11 (1)**: 9-15.
- Arfaa, F. (1978). The effect of various chemicals and temperature in destruction of the eggs of *Ascaris lumbricoides*: A progress report. *Iranian J. Public Health*, **7 (4)**: 186-195.
- Ariyo, A. A. and P. O., Oyerinde (1990). Effect of ultraviolet radiation on survival, infectivity and maturation of *Schistosoma mansoni* cercariae. *International Journal for Parasitology*, **20 (7)**: 893-897.
- Arthur, J. P. (1983). *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilisation Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. Technical Paper No. 7. The World Bank: Washington DC.
- Asitinskaya, S. F. (1979). The role of freshwater gastropods in removing *Ascaris* eggs from water. Abstract In: *Helminthology Abstract* Series A, **48 (2)**: 89.
- Ayres, R. M. (1992). *On the Removal of Nematode Eggs in Waste Stabilisation Ponds and Consequent Potential Health Risks from effluent reuse*. PhD Thesis, Department of Civil Engineering and Pure and Applied Biology, University of Leeds, England.
- Ayres, R. M., Alabaster, G. P., Mara, D. D. and Lee, D. L. (1992). A design equation for human intestinal nematode egg removal in waste stabilisation ponds. *Water Research*, **26 (6)**: 863-865.
- Ayres, R. M., Lee, D. L., Mara, D. D. (1989*). The Enumeration of Human Intestinal Nematode Eggs in Raw and Treated Wastewaters*. Overseas Development Administration Research Scheme R4336. Final Report. University of Leeds (Department of Civil Engineering), Leeds.
- Ayres, R. M., Lee, D. L., Mara, D. D. and Silva, S. A. (1993 b). The accumulation, distribution and viability of human parasitic nematode eggs in the sludge of primary facultative waste stabilisation pond. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, **87 (2)**: 256-258.
- Ayres, R. M., Mara, D. D., Lee, D. L. and Thitai, W. N. (1993). Monitoring full-scale waste stabilisation ponds in Kenya for nematode egg removal. *Environmental Technology*, **14**: 295-300.
- Ayres, R. M. and Mara, D. D. (1996). *Analysis of Wastewater for Use in Agriculture: A Laboratory Manual of Parasitological and Bacteriological Techniques*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Ayres, R. M., Stott, R., Lee, D., Mara, D. D. and Silva, S. A. (1991). Comparison of techniques for the enumeration of human parasitic helminth eggs in treated wastewater. *Environmental Technology*, **12**: 617-623.
- Ayres, R. M., Stott, R., Lee, D., Mara, D. D. and Silva, S. A. (1992 a). Contamination of lettuces with nematode eggs by spray irrigation with treated and untreated wastewater. *Water Science and Technology*, **26 (7/8)**: 1615-1623.
- Ayres, R. M., Stott, R., Mara, D. D., Lee, D. L. (1992 b). Wastewater reuse in agriculture and the risk of nematode infection. *Parasitology Today*, **27 (2)**: 297-302.
- Bailenger, J. (1979). Mechanisms of parasitological concentration in coprology and their practical consequences. *Journal of American Medical Technology*, **41**: 65-71.
- Barnard, R. J., Bier, J. W., Jackson, G. J., McClure, F. D. (1987). *Ascaris lumbricoides suum*: Thermal death time of unembryonated eggs. *Experimental Parasitology*, **64**: 120-122.
- Barrett, J. (1969). The effect of ageing on the metabolism of infective larvae of *Strongyloides ratti*. *Parasitology*, **59**: 3-17.
- Barrett, J. (1976). Studies on the induction of permeability in *Ascaris lumbricoides* eggs. *Parasitology*, **73**: 109-121.
- Bartone, C. R. and Arlosoroff, S. (1987). Irrigation reuse of pond effluents in developing countries. *Wat. Sci. Tech*., **19 (12):** 289-297.
- Beaver, C. P. (1950). The standardisation of faecal smears for estimating egg production and worm burden. *Journal of Parasitology*, **36**: 451-456.
- Beaver,C. P. (1952). The detection and identification of some common nematode parasites. Manual of Americal Jornal of Chemical Pthology (*Man) . Am. J. Clin. Path*. **22**: 481-494.
- Benenson A., S. (1985) Control of communicable diseases in man. The American Public Health Association.

- Bhaskaran, T. R., Sampathkumaran, M. A., Sur, T. C. and Radhakrishnan O. (1956). Studies on the effect of sewage treatment processes on the survival of intestinal parasites. *Indian Journal of Medical Research*, **44 (1)**: 163-180.
- Bird, A. F. (1971). *The Structure of Nematodes*. Academic Press, New York, USA.
- Bird, A. F. and McClure, M. A. (1976). The tylenchid (Nematoda) egg shell: structure, composition and permeability. *Parasitology*, **72**: 19-28**.**
- Blum, D. and Feachem, R. G. (1985). *Health Aspects of Nightsoil and Sludge Use in Agriculture and Aquaculture, Part III: an Epidemiological Prespective*. International Reference Center for Waste Disposal. Report No. 05/85. IRCWD, Duebendorf, Switzerland.
- Blumenthal, U. J., Strauss, M., Mara, D. D. and Cairncross, S. (1989). Generalised model of the effect of different control measures in reducing health risks from waste reuse. *Water Science and Technology*, **21**: 567-577.
- Bouhoum, K. and Schwartzbrod, J. (1989). Quantitative of helminth eggs in wastewater. *Zbl. Hyg.*, **188**: 322-330.
- Boyd, A. E. W. (1941). Determination of death in the larvae of the potato root eelworm. *Nature*, **148 (3765)**: 782-783.
- Bradley, R.M. and Hadidy, S. (1981). Parasitic infestation and the use of untreated sewage for irrigation of vegetables with particular reference to Aleppo, Syria. Public Health Engineer, **9**, 154-157.
- Brown, H. W. (1928). A quantitative study of the influence of oxygen and temperature on the embryonic development of the pig ascarid (*Ascaris suum*, Goetze). *J. Parasitology*, **14 (3)**: 141-160.
- Bruce, A. M., Pike E. B., Fisher, W. J. (1990). A review of treatment process options to meet the EC sludge Directive. *Jornal of the institution of Water & Environmental Management*, **4**: 1-13.
- Burger, H. J. (1983). Survival of *Taenia* eggs in sewage and on pasture. *Proceeding of the third. International Symposium Processing and Use of Sewage Sludge, Brighton*, UK, 27-30th September.
- Caceres, A., Xet, A. and Flores, G. (1987). Simplified methodology for helminth egg counts and viability in organic fertiliser. In: *Use of Human Waste in Agriculture and Aquaculture*. IRCWD, Duebendorf (Switzerland).
- Caldwell, F. C. and Caldwell, E. L. (1928). Preliminary report on observations on the development of ova of pig and human *Ascaris* under natural conditions and studies of factors influencing development. *Journal of Parasitology*, **14**: 254-264.
- Carrington, E. G. and Harman, S. A. (1981). *Recovery of Ascaris eggs from sludge*. WRC Process Evaluation. Stevenage, U.K., Water Research Centre.
- Carrington, E. G., Pike, E. B., Auty, D. and Morris, R. (1991). Destruction of faecal bacteria, enteroviruses and ova of parasites in wastewater sludge by aerobic thermophilic and anaerobic mesophilic digestion. *Water Science and Technology*, **24 (2)**: 377-380.
- Ceballos, B. S. O., Konig, A., Lomans, B., Athayde, A. B. and Pearson, H. W. (1993). Evaluation of a tropical single-cell waste stabilisation pond system for irrigation. *Proc. 2nd IAWQ Special Conference on Waste Stabilisation Ponds and the Ruse of Effluents*, Brazil.
- Chandler, A.C., (1954). A comparison of helminth and protozoan infections in two Egyptian villages two years after the installation of sanitary improvements in one of them. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 3, 59-73.
- Chaudhuri, N., Dick, R. I., Engelbrecht, R. S. and Austin, J. H. (1966). Staining of free-living nematodes by eosin-Y dye. *Nematologica*, **12**: 337-342.
- Council of the European Communities (1991a). Council Directive of 21 May 1991 concerning urban wastewater treatment (91/271/EEC*). Official Journal of the European Communities*, **L135**/40 (30 May).
- Cram, E. B. (1924). The influence of low temperatures and of disinfectants on the eggs of *Ascaris lumbricoides*. *Journal of Agricultural Research*, **XXVII (3)**: 167-175.
- Cram, E. B. (1943). The effect of various treatments processes on the survival of helminth and protozoan cysts in sewage. *Sewage Works J.*, **15**: 1119-1138.
- Cram, E. B. and Hicks, D. O. (1944). The effect of sludge digestion, drying and supplemental treatment on eggs of *Ascaris lumbricoides*. *Proceeding Helminth Society of Washington.*,**11**:1-9.
- Crew, W. and Owen, R. R. (1978). 750 000 eggs a day - 750 000 a year. *Scientist*, **80 (1127)**: 344-346.
- Croll, N.A., Anderson, R.M., Gyorkos, T.W., and Chadirian, E. (1982). The population biology and control of *Ascaris lumbricoides* in the rural community in Iran. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 76, 187-197.
- De'Oliveira, R. (1990). *The Performance of Deep Waste Stabilisation Ponds in Northeast Brazil*. PhD Thesis, University of Leeds, Department of Civil Engineering.
- Directive Council on the Protection of the Environment and in Particular the Soil, When Sewage Sludge is Used in Agriculture, 86/278/EEC, 12 June 1986, appearing in the *Official Journal of European Communities*, L181, Vol. 29 (4/July) pp. 6-12.
- Dixo, N. G., Gambrill, M. P., Catunda, P. F. and Van Haandel, A. C. (1993). Removal of pathogenic organisms from the effluent of an upflow anaerobic digester using waste stabilisation ponds. *Proc. 2nd IAWQ Special Conference on Waste Stabilisation Ponds and the Ruse of Effluents*, Brazil.
- Dubin, S., Segall, S. and Martindale, J. (1975). Contamination of soil in two city parks with canine nematode ova including *Toxocara canis*: a preliminary study. *American Journal and Public Health*, **65**: 1242-1245.
- Dunn, A. J. (1991). *The Development of a predictive model for the removal of helminth eggs during rapid sand filtration*. PhD Thesis, University of Southampton, Department of Civil Engineering.
- Ellis, K. V., Rodrigues, P. C. and Gomes, C. L. (1993). Parasite ova and cysts in waste stabilisation ponds. *Water research*, **27 (9)**: 1455-1460.
- Evison, L. M. (1988). Comparative studies on the survival of indicator organisms and pathogens in fresh and seawater. *Water Science and Technology*, **20 (11/12):** 309-315.
- Evison, L. M. and James, A. (1977). Microbiological criteria for tropical water quality. *Water, Wastes and Health in Hot Climates*, eds.
- Feachem, R. G., McGarry, M. and Mara, D., Wiley.
- Fairbairn, D. (1957). The biochemistry of *Ascaris*. Experimental *Parasitology*, **6**: 491-554.
- Fairbairn, D. (1961). The *In Vitro* hatching of *A. lumbncoides* eggs. *Canadian Journal of Zoology*, **39**: 153-162.
- Fairbairn, D. (1970). Biochemical adaptation and loss of genetic capacity in helminth parasites. *Biological Reviews*, **45**: 29-72.
- Faust, E. C, D'Antoni, J. S., Odom, V., Miller, M. J., Peres, C. Sawitz, W., Thomen, L. F., Tobie, J. and Walker, J .H. (1938). A critical study of clinical laboratory techniques for the diagnosis of protozoan cysts and helminth ova in faeces. *American Journal of Parasitology*, **53**: 169-183.
- Feachem, R. G., Bradley, D. J., Garelick, H. and Mara, D. D. (1983). *Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management.* John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Fenner, L. M. (1962). Determination of nematode mortality. *Plant Diseases Reports*, **46 (5)**: 383.
- Fitzgerald, P. R. and Ashley, R. F. (1977). Differential survival of *Ascaris* ova in wastewater sludge. *Jouranl Water Pollution Control Federation*, **49**: 1722-1724.
- Fleming, W. F. (1987). Ecdysteroids during embryonation of eggs of *Ascaris suum*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **87A** (**3**): 803-805.
- Foor, W. E. (1967). Ultrastructural aspects of oocyte development and shell formation in *Ascaris lumbricoides*. *Journal of Parasitology*, **53:** 1245-1261.

- Fox, J. C.; Fitzgerald, P. R. and Lue-Hing C. (1981). *Sewage Organisms: A Color Atlas*. Lewis Publishers, Inc. Chicago, Illinois (ISBN 0-87371-031-2).
- Gaspard, P. and Schwartzbrod, J. (1993). Irrigation with wastewater: Parasitological analysis of soil. *Zbl. Hyg*. **193**: 513-520.
- Gemmell, M. A. and Johnstone, P. D. (1977). Experimental epidemiology of hydatidosis and cysticerosis. *Advances in Parasitology*, **15**: 311-369.
- Gibson, M. (1981). The effect of constant and changing temperatures on the development rates of the eggs and larvae of *Ostertagia ostertagi*. *Journal of Thermal Biology*, **6**: 389-394.
- Gloyna, E. F. (1971). *Waste Stabilisation Ponds*. WHO, Monograph, Series 60, Geneva.
- Gotaas, H. B. (1953). *Reclamation of municipal refuse by composting*. University of California, Sanitary Engineering Research Laboratory, Technical Bulletin No. 9, Series 37.
- Graham, H. J. (1981). Parasites and the land application of sewage sludge. Rapport Ontario Ministry of the Environment, No. 110. (quoted by Schwartzbrod *et al*., 1989).
- Grimason, A. M., Smith, H. V., Young, G. and Thitai, W. N. (1995).Occurrence and removal of *Ascaris* spp. ova by waste stabilisation ponds in Kenya. *3rd IAWQ International Specialist Conference and Workshop "Waste stabilisation Ponds Technology and Application*". Brazil, preprint volume.
- Haddadin, M. J. (1988). Social and Economic Aspects of Wastewater Reclamation and Reuse in Agriculture. In Proceedings of Food and Agriculture Organization, (FAO), Proceeding of the Regional Seminar on Strengthening the Near East Regional Research and Development Network on Treatment and Reuse of Sewage Effluent for Irrigation, 11-16 December 1988. Cairo, Egypt.
- Hass, D. K. and Todd, A. C. (1962). Extension of a technique for hatching ascarid eggs *In Vitro. American Journal of Veterinary Research*, **11**: 169-170.
- Hays, B. (1977). Potential for parasitic disease transmission with land application of sewage plant effluents and sludges. *Water Research*, **11**:583-595.
- Hindiyeh, M. (1995). *Enumeration and Survival Studies on Helminth Eggs in Relation to Treatment of Anaerobic and Aerobic Sludges in Jordan*. PhD Thesis, Department of Civil Engineering, NewCastle Upon Tyne University, England.
- Hodgson, H. T. (1964). Stabilisation ponds for a small African urban area. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, **36**: 51.
- Hogg, E. S. (1950). A preliminary study of ova and cysts in Cydna digested. *Journal and Proceedings of the Institute of Sewage Purification*, **I**: 57-58
- Hollaender, A., Jones, M. F. and Jacobs, L. (1940). The effects of monochromatic ultraviolet radiation on eggs of the nematode. *Enterobius vermicularis*. 1. Quantitative response. *Journal of Parasitology*, **26**: 421-432.
- Horan, N. J. (1990). *Biological Wastewater Treatment Systems "Theory and Operation"*. John Willey & Sons Ltd. NewYork.
- Hudson, L. and Hay, F. C. (1980). *Practical Immunology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, pp. 29-31.
- Ismid, S., Rukmono, B., Indrijono, I. and Roesin, R. (1978). Soil pollution with *Ascaris lumbricoides* in Swahlunto and Serpong. *Proceeding of the Fifth Conference APCO*, PP. 371-383.
- Janeckso, A. and Urbanyi, L. (1931). Procede d"enrichissement pour la recherche des oeufs de distomes. Allatorvosi Lapok, **17**, 247.
- Jeffry H. C., Leach R. M. (1975). *Atlas of Medical Parasitology and Protozoology*. Edinburgh, Churchill Livingstone (ISBN 0 443 012229).
- Kagei, N. (1982). Techniques for the measurement of environmental pollution by infective stage of soil-transmitted helminths. *Collected Papers on the Control of Soil-Transmitted Helminthiasis*. Asian Parasite Control Organisation., Tokyo, Japan, Vol. **2**, 227-246.
- Kagei, N, Y, and Pan, C.C. (1986). Use of *Ascaris* ova as an indicator for monitoring nightsoil. World Health Organization, Kuala Lumpur.
- Kaneshiro, E. S. and Stern, G. (1985). *Survival of parasite eggs in stored sludge*. EPA Report No. 600/2-85/142.
- Kaspari, S., Condie, L. (1986). Intestinal parasitic infection of refugee children. Birzeit University, Community Health Unit, Occasional Papers.
- Kawata, K. and Kruse, C. W. (1966). The effect of sewage stabilisation ponds on the eggs and miracidia of *Schistosoma mansoni*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **15**: 896-901.
- Kazacos, K. R. (1983). Improved method for recovery *Ascaris* and other helminth eggs from soil associated with epizootics and during survey studies. *American Journal Veterinary Research*, **44**: 896-900.
- Keller, P. (1951 a). Sterilization of sewage sludge. I. A review of the literature pertaining to the occurrence and viability of parasitic ova and cysts in sewage with particular reference to *Ascaris lumbricoides*. *Journal of the Institute of Sewage Purification*, **1**: 92-99.
- Keller, P. (1951 b). Sterilization of sewage sludge. II. The influence of heat treatment on the ova of *Ascaris lumbricoides* in sewage. *Journal of the Institute of Sewage Purification*, **1**: 100-109.
- Keller, P. and Hide, C. G. (1951). Sterilization of sewage sludge: incidence and relative viability of *Ascaris* ova at sewage disposal works in the Johannesburg Area. *South America Medical Journal*, **25**: 338-342.
- Kiff, R. J. and Lewis-Jones, R. (1984). Factors that govern the survival of selected parasites in sewage sludges. Ch. 25 in *Sewage Sludge Stabilisation and Disinfection*, ed. Bruce, A. M., Chichester, Ellis Horwood, 453-461.
- Krige, P. R. (1964). A survey of the pathogenic organisms and helminthic ova in compost and sewage sludge. *Journal of the institute of Sewage Purification*, **3**: 215-220.
- Krishnaswami, S. K. and Post, F. J. (1968). Effect of chlorine on *Ascaris* (Nematoda) eggs. *Health Laboratory Science*, **5**: 225-232.
- Lakshminarayana, J. S. S. and Abdulappa, M. K. (1972). The effect of waste stabilization ponds on helminth. In: *Low Cost Waste Treatment*, ed. Sastry, C.A.
- Lawrance, C. H., *et. al.* (1982). "Planning For Alleviation of Groundwater Contamination for Greater Amman Area, Jordan." Presented at Water Pollution Control Federation Conference at Session No. 4, Ground Contamination, October.
- Lee, D. L. and Atkinson, H. J. (1976). *Physiology **of** Nematodes*. 2nd edition, MacMillan Press LTD., London.
- Lewis-Jones, R. and Winkler, M. (1991). *Sludge Parasites and Other Pathogens*. Ellis Horwood, London.
- Liebmann, H. (1964). Parasites in sewage and the possibilities of their extinction. In: *Proceedings of the second International Conference, Advances in water Pollution Research*. Toyko, Vol. 2, J.K. Baars, Pergamon Press. pp: 269-279.
- Lillie, R.D. (1977). H. J. *Conn's Biological Stains*: "*A Handbook on the nature and uses of the dyes employed in the biological laboratory*". Baltimore, The Williams and Wilkins Company.
- Lysek, H. and Bacovsky, J. (1979). Penetration of ovicidal fungi into altered eggs of *Ascaris lumbricoides*. *Folia Parasitologica* (PRAHA), **26**: 139-142.
- Mara, D. and Cairncross, S. (1989). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture: Measures for Public Health Protection*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

- Mara, D. D. and Pearson, H. W. (1987). *Waste Stabilization Ponds - Design Manual for Mediterranean Europe.* World Health Organisation, Copenhagen.
- Mara, D. D. and Pearson, H. W. (1998). *Design Manual for Waste Stabilisation Ponds in Mediterranean Countries*. European Investment Bank. ISBN 0 9519869 2 9
- Mara, D. D., Pearson, H. W., Alabaster, G. and Mills, S. (1990). *An Evaluation Waste Stabilization Ponds in Kenya*. ODA Research Scheme R4442A, Final Report.
- Mara, D. D. and Silva, S. A. (1986). Removal of intestinal nematode eggs in tropical waste stabilisation ponds. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 89: 71-74.
- Marais, G. V. (1974). Faecal bacterial kinetics in stabilisation ponds. *J. Env. Eng. Div*., ASCE, **100 (EE1):** 119-13-9.
- Marzochi, M. C. (1977). Studies on factors involved in the dissemination of enteroparasites. II. Studies on the contamination green vegetables and kitchen-garden soil by cysts and eggs of enteroparasites in the city of Ribeirao Preto, Sao Paulo, Brasil. *Rev. Inst. Med. Trop*. Sao Paulo **19**: 148-155.
- Matthews, B. E. (1986). Permeability changes in the egg-shell of hookworms during the development and enclusion. *Parasitology*, **93:** 547-557.
- Meiring, P. G., Drews, R. J., Van Eck, H. and Stander, G. J. (1968). *A Guide to the Use of Pond Systems in South Africa for the Purification of Raw and Partially Treated Sewage*. Report WAT 34, National Institute for Water Research, South Africa.
- Mercado-Burgos, N., Hoehn, R. C. and Holliman, R. B. (1975). Effect of hallogens and ozone on *Schistosoma* ova. *Water Pollution Control Federation Journal*, **47**: 2411-2419.
- Meyer, K. B., Miller, K. D. and Kaneshiro, E. S. (1978). Recovery of *Ascaris* eggs from sludge. *Journal of Parasitology*, **64 (2)**: 380-383.
- Miller, A., Chi-Redriguez, E. and Nichols, R. L. (1961). The fate of helminth eggs and protozoan cysts in human faeces ingested by dung beetles (*Coleoptera*: *Scarabaeidae*). *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **10(4)**: 748-754.
- Moriarty, F. (1964). The efficacy of chrysoidin, new blue R and phloxine B for determining the viability of beet eelworm, *Heterodera schachtii* schm. *Nematologica*, **10**: 644-646.
- Morishita, K. (1972). Studies on epidemiological aspects of ascariasis in Japan and basic knowledge concerning its control. In*: Progress of medical Parasitology in Japan*, Morishita, K., Komiya, Y. and Matsubayashi, H.. Meguro Parasitology Museum, Tokyo, Japan, **4**: 1-153.
- Newton, W. L., Bennet, H. J. and Figgat, W. B. (1949). Observations on the effect of various sewage treatment processes upon the eggs of *Taenia saginata*. *American J. Hygiene*, **49**: 166-175.
- Noble, E. R., *et al*. (1989). *Parasitology: The Biology of Animal Parasites*. 6th Edition, Philadelphia: Lea & Febiger.
- Nolf, L. O. (1932). Experimental studies on certain factors influencing the development and viability of the ova of the human *Trichuris* as compared with those of the human *Ascaris*. *American Journal of Hygiene*, **16: 288-322.**
- O'Donnell, C. J., Meyer, B., Jones, V. J., Benton, T., Kaneshiro, E. S., Nichols, J. S. and Schaeffer, F. (1984). Survival of parasite eggs upon storage in sludge. *Applied and Environmental Microbiology*, **48**: 618-625.
- Ogata, S. (1925). The destruction of *Ascaris* eggs. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, **19**: 301-304.
- Ohba, T. (1923). On the resistance of the eggs of *Ascaris lumbricoides*. *Japanese Journal of Zoology*, **1**:120.
- Oskanen, A., Eriksen, L., Roepstorff, A., Ilsoe, B., Nansen, P. and Lind. P. (1990). Embryonation and infectivity of *Ascaris suum* eggs: A comparison of eggs collected from worm uteri with eggs isolated from pig faeces. *Acta Vet. Scand*., **31 (4)**: 393-398.
- Otto, G. F. (1929). A study of the moisture requirements of the eggs of the horse, the dog, human and pig ascarids. *American Journal of Hygiene*. **10**: 497-520.
- Ouazzani, N., Bouhoum, K., Mandi, L., Bouarab, L., Habbari, K. H., Rafiq, F., Picot, B., Bontoux, J. and Schwartzbrod, J. (1993). Wastewater treatment by stabilisation pond Marrakech experience. *Proc. 2nd IAWQ Special Conference on Waste Stabilisation Ponds and the Ruse of Effluents*, Brazil.
- Owen, W. B. (1930). Factors that influence the development and survival of the ova of an ascarid roundworm *Toxocara canis* (werner, 1782) stiles, 1905 under field conditions. University of Minnesota: *Technical Bulletin* 71, September.
- Owen, R. R. (1984). The effectiveness of chemical disinfection on parasites in sludge. *Sewage Sludge Stabilisation and Disinfection*. Ed. Bruce, A. M., Chichester, Ellis Horwood, pp. 426-439.
- Pandey, V. S. (1972). Effect of temperature on development of the free-living stages of *Ostertagia Ostertagi*. *Journal of Parasitology*, **58 (6)**: 1037-1041.
- Panicker, P. V. R., and Krishnamoorthi, K.P. (1978). Elimination of enteric parasites during sewage treatment processes. *International Association for Water Pollution Control, Technical Annual* - V, pp. 130-138.
- Panicker, P. V. R. and Krishnamoorthi, K. P. (1981). Parasite egg and cyst reduction in oxidation ditches and aerated lagoons. *J. Water Pollution. Control Federation*, **53 (9)**: 1413-1419.
- Parnell, I. W., (1934). *Sci. Agric*., **15:** 165-168.
- Passey, R. F. and Fairbain, D. (1955). The respiration of *Ascaris lumbricoides* eggs. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **33**: 1033-1046.
- Pearson, H. W., Mara, D. D., Konig, A., De Oliveira, R., Silva, S. A., Mills, S. and Smallman, D. J. (1987b). Water column sampling as a rapid and efficient method of determining effluent quality and the performance of waste stabilisation ponds. *Water Science and Technology*, 19(12), 109-113.
- Pescod, M. B. (1971). Sludge handling and disposal in tropical developing countries. *Journal of Water Pollution Control Federation*, **43** (**4**), April.
- Pescod, M. B. (1995). The role and limitation of anaerobic pond systems. 3rd IAWQ International Specialist Conference and Workshop "*Waste stabilisation Ponds Technology and Application*". Brazil, preprint volume.
- Pettygrove G. S. and Asano T. (1988). Irrigation with reclaimed municipal wastewater - A Guidance Manual. Report No. 84-1 wr, California State Water Resources Control Board, Sacramento, California.
- Phillips, H. J. (1973). Dye exclusion tests for cell viability. In P. F. Kruse and M. K. Patterson (ed.). *Tissue and Culture*. London and New York: Academic Press, 406-408.
- Pike, E. B. (1990). The removal of cryptosporidial oocysts during sewage treatment. In *Cryptosporidium in Water Supplies*, Department of the Environment & Department of Health, London, HMSO, pp. 205-208.
- Pike, E. B., Morris, D. L. and Carrington, E. G. (1983). Inactivation of ova of the parasites *Taenia saginata* and *Ascaris suum* during heated anaerobic digestion. *Water Pollution Control*, **82 (4)**: 501-509.
- Quinn, R., Smith, H. V., Bruce, R. G., and Girwood, R. W. (1980). Studies on the incidence of *Toxocara* and Toxascaris spp. ova in the environment. 1: A comparison of floatation procedures for recovering *Toxocara* spp. ova from soil. *J. Hyg*., **84**: 83-89.
- Reimers, R. S., Little, M. D., Akers T. G., Henriques, W. D., Bordeaux, R. C. and McDonnell, D. (1989). *Persistence of pathogens in lagoon-stored sludge*. EPA, 600/2-89/015.

- Reimers, R. S., Little, M. D., Englander A. J., Leftwich, D. B., Bowman, D. D. and Wilkinson, R. F. (1981). *Parasites in southern sludges and disinfection by standard sludge treatment*. EPA 600/2-81-160.
- Reyes, W. L., Kruse, C. W. and Batson, M. (1963). The effect of aerobic and anaerobic digestion on eggs of *Ascaris lumbricoides* var. *suum* in nightsoil. *American J. Tropical Med.*, **12**: 45-55.
- Ritchie, L. S. (1948). Ether sedimentation technique for routine stool examination. *Bulletin of the U.S. Army Department*, **8**: 326.
- Roberts, F. H. S. (1934). The large roundworm of pigs, *Ascaris lumbricoides* L., 1758, its life history in Queensland, economic importance and control. Bull. 1, Animal Health Statio, Yeerongpilly, Queenland Department of Agricultre.
- Rogers, W. P. (1940). The physiological ageing of the infective larvae of *Haemonchus contorus. Journal of Helminthology*, **18:** 183-192.
- Rude, R. A., Peeler, J .T. and Risty, N. G. (1987). Comparison of diethyl ether and ethyl acetate as extracting agents for recovery of *Ascaris* spp. and *Trichuris* spp. eggs. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, **70 (6):** 1000-1002.
- Rudolfs, W., Falk, L. L. and Ragotzkie, R. A. (1950). Literature review on the occurrence and survival of enteric pathogenic and related organisms in soil, water sewage and sludges, and on vegetation. II Animal parasites. *Sewage and Industrial Wastes*, **22**: 1417-1427.
- Sadighain, A., Arfaa, F., Ghadirian, E. and Movatagh, K. (1976). Contamination with helminth eggs of various processing stages of the sewage treatment plants in Isfahan, Central Iran. *Iranian Journal of public Health*, **5**: 180-187.
- Saliba, E. K., Masadeh, A. and Reda, M. (1976). First record of *Bulinus truncatus* (Audouin) in Jordan. *Ann. Trop. Med. Parasit*., **70**: 3.
- Salih, N. (1981). A brief review on the development of strongylid nematode eggs and larvae under constant and changing temperature conditions 1. Egg development. *J. Thermal Biology*, **6**: 287-295.
- Saqqar, M. (1990*). System Analysis of a Wastewater Stabilisation pond Complex*. PhD Theses, Department of Civil Engineering, University of Newcastle upon Tyne, UK.
- Saqqar, M. and Pescod, M. B. (1991). Microbiological performance of multi-stage stabilisation ponds from effluent use in agriculture. *Water Science and Technology*, **23 (7-9)**: 1517-1524.
- Saqqar, M. and Pescod, M. B. (1992a). Modeling coliform reduction in wastewater stabilisation ponds. *Water Science and Technology*, **26 (7-8)**: 1667-1677.
- Saqqar, M. and Pescod, M. B. (1992b). Modeling nematode egg elimination in wastewater stabilisation ponds. *Water Science and Technology*, **26 (7-8)**: 1659-1665.
- Saqqar, M. and Pescod, M. B. (1994a). Modeling performance of anaerobic wastewater stabilisation ponds. *Water Science Technology*, (Proc. 2nd IAWQ *Special Conference on waste stabilisation ponds and the ruse of effluents*).
- Saqqar, M. and Pescod, M. B. (1994b). Modeling sludge accumulation in anaerobic wastewater stabilisation ponds. *Water Science Technology*, (Proc. 2nd IAWQ *Special Conference on waste stabilisation ponds and the ruse of effluents*).
- Saqqar, M., Pescod, M. B. (1993). Modeling performance of anaerobic wastewater stabilisation ponds. Proc. 2nd IAWQ Intl. Specialist Conf. on *Waste Stabilisation Ponds and the Reuse of Pond Effluent*, California, USA.
- Satchwell, M. G. (1986). An application of concentration techniques for the enumeration of parasitic helminth eggs from sewage sludge. *Water Research*, **20** (**7**): 813-816.
- Schartz, B. (1959). Experimental infection of pigs with *Ascaris suum*. *American Journal of Veterinary Research*, **20**: 7-13.
- Schatzle, M (1969). Investigations on the effect of sewage sludge from oxidation channels on the viability of worm eggs. *Zeitschift fuer Wasser and Abwasser Forschung*, **2**: 147-150.
- Schwartzbrod, J., Bouhoum, K. and Baleux, B. (1987 a). Effects of lagoon treatment on helminth eggs. *Water Science and Technology*, **19**: 369-371.
- Schwartzbrod, J. Mathieu, C. Thevenot, M. T. Baradel, J. M. Schwartzbrod, L. (1987 b). Wastewater sludge: parasitological and virological contamination. *Water Science and Technology*, **19 (8)**: 33-40.
- Schwartzbrod, J., Stien, J. L., Bouhoum, K. and Baleux, B. (1989 a). Impact of wastewater treatment on helminth eggs. *Water Science and Technology*, **21 (3)**: 295-297.
- Schwartzbrod, J., Thevenot, M. T. and Stein, J. L. (1989 b). Helminth eggs in marine and river sediments. *Marine Pollution Bulletin*, **20 (6)**: 269-271.
- Schwartzbrod, J., Thevenot, M. T., Collomb, J. and Baradel, J. M. (1986). Parasitological study of wastewater sludge. *Environmental Technology Letters*, **7**: 155-162.
- Seamster, A. P. (1950). Development studies concerning the eggs of *Ascaris lumbricoides* var. *suum*. *American Midland Naturalist*, **43**: 450-470.
- Shalimov, L. G. (1935). The influence of ultraviolte on the development of the eggs of the parasitic worms: *Parascaris equorum* syn, *Ascaris megalocephala*, *Enterobius vermicularis* and *Strongylus equinus*. *Turdy Dinamike razvitiya*, **10**: 447-461.
- Shephard, M. (1978). Helminthological aspects of sewage treatment in hot climate. In: *Water, Waste and Health in Hot Climate*, R. Feachem, M. McGarry and D. Mara (Ed.). ELBS and John Wiley and Sons.
- Shepherd, A. M. (1962). New Blue R, a stain differentiates between living and dead nematodes. *Nematologica*, **8**: 201-208.
- Shuval, H. I., Adin, A., Fattal, B., Rawitz, G., Yekutiel, P. (1986). *Wastewater Irrigation in Developing Countries - Health Effects and Technical solutions*. World Bank Technical Paper No. 51, Integrated Resource Recovery. UNDP Project Management Report No. 6.
- Silva, S. A. (1982). *On the Treatment of Domestic Sewage in Waste Stabilisation Ponds in Northeast Brazil*. PhD Thesis, University of Dundee, UK.
- Silverman, P. H. (1955). The survival of the egg of the "beef tapeworm", *Taenia saginata*. *The Advancement of Science*, **12** (**45**): 108-111.
- Silverman, P. H. and Griffiths, R. B. (1955). A review of methods of sewage disposal in Great Britain with special reference to the epizootiology of *Cysticercus bovis*. *Ann. Tropical Med. and Parasitology*, **49**: 436-450.
- Smith, C. (1991). Induced larval motility: a possible viability test for embryonated *Ascaris lumbricoides* ova. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg*., **85**: 760.
- Smith, C. (1990). "Geohelminth infection in the Gaza Strip." Proceedings of Water and Sanitation Study Day, 22 March 1990, Save the Children Federation, Birzeit University.
- Smith, C. (1987). Water Supply, Sanitation and Health in West Bank. Birzeit University, Community Health Unit, Occasional papers.
- Smith, G. and Schad, G. A. (1989). *Ancylostoma duodenale* and *Necator americanus***:** effect of temperature on egg development and mortality. *Parasitology*, **99**: 127-132.
- Snowdon , J. A., Oliver, D. O. and Converse, J. A. (1989). Land disposal of mixed human and animal wastes: a review. *Waste Management and Research*, **7**: 121-134
- Sobenina, G. G. (1978). Study of the effect of some fungi on the embryogensis and survival of *Ascaris* ova. In: *Helminthology Abstract* Series A, **47 (10**): 440.
- Spindler, L. A. (1929 a). On the use of a method for the isolation of *Ascaris* eggs from soil. *American Journal of Hygiene*, **10**: 157-164.

- Spindler, L. A. (1929 b). The relation of moisture to the distribution of human *Trichuris* and *Ascaris*. *American Journal of Hygiene*. **10**: 476-496.
- Spindler, L. A. (1936). Effect of various physical factors on the survival of eggs and infective larvae of the swine nodular worm *Oesophagostomum dentatum*. *Journal Parasitology Abstract*, **22**: 529**.**
- Spindler, L. A. (1940). Effect of tropical sunlight on eggs of *Ascaris suum* (Nematoda), the large intestinal roundworm of swine. *Journal of Parasitology*, **26**: 323-331.
- Stern, G. and Farrell, J. B. (1977). Sludge Disinfection Techniques. In: Proceeding of National Conferm on *Composting of Municipal Residues and Sludges*, Washington, DC, Information Transfer, Inc. Rockville, Maryland pp. 142-148.
- Stevenson, P. (1979). The influence of environmental temperature on the rate of development of *Ascaris suum* eggs in Great Britain. *Research in Veterinary Science*, **27**: 193-196.
- Stien, J. L., Schwartzbrod, J. (1988). Viability determination of *Ascaris* eggs recovered from wastewater. *Environmental Technology Letters*, **9**: 401-406.
- Stoll, N. R. and Hansheer, W. C. (1926). Concerning two options in dilution egg counting, small drop and displacement. *American Journal of Hygiene*, **6**: 134-145.
- Storey, G. W. (1987). Survival of tapeworm eggs free and in proglottids during simulated sewage treatment processes. *Water Research*, **21(2)**: 199-203.
- Storey, G. W. and Phillips, R. A. (1982). A technique using continuous action centrifugation for the quantitative recovery of helminth eggs from vegetation and water. *Parasitology*, **85**: 257-261.
- Strauch, D. (1989). Improvement of the quality of sewage sludge. *Sewage Sludge Treatment and Use*, Eds Dirkzwager, A. H. and L'Hermite, P., London, Elsevier Applied Science, 160-179.
- Swales, W. E. and D. K. Froman (1939). An apparatus for measuring the "flash" thermal death point of microscopic animal organisms and its use with ova of *Ascaris lumbricoides*. *Canadian Journal of Research*, **17**: 169-177.
- Tarazi, H. (1989). *Removal of Selected Pathogen Indicators in Wastewater Treatment Plants in Jordan*. MSc. Theses, Civil Engineering Department, University of Jordan.
- Teichmann, A. (1986). Quantitative determination of helminth eggs in wastewater. *Angewandte Parasitologie*, **27**: 145-150.
- Tennant, J. R. (1964). Evaluation of the trypan blue technique for determination of cell viability. *Transplantation*, **2 (6):** 685-694.
- Theis, J. H., Bolton, V. and Storm, D.R. (1978). Helminth ova in soil and sludge from twelve U.S. urban areas. *Journal of Water Pollution Control Federation*, **50**: 2485-2493.
- Thienpont E., Rochette F., Vanparijs O. F. J. (1986). *Diagnosing helminthiasis by coprological examination*, (unpublished document; available on request from Janssen Research Foundation (D-1986/1060/25), Turnhoutsebaan 30, 2340 Beerse, Belgium). Available from: Vetlab Services, Unit 11, Station Road, Southwater, Sussex RH13 7HQ.
- Timoshin, D. G. (1967). On the time and rate of development of *Ascaris lumbricoides* eggs. *Medskaya Parazito*, **36**: 333-340.
- Tromba, F. G. (1978a). Evaluation of an ultraviolet attenuated vaccine for swine ascariasis. In: Proceedings of the Fourth International Congress of Parasitology, Section E, 128.
- Tromba, F. G. (1978b). Immunisation of pigs against experimental *Ascaris suum* infection by feeding ultraviolet-attenuated eggs. *Journal of Parasitology*, **64**: 651-656.
- Tromba, F. G. (1978c). Effects of ultraviolet radiation on the infective stages of *Ascaris suum* and *Stephanarus dentatus* with a comparison of the relative susceptibilities of some parasitic nematodes to ultraviolet. *Journal of Parasitology*, **64 (2)**: 245-252.
- Udonsi, J. K. and Atata, G. (1987). *Necator americanus*: Temperature, pH, light and larval development, longevity and desiccation tolerance. *Experimental Parasitology*. **63**: 136-142.
- UK. Department of Environment, (1989).
- UNDP United Nations Environmental Programme (1991). Environmental Data Report, Blackwell Reference.
- UNEP (1991/1992). Environmental Data Report. Third Edition, Basil Blackwell. Oxford.
- USEPA (1979). *Process design manual*: *Sludge treatment and disposal*. Cincinnati, Ohio. EPA-625/1-79-011.
- USEPA (1983). *Process Design Manual for Land Application of Municipal Sludge*. EPA 625/1-83-016.
- USEPA (1984). *Environmental Regulations and Technology*: *Use and Disposal of Municipal Wasterwater Sludge*. EPA 625/10-84-003.
- USEPA (1986). Council Directive on the Protection of the Environment, and in Particular the Soil, When Sewage Sludge is Used in Agriculture, *Official Journal of the European Communities* L181, **29**: 6-12.
- USEPA (1992 a). Code of Federal Regulations 40 CFR Part 257, Criteria for Classification of Solid Waste Disposal Practices, Final Rule.
- USEPA (1992 b). Guidelines for wastewater reuse; WASH Technical Report No. 81 September.
- USEPA (1992 c). *Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge*. EPA/625/R-92/013, Environmental Regulation and Technology; United States of Environmental Protection Agency.
- USEPA (1996). NPDES Permit Writers' Manual. 8333-B-96-003 December.
- Veerannan, K. M. (1977). Some experimental evidence on the viability of *Ascaris lumbricoides* ova. *Current Science*, **46**: 386-387.
- Ward, R. L., Mcfeters, G. A. and Yeager, J. G. (1984). Pathogens in sludge: occurrence, inactivation, and potential for regrowth. Sandia Rep. No. SAND 83-0557 TCC-0428 UC-41.
- Watson, D. C., Satwell, M. and Jones, C. E. (1983). A study of the prevalence of parasitic helminth eggs and cysts in sewage sludges disposed to agricultural land. *Water Pollution Control*, **82**: 285-289.
- Wharton, D. A. (1979). *Ascaris* Sp.: Water loss during desiccation of embryonating eggs. *Experimental Parasitology*. **48**: 398-406.
- Wharton, D. A. (1980). Nematode egg-shells. *Parasitology*, 81: 447-463.
- Wharton, D. A. (1982). The survival of desiccation by the free-living stages of *Trichostrongylus colubriformis* (Nematoda: Trichostrongylidae). *Parasitology*, **84**:455-462.
- Wharton, D. A. (1986). *A Functional Biology of Nematodes*. Croom Helm Ltd, Beckenham. U.K.
- World Health Organisation (1967*). Report of a WHO Expert Committee on Control of Ascariasis.* Techn. Rep. Ser. No. 379, 19.
- World Health Organization, 1973. Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Health Safeguards. Technical Report Series No. 517.
- World Health Organisation (1980). *Manual of Basic Techniques for a Health Laboratory*. ISBN 92 4 154145 8.
- World Health Organisation (1981). *Intestinal Protozoan and Helminthic Infections*. Technical Report Series No. 666, Geneva.
- World Health Organisation (1985). *General strategies for prevention and control of intestinal parasitic infections with primary health care (PHC).* Informal PDP document PDP/85.1, Geneva.
- World Health Organisation (1987*). Prevention and Control of Intestinal Parasitic infections.* Tec. Rep. Ser. No. 749, Geneva: World Health Organisation.
- World Health Organisation (1988). Health Guideline for Reuse of Effluent.

- World Health Organisation (1989). *Health Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Wld. Hlth. Org. Techn. Rep. Ser. No. 778.
- WHO/EMRO Regional Office (1989). Biennial Report of the Regional Director for the Eastern Mediterranean. 1987-1989. Regional Committee Document EMRO 3612, Alexandria.
- World Health Organisation (1995). "Developing Human Health-related chemical guidelines for reclaimed wastewater and sewage Sludge Application in Agriculture. WHO / EOS/95.20.
- Yanko, W. A. (1987). “Occurrence of pathogens in distribution and marketing municipal sludges”. County Sanitation Districts of Los Angeles County, Whittier, CA. NTIS Publication No. PB88-154273-AS, pp. 159-161.
- Zhou, B., Fengling, L. and Junmou, L. (1985). The use of methylene-eosin-borax stain in determining viability of *Ascaris* ova. *J. Parasitol. Paras. Dis.*, **3 (1)**: 48-49.