

تلوث الأراضي الصحراوية بالمعادن الثقيلة وتقنيات حديثة للسيطرة عليها

مصطفى حسن هلال

المركز القومي للبحوث بالقاهرة

E. mail mosyafahilal@hotmail.com

الملخص

من المعروف أن أي نشاط إنساني يؤدي إلى تغيير كبير في البيئة المحيطة به . وعلى سبيل المثال فإن نظم الزراعة الصحراوية تشجع من إنتشار الطفيليات وتعمل على إستنزاف العناصر الغذائية وعلى زيادة الملوحة والقلوية وعلى تراكم عدد من الملوثات بالتربة وتبعاً لذلك تتدهور أراضي المناطق الجافة بمعدلات مختلفة .

وبالرغم من أن الملوثات العضوية والمبيدات تمثل تهديداً مباشراً للإنسان والحيوان والنبات إلا أنها تتحلل بسرعة تحت ظروف المناطق الجافة . ولكن المعادن الثقيلة تتراكم بالتربة عاماً بعد عام وأصبحت تمثل تهديداً مزمناً للإنتاج النباتي والحيواني ولصحة الإنسان .

ولقد أوضحت العديد من الدراسات أن معادن الزئبق والكادميوم والرصاص والنيكل والكروم والزنك والنحاس تصل إلي تركيزات سامة في الأراضي المعرضة للتلوث .

هذا وتجد المعادن الثقيلة طريقها إلي التربة من جراء الصرف الصناعي والصرف الصحي وغبار المصانع وعوادم إحتراق وقودالسيارات ومحطات القوى كما أن عمليات التسميد الكثيف وغير المتوازن غدت أحد الأسباب الرئيسية لتلوث التربة ومن العوامل المباشرة لتدهورها .

وفي هذه الدراسة تم إجراء تقييم إحصائي لتراكم المعادن الثقيلة من مصادر التلوث المختلفة علي مدى 2.عاماً في كلاً من دلتا النيل ومناطق التوسع الصحراوية المتاخمة . كما تم دراسة العوامل المؤثرة علي ديناميكية وتوزيع المعادن الثقيلة بالتربة وتقدير التركيزات الحرجة لبعض منها بالإضافة إلي ذلك أجريت تجارب حقلية ومعملية لأختبار مدى كفاءة بعض التقنيات الحديثة للسيطرة علي الآثار الضارة للتلوث وكان من أهم النتائج :

- تتراكم بمناطق التوسع الصحراوي الملوثات المعدنية بدرجة أكبر كثيراً منه في الدلتا .
- تضاعفت سمية النيكل 8 مرات بإرتفاع تركيزات النحاس والزنك بالتربة إلي مستويات محددة .

ولذلك فإن استخدام المعادلة التالية يعتبر ذو فائدة كبيرة لتقييم تلوث التربة

$$\text{معدل التلوث الثلاثي (مكافئ الزنك)} = 8 \text{ نيكل} + 2 \text{ نحاس} + \text{زنك}$$

- أوضحت الدراسات الحقلية أنه عند وصول هذه القيمة إلى 120ppm يتم تثبيط الميكروبات المثبتة للأزوت بدرجة كبيرة ويؤدي التلوث بالرصاص والنيكل إلى مضاعفة فقد النيتروجين من التربة بالغسيل.
 - بينت التجارب الحقلية نجاح كلاً من التسميد المتوازن وإضافة مخصب الناييل فريتيل ومغنطة مياه الري في الحد من أضرار التلوث بالمعادن الثقيلة .
- الكلمات الدالة: تثبيت الأزوت - فقد النيتروجين - التسميد المتوازن - مغنطة مياه الري - إضافة مخاليط الكبريت السمادية.

المقدمة

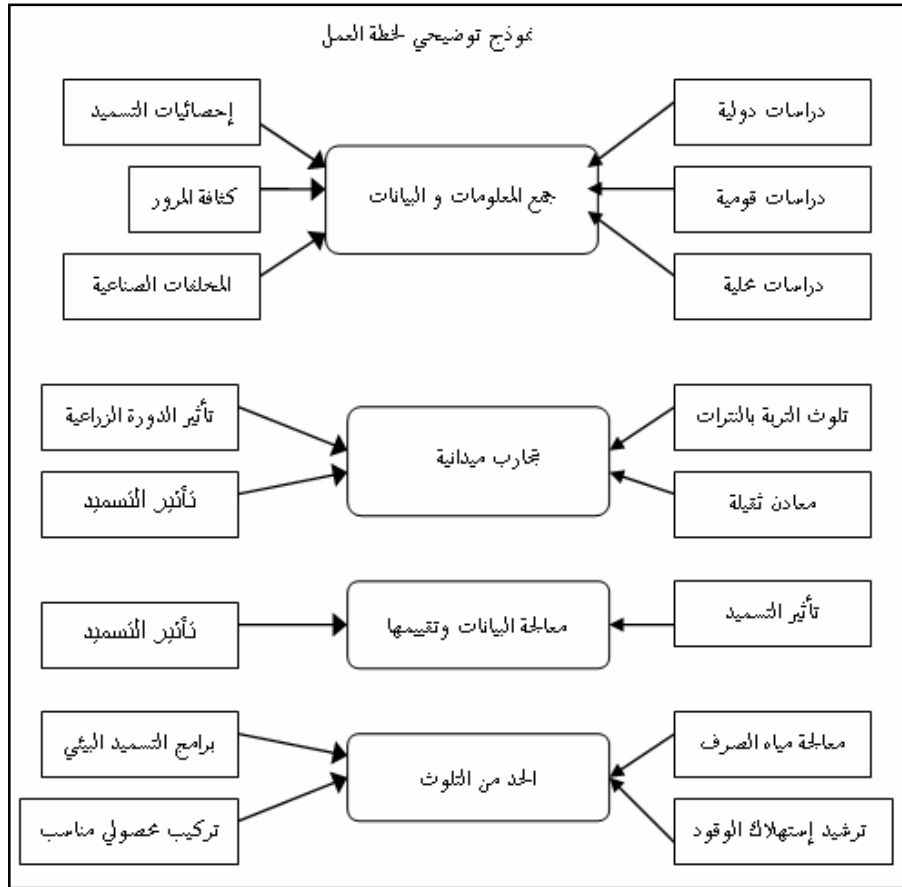
عوامل تدهور التربة يمكن تعريف تدهور النظم الزراعية علي أنه أى تغير يطرأ على الحقل ويؤدي إلى انخفاض الإنتاج النباتي والحيواني كماً ونوعاً ولقد أعزى هلال وآخرين (1995) تدهور نظم الزراعة الصحراوية إلى عدة عوامل منها

- (1) تعرض التربة للإنجراف .
 - (2) تكوين طبقات صماء .
 - (3) إرتفاع الملوحة والقلوية في التربة ومياه الري .
 - (4) إختلال التوازن الغذائي والعنصري نتيجة لاستنزاف بعض العناصر وتراكم البعض الآخر .
 - (5) تراكم المعادن الثقيلة بسطح التربة وغسيل النترات إلى المياه الجوفية .
- ولقد قام هلال وآخرين (1995) بدراسة شاملة على مدي خمس سنوات في مصر لتقييم التدهور الناتج عن عوامل التلوث وأوضحوا خطة العمل لهذه الدراسة على النحو الوارد بالشكل (1).
- ولقد حظيت مشاكل تلوث التربة والماء والغذاء بالنترات والمعادن الثقيلة إهتماماً عالمياً واسع النطاق نظراً لاضرارها المتزايدة والمزمنة : (Chumply (1971) -Green land and hays (1981) -Cotteni et al (1982) وفي تصنيف لمظاهر التلوث أضاف هلال وآخرين (1995) أن الضرر البالغ الناتج عن المبيدات ومشتقات البترول تمثل خطراً مباشراً في المناطق الجافة إلا أنها تتحلل بمعدلات عالية وتترك أثراً متبقياً قليلاً . وأما مشكلة التلوث بالنترات فهي تنحصر في وجودها في الغذاء وخاصة في المحاصيل الجذرية والورقية وفي وصولها إلى المياه الجوفية ومياه الشرب ولكن تحولات صور النتروجين بالتربة تعتبر سريعة وأثرها المتبقى على النظام الزراعي يرتبط فقط بالتسميد الكثيف وغير المتوازن للمحاصيل .

التلوث بالمعادن الثقيلة

أما العناصر الثقيلة فهي تصل إلى التربة من عدة مصادر وتتراكم بسطح التربة ومنطقة الجذور عاما بعد عام وأصبحت تمثل تهديداً مزمناً للإنتاج النباتي والحيواني وعلى صحة الإنسان . ولقد نوه عدد من الباحثين بأن معادن الزئبق والكادميوم والرصاص والنيكل والكروم والنحاس والزنك تسبب أضرار بالغة للبيئة ولصحة الإنسان وقد يصل تركيزها بالتربة إلى معدلات سامة .

ولكن هلال وآخرين (2001) أضافا بأن احتمالات التلوث بالرثيق أو الكروم أو الكاديوم تعد محدودة في المناطق الصحراوية (حول بعض الأنشطة الصناعية) ولكن التلوث بعناصر الرصاص والنيكل والنحاس والزنك يعتبر أكثر احتمالاً وانتشاراً .



شكل (1) : تقييم تدهور التربة الناتج عن عوامل التلوث في مصر:

المصادر غير الزراعية للتلوث بالمعادن الثقيلة

تصل مخلفات الأنشطة غير الزراعية من صرف صحي و صرف صناعي و عادم السيارات بالضرورة إلى التربة في البيئة المحيطة وتساهم بنسبة كبيرة في تراكم المعادن الثقيلة بالتربة . فمياه الصرف الصحي والصناعي يعاد استخدامها في الري . أما عادم السيارات فيتساقط على المساحات المتاخمة للطرق السريعة والزراعية ويعتبر المصدر الرئيسي للتلوث بالرصاص .

ولقد أشار عبد الهادي وآخرين (2001) أنه تحت ظروف ندرة المياه فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الري يصبح شائعاً في المناطق الجافة وتكتسب إعادة الاستخدام هذه إهتمام الباحثين نظراً لأنها مصدر خطير لتلوث الأرض والغذاء بالإضافة إلى كونها الأكثر وجوداً في المناطق الصحراوية ، وأشار بلال إلى الأختلافات الموسمية في تحاليل مياه الصرف الصحي وإلى أهمية محطات المعالجة .

ولقد وجد أيضاً أن الاستخدام طويل الأجل لمياه الصرف الصحي قد أدي إلى تراكم معنوي في الزنك والرصاص والكاديوم واليورون ، وأوضح شاهين (1988) أن تركيزات الزنك والرصاص والمنجنيز قد زادت بالمنطقة الصناعية بجلوان من 7 إلى 16 ضعف تركيزاتها في الأراضي الزراعية غير المتأثرة بالتلوث .

وقد سبق أن أوصى هلال وآخرين (1995) بقصر استخدام مياه الصرف الصحي لري الأشجار الخشبية ونباتات الزينة والمسطحات الخضراء وتلافي استخدامها لري الخضر والفاكهة .

التسميد و التلوث بالمعادن الثقيلة

كما سبق أن قام هلال وآخرين (1995) بإجراء دراسة شاملة تم فيها تقييم إحصائي وبيئي لاستخدام الأسمدة المعدنية والعضوية بمصر وأوضحت الدراسة أن الأسمدة المستخدمة في مصر تقترب في محتواها من الشوائب و المعادن الثقيلة من المعدلات العالمية - إلا أن معدلات أستهلاك الأسمدة في مصر تعتبر مرتفعة جداً عن معدلات التسميد في كثير من دول العالم . وعلى ذلك فإن تلوث التربة يرتبط بالتسميد الكثيف وغير المتوازن أكثر من إرتباطه بنقاوة الأسمدة .

ويوضح الجدول (1) تركيزات الشوائب المعدنية في أهم الأسمدة المستخدمة في مصر .

وبحساب الكميات الفعلية من الاسمدة المستخدمة في محافظات مصر على مدي 20عاماً- أتضح أن هناك إستقراراً كبيراً في إستهلاك الأنواع المختلفة من الأسمدة لوحدة المساحة . وإرتبط إستهلاك أنواع الأسمدة المختلفة بالتركيب المحصولي في كل محافظة و كذلك بالمواقع الجغرافية لمصانع الأسمدة في مصر .

ولكن إجراء دراسة إحصائية لأستهلاك الاسمدة على مدي قصير وتقييم اثرها على تراكم الملوثات يكون متغيراً وليس مفيداً لتحديد بؤر التلوث .

ديناميكية المعادن الثقيلة بالتربة

لقد أوضح شافعي وآخرين (2001) أن التأثير الضار والملوث للتربة بعناصر النحاس والزنك والنيكل والرصاص يرتبط بتوزيعها في قطاع التربة وهجرتها من منطقة الإضافة إلى مجال الجذور . وأفاد بأن المعادن الثقيلة تتحرك مع المحلول الارضي إما في صورة أيونات ذائبة أو في صورة مخلبية وكذلك في صورة مصاحبة لجزيئات أو خلايا متحركة. و فقط عندما تتراكم هذه العناصر في مجال الجذور ويتم امتصاصها بوهسطة النبات تتسبب في ضرر مباشر للنبات . وقد تصل الى اللبن والمنتجات الحيوانية الاخرى . أو يتم غسلها إلى أسفل وتتسبب في تلوث الماء الأرضي ومياه الشرب .

وتهتم هذه الدراسة بسبل تقييم مصادر التلوث ودراسة العوامل المؤثرة على نشاط المعادن الثقيلة وإنعكاسها على التربة والنبات. وكذلك على إيجاد وسائل جديدة وفعالة للسيطرة على التلوث .

جدول (1) : محتوى بعض الأسمدة من المعادن الثقيلة :

تركيز الشوائب المعدنية (ppm)					السماذ
كادميوم	رصاص	نيكل	نحاس	زنك	
0.83	20.5	13.2	0.8	13.5	سلفات الأمونيا
5.8	35.0	60.0	12.0	40.0	نترات الأمونيا
1.1	18.7	8.3	0.9	3.0	اليوريا
13.5	30.0	114	70.0	265	سوبر فوسفات
2.0	23.0	44	3.8	1.3	كبريتات بوتاسيوم
4.9	67	68	13.5	315	سماذ القمامة
7.8	368	73	11.5	976	سماذ البودرت
1.2	13.5	15	11.1	93	السماذ البلدي (سماذ المزرعة)

المواد وطرق البحث

مواد جديدة للسيطرة على التلوث

1. نايل فرتيل : منتج طبيعي يتكون من الكبريت العنصري ومجموعة من الخامات الجيولوجية الغنية في بعض العناصر السمادية بالإضافة إلى مواد مغناطيسية ومعادن طين - بالإضافة إلى لقاح من الميكروبات المؤكسدة للكبريت والمنتجة للحمض. ويقوم بإنتاج هذا المخصب شركة الجيزة لإنتاج المخصبات بمدينة السادات - تحت إشراف المركز القومي للبحوث بالقاهرة .
- ويستخدم النايل فرتيل حالياً على مستوى تطبيقي واسع لجميع المحاصيل وتحت ظروف بيئية مختلفة.
2. وحدات مغناطيسية لمعاملة مياه الري: يتم استخدامها لمغنطة مياه الري متوسطة الصلاحية والوحدة المغناطيسية هي عبارة عن ماسورة قطر 6 بوصة (ماجنيترون) تصرفها حوالي 140 متر مكعب / ساعة . تركب على مخرج طلمبة الري وتكفى لري 60 إلى 70 فدان . (من إنتاج شركة التقنيات المغناطيسية بدبي)

خطوات الدراسة

- تقدير المعادن الثقيلة التي تصل الى التربة من مصادر مختلفة على مدى 2. عاما ومدى ارتباطها بواقع التلوث الميداني.
- وضع محددات ومعايير للاثر المتداخل لبعض الملوثات المعدنية: (التلوث الثلاثي).
- دراسة حركة المعادن الثقيلة تحت ظروف مختلفة.
- تقييم مظاهر التلوث الثلاثي وأبعاد التلوث بالرصاص.
- اجراء دراسات وتجارب معملية وحقلية لإرساء تقنيات حديثة للسيطرة على التلوث.

التجارب والتحليل

- **التقييم الحقلى:**
- تم جمع عينات من الارض والنبات والمياه والالبان من مناطق مختلفة من حيث شدة واسباب التلوث الكيماوى . وتم تقدير بعض المعادن الثقيلة فى هذه العينات ومقارنة تركيزاتها بالقيم المحسوبة احصائيا. وتم أيضا تقييم النشاط الحيوى وتكوين العقد الجذرية على جذور البقوليات.
- **تجارب اعمدة التربة:**
- تم تحضير عدة مجموعات من اعمدت البليكسي-جلاس بقطر 1.سم وبارتفاع 90سم . وتم تعبأة الاعمدة الى عمق 60سم بعينات تربة مختلفة. واضيف الى الاعمدة اوزان من المعدن الثقيلة تكافئ المتراكم منها فى الحقل فى 20سنة. وبعد التحضين (لمدة شهرين) عند رطوبة مناسبة تم زراعة 6 نباتات من السورجم فى كل عمود واخذت عينات نباتية للتحليل فى مراحل نمو مختلفة كما اخذت عينات تربة من أعماق مختلفة بعد حش السورجم.
- **تجارب الاصص:**
- أجريت تجربة اصص لتقدير امتصاص الزنك والنحاس والنيكل بواسطة نباتات السورجم المنماة على تربة ملوثة معمليا . وبعد 6.يوما من النمو تم حش السورجم وتقدير محتواه من المعادن الثقيلة.

معالجة مظاهر التلوث وطرق حديثة للسيطرة عليها:

- لتحقيق تنمية متواصلة لنظم الزراعة الصحراوية وإتباع ممارسات زراعية آمنة بيئياً تم تقييم استخدام التقنيات المغناطيسية الحديثة لمغنطة مياه متوسطة الصلاحية وذلك لرى مساحات واسعة من بساتين للموالح والزيتون تعانى من ندرة المياه الصالحة. وتم متابعة نمو وانتاج الاشجار ومعدلات امتصاص العناصر الصغرى والمعادن الثقيلة.وتقييم معاملة التربة بمخلوط الكبريت السمادى - نايل فريتيل - (المنتج خصيصاً لمعالجة عيوب التربة وتنشيط امتصاص العناصر الغذائية) .

النتائج والمناقشة

مصادر التلوث وتراكم المعادن الثقيلة

سبق ان استعرضنا المصادر الرئيسية لتلوث البيئة الصحراوية وتبين ان معظم المتراكم من الزنك والنيكل يرتبط باليسميد المعدن والعضوى بينما يعد المرور والصرف الصناعى والصحى المصدر الرئيسى للتلوث بالرصاص والنحاس والكادميوم. ويقارن الجدول (2) الكميات الكلية المتراكمة من الرصاص ومن عناصر النحاس والزنك والنيكل ومعدل تلوثهم الثلاثي - وذلك في محافظات دلتا مصر المستقرة زراعيًا . وفي مناطق التوسع الصحراوية حيث التسميد المعدن والعضوى كثيف وغير متوازن - وكذلك في اقليم القاهرة الكبرى المتأثر بنشاط صناعى وكثافة مرورية عالية. وتوضح النتائج أن معدلات التلوث بمناطق التنمية الصحراوية تصل الى ضعف أو ثلاثة اضعاف معدلات تلوث الدلتا بينما تعدت هذه المعدلات في القاهرة الكبرى 5 اضعاف الدلتا والوادي.

وحدير بالذكر ان القيم الوردية تمثل اجمالى ما وصل الى اراضى الاقليم في 2.عاما وموزعة على مساحة الاقليم بالفدان وليس من المتوقع احتفاظ سطح التربة بهذه الكميات فمنها ما يتخلل التربة ومنها ما يمتصه النبات. ولقد بينت دراسة سابقة بواسطة هلال وآخرين (2001) أن الرصاص المستخلص من التربة يقل بواقع 4 الى 65% عن المعدل المقدر احصائيا - ولكن النيكل كان دائما اعلى من القيم الاحصائية وخاصة بجنوب الدلتا. ويشير ذلك ايضا الى ان النيكل يرتبط تراكمه باضافة الأسمدة والتسميد المستمرة منذ اكثر من 60عاما. بينما يرتبط تراكم الرصاص بالأنشطة المرورية والصناعية الحديثة نسبيا بهذه المنطقة .

حركة وتوزيع المعادن الثقيلة بالقطاع الأراضى

في دراسة لمقارنة حركة وتوزيع المعادن في الأراضى الرسوبية بتلك في الأراضى الصحراوية (الرملية والجيرية) أجريت عدة تجارب في اعمدة تربة من اراضى مختلفة وأضيف على سطح الأعمدة كميات من المعادن تعادل 2.ضعف تركيزاتها في اسمدة NPK المعتاد استخدامه للتسميد. وبعد تحضير الأعمدة تم تخزينها 65 يوما مع ريها اسبوعيا. ومن ثم استخلاص المعادن بواسطة DTPA من عينات تربة على أعماق مختلفة. وتوضح النتائج بالجدول (3) ان الكروم لا يكاد يتحرك في التربة ويتراكم بالطبقة صفر الى 5 سم. ولكن الرصاص ينتشر خلال عمود التربة حتى عمق 60 سم .

وكانت حركة الرصاص خلال الأراضى الرملية والجيرية اعلى منه في الأراضى الرسوبية وتبين كذلك ان حركة النيكل كانت محدودة مقارنة بالرصاص.

بالاضافة الى ذلك فان نسبة كبيرة من الكروم قد تحولت الى صورة غير قابلة للاستخلاص بينما بقي الرصاص قابلا للامتصاص والحركة حتى نهاية فترة التجربة. وبناء على ذلك فان الرصاص يمثل تهديدا مباشرا للغذاء والماء الأراضى. ولكن الكروم ثم النيكل تتراكم بالتربة بمعدلات اكبر.

إمتصاص المعادن الثقيلة

يوضح الجدول رقم (3) أن معدل أستتراف الرصاص من الأراضي الطميية يعادل 82 % من المضاف بينما كان معدل أمتصاص الكروم من الأراضي الجيرية 1 % فقط . وكان إمتصاص الرصاص من جميع الأراضي ضعف أو ثلاثة أضعاف إمتصاص النيكل . ومن مراجعة توزيع كلاً من الرصاص والنيكل بأعمدة التربة يتبين أن النبات في جميع مراحل نموه قادر على إمتصاص الرصاص الذي ينتشر في كل القطاع ، بينما يكون إمتصاص الجزء الأكبر من النيكل في مراحل النمو الأولى حيث أن حركة إلى أسفل القطاع محدودة .

وبالفعل فعند تقدير الإمتصاص (ميكروجرام للاصيص) بعد شهر وبعد شهرين من زراعة السورجم في أراضي طميية إتضح أن إمتصاص الرصاص والنيكل بعد شهر كان متقارب (270 ، 297 على التوالي) ولكن بعد شهرين من النمو كان إمتصاص الرصاص 5 أضعاف النيكل (1315 ، 275 على التوالي) .

ولقد أختلف إمتصاص النيكل من التربة باختلاف تركيز عناصر ثقيلة أخرى وخاصة الحديد والزنك والنحاس . وعند إضافة معدلات مختلفة من النيكل منفرداً ينخفض تركيز الحديد قليلاً ويرتفع تركيز النيكل قليلاً بدون تأثير يذكر على إمتصاص الزنك والنحاس (جدول رقم 4) . ولكن عند إضافة معدلات من (النحاس + الزنك) مع النيكل إنخفض إمتصاص الحديد إلى النصف وتضاعف إمتصاص النيكل بدون تأثير يذكر على إمتصاص أيّاً من النحاس أو الزنك . ويبدو أن التركيزات المرتفعة من النحاس + الزنك تعمل على زيادة نفاذية النيكل خلال أغشية خلايا الإمتصاص ، وتعوق في نفس الوقت إمتصاص الحديد .

و يعتمد معدل إمتصاص العناصر الثقيلة كذلك بدرجة كبيرة على نوع النبات . وبين الجدول (5) تباين في قدرة نباتات مختلفة على إمتصاص وتركيز المعادن الثقيلة - فعلى سبيل المثال فإن نبات الهايسين المائي (ورد النيل) يعمل على تجميع 60 ، 59 جزء في المليون من الزنك والرصاص على التوالي مقارنة بـ 30 ، 38 فقط لحشيشة مائية أخرى في نفس المياه

وبالنسبة للأعلاف يمتص البرسيم كميات أعلى من معادن الزنك والنحاس والرصاص مقارنة بنبات السورجم النامي في نفس المنطقة - وتختلف أشجار الفاكهة أيضاً فيما بينهما ويمتص النخيل أقل هذه المعدلات .

جدول رقم (2) : التراكم الإجمالي للمعادن الثقيلة والمعدل الثلاثي للسمية (كجم للفدان) على مدى 2. عاماً في المناطق الرسوبية والصحراوية بمصر :

معدل التلوث الثلاثي	إجمالي المعادن المتراكمة من شتى مصادر التلوث				الأقليم
	زنك	نحاس	نيكل	رصاص	
29.7	9.5	1.7	2.1	13.6	أراضي رسوبية
21.2	7.2	1.4	1.4	10.8	- مصر العليا
28.2	9.6	3.3	1.5	20.8	- مصر الوسطى
					- الدلتا
80.6	31.5	12.0	3.2	35.0	أراضي التنمية الصحراوية
56.9	5.2	11.0	1.8	32.0	- غرب الدلتا
					- الإسماعيلية وشرق الدلتا
77.8	26.8	13.5	3	65.0	القاهرة الكبرى

جدول رقم (3) : توزيع المعادن الثقيلة بأعمدة التربة بعد 6. يوماً من معاملتها بمجموعة من المعادن:

العناصر المستخدمة من أنواع التربة المختلفة (ميكروجرام/جم)									عمق العينة (سم)	المعاملة
تربة رملية			تربة جيرية			تربة رسوبية طميية				
كروم	نيكل	رصاص	كروم	نيكل	رصاص	كروم	نيكل	رصاص		
←			مليجرام لعمود التربة			→			سطحية	المعادن المضافة للأعمدة
7.0	3.9	2.7	7	3.9	2.7	7.0	3.9	2.7		
←			ميكروجرام/جم التربة			→			60 إلى 60 سم	المقارنة تربة غير معاملة ومتجانسة
0.2	0.4	1.0	0.2	1.3	1.5	0.3	0.8	3.0		
1.1	1.9	3.6	1.2	2.9	3.6	1.5	2.2	5.6	5 -	أعمدة معاملة بأسمدة NPK وبالمعادن الثقيلة
0.3	0.9	3.4	0.3	1.6	3.4	0.5	1.5	4.2	10 - 5	
0.3	0.8	3.4	0.3	1.3	3.0	0.5	1.2	4.2	30 - 10	
0.2	0.8	2.9	0.3	1.2	2.4	0.5	1.2	4.2	60 - 30	
% 1	% 3	% 7	% 15	% 21	% 60	% 13	% 20	% 82	60 إلى 60	المستزف بواسطة السورجم % من المضاف

جدول رقم (4) : التأثير المتداخل لإضافة النيكل والنحاس والزنك إلى أراضي طميية على إمتصاص السورجم لهذه العناصر بالإضافة إلى الحديد (خلال 65 يوم من النمو) :

تركيز المعادن في نبات السورجم (ppm)				معدل إضافة النيكل (ppm)	معدل إضافة الزنك + النحاس (ppm)
حديد	نيكل	نحاس	زنك		
1100	17	14	83	صفر	صفر
980	19	13	88	25	صفر
950	.2	12	89	50	صفر
650	32	11	89	50	40
480	55	12	95	50	80

مظاهر التلوث بالمعادن الثقيلة

تلوث الخضر بالرصاص

اجريت دراسة لتقييم حالة الخضر التي تصل الى المستهلك ، حيث تتعرض أثناء النقل والتداول في الأسواق الى تلوث الهواء بالرصاص - ويبين الجدول رقم (6) ان محتويات الخضر الورقية من الرصاص تتضاعف عدة مرات في الأسواق مقارنة بمواقع الانتاج الحقلية . ويتبين ان حدة التلوث تتزايد في الأسواق الزدحمية . بينما وصل الرصاص في سوق روض الفرج للحملة في بعض الخضر الي 26 ppm كان 4 ppm فقط في حقل متأثر بكثافة مروورية عالية. هذا وتقل مخاطر التلوث بالرصاص كثيرا في الخضر غير الورقية .

تلوث الألبان بالرصاص

ذكرنا سابق أن نباتات الأعلاف تتأثر بكل من مصادر التلوث بالهواء والماء والتربة . وبمراجعة تحاليل ألبان الجاموس الذي يتغذى على اعلاف من مواقع مختلفة - يتبين من جدول (7) أن الرصاص لم يتعدى أبداً 100 جزء في البليون في اللبن ، بالرغم من أن تركزة بالرسميم قد تجاوز 20 (ppm) ويبدو أن الرصاص لايمتنص عن طريق الأمعاء ويطرد جزء كبير منه عن طريق الروث . ولكن إمتصاص الزنك عن طريق الأمعاء كان عالياً وتركيزه في اللبن كان عالياً جداً مقارنة بالرصاص ، ومع ذلك فان وجود الزنك في اللبن يعتبر مرغوب فيه .

المعادن الثقيلة والإنتاج النباتي

تشير نتائج عدد من التجارب أن الكروم هو أشد العناصر تأثيراً على الإنبات حيث فشلت إنبات الذرة تماماً في أكثر من محاولة عند وصول تركيز الكروم إلى إنتاج 10 جزء في المليون وأدت إضافة مخلوط من الزنك والنحاس والنيكل بتركيز 25 ، 5. جزء في المليون إلى نقص واضح في الوزن الجاف بدون تأثير يذكر على الإنبات وعموماً فإن المستويات المرحجة للإنتاج النباتي تفوق كثيراً ما هو مسموح به بغذاء الإنسان والحيوان وعلى ذلك فإن هذه الدراسة تركز على حركة العناصر في التربة وتراكمها في الأجزاء المأكولة من النبات .

وارتفاع نسبة الرصاص بالتربة أدى إلى نقص في نمو الطماطم في مراحل النمو الأولى ونقص في الإنتاج في النهاية وزاد إمتصاص الرصاص بواسطة النبات إلا أن النبات يمتلك قدرة كبيرة للسيطرة على تركيز الرصاص داخل الثمار .

جدول رقم (5) : قدرة نباتات مختلفة على تركيز وإمتصاص بعض المعادن الثقيلة من بيئة ملوثة :

تركيزات المعادن في النبات (ppm)				البيئة والموقع	النباتات
رصاص	كاديوم	نحاس	زنك		
59 38	1.1 2.3	32 12	60 30	مصرف مسطرد (ملوث)	دسائنس مائية علايسين بيكتور ونا
46 19.0 8.5	2.0 1.5 0.9	15 5.1 3.1	23 16 8	منطقة ملوثة بمسطرد منطقة ملوثة بمسطرد (رض خصبة (بالقنا)	أعلاف برسيم صورجس برسيم
70 79 62 67 43 32	2.5 2.3 2.2 2.5 2.2 2.2	7.5 5.0 2.8 7.2 2.7 8.5	22 13 14 16 23 15	مدينة السادات (بغلة ملوثة)	أسطار قاتية قن زبدون جوانة موالح كسري تخليل

جدول رقم (6) : تسويق الخضار الورقية كمصدر فعال في التلوث بالرصاص :

تركيزات الرصاص في النبات في مواقع مختلفة (ppm)				نباتات الخضار الورقية
سوق جملة الفرج	سوق نصف جملة العتبة	سوق استهلاكي الدقي	حقل إنتاجي بمنطقة صناعية مسطرد	
28	26	13	306	خس
26	23	18	5.7	حرجير
21	15	8	2.1	بروكلي
30	23	13	5.8	نعناع
25	14	8	3.9	ملوخية
26	20	12	4.2	متوسط

جدول رقم (7) : تركيز الرصاص والزنك في ألبان الجاموس التي تتغذى من مناطق مختلفة في درجة التلوث بالرصاص

تركيزات بعض العناصر في اللبن (جزء في البليون)			درجة التلوث	مصدر العينة
حديد	زنك	رصاص		
200 إلى 850	800 إلى 2100	5 إلى 15	غير ملوثة	وسط الدلتا
150 إلى 380	1500 إلى 2500	15 إلى 25	مركز رئيسي لإنتاج اللبن	أوسيم
250 إلى 800	1800 إلى 2400	30 إلى 40	بالجزيرة	الشرقية
200 إلى 1700	1700 إلى 2100	30 إلى 60	متأثرة جزئياً	الدقهلية
150 إلى 550	1100 إلى 1600	60 إلى 100	متأثرة جزئياً	الجزيرة
			متأثرة بالرصاص	

التلوث بالنيكل وتأثير معدل التلوث الثلاثي على البكتريا المثبتة للأزوت

من المعروف أن للنيكل تأثير سام على الكائنات الدقيقة ويعتبر في حد ذاته مبيد فطري ولكن تأثيره السام على النبات يتوقف على تركيزات النحاس والزنك في مجال الجذور. ولقد سجلت كذلك علاقة بين سمية النيكل للنبات وبين تركيز ثنائي أكسيد الكبريت في الجو حيث يؤدي معاً إلى زيادة الأثر السام على النبات.

وتوضح النتائج في جدول رقم (8) تأثير سلبى لمعدل التلوث الثلاثي على كلا من التعداد الكلي للبكتريا والبكتريا المثبتة للأزوت. بينما تأثرت أعداد الأكتينوميستس إيجابياً. وكانت معدلات التلوث الثلاثي ترتبط بالقرب وبالبعد عن المناطق الصناعية في التبين والصف، فكان التعداد الكلي للبكتريا 4×10^4 قرب المصانع وكانت 3×10^6 بعيد نسبياً عن المصانع. وكانت البكتريا المثبتة للنيتروجين لا تكافئياً أكثر الميكروبات الميكروبات حساسية للتلوث.

فقد الأسمدة من التربة

من نتائج دراسات الأعمده تبين أن تلويث التربة بالنيكل او بالرصاص تعمل على حدوث فقد كبير للأسمدة النيتروجينية من التربة بالغسيل. فعلى سبيل المثال فان فقد النترات من عمود التربة المعامل باسمدة NPK فقط وصل الى 60 ملجم للعمود وزاد الفقد الى 225 ملجم من العمود المعامل باسمدة + معادن ثقيلة. وهذا يعطى بعدا اقتصاديا هاما لتلوث التربة الزراعية.

معالجة التربة المتأثرة بالتلوث وتقنيات حديثة للسيطرة على أضرارها

تأثر قلووية التربة تأثيرا كبيرا على امتصاص النباتات للعناصر الثقيلة حيث يرتفع تركيز الكاديوم في نبات البسلة عدة أضعاف في الأراضي التي تميل الى الحامضية كما زاد في القمح 45 ضعفا تحت الظروف الحامضية. ولذلك يجب تجنب التسميد العضوى الكثيف في المناطق المعرضة للتلوث للحد من امتصاص بعض المعادن الثقيلة. ولقد وجد أن أعراض تسمم النيكل في السبانخ تتضاعف في حالة نقص الكالسيوم او البوتاسيوم. وعلى ذلك فان التسميد البوتاسى وتنشيط ذوبان الكالسيوم يقلل كثيرا من أثار التسمم بالنيكل.

جدول رقم (8) : المعدل الثلاثي للسمية (معامل الزنك) في أراضي متأثرة بالتلوث الصناعي والصحري الصحي في منطقة التين ، ومدى تأثيره على النشاط الميكروبي بالتربة وعلى مثبتات الأزوت بنبات البرسيم :

عدد العقد الجذرية	تعداد البكتريا المثبتة للأزوت	التعداد الكلي		المعدل الثلاثي للسمية
		أكتينو مبيستيس	بكتريا	
	$10^3 \times$	$10^4 \times$	$10^5 \times$	
52	120	5	29	31
42	37	23	12	39
36	19	44	705	48
23	13	48	605	52
8	9	38	405	59
صفر	7	64	4	86
صفر	4	92	3	96
صفر	صفر	98	005	120

ولما كان التسمم بالنيكل يتضاعف من تأثير غاز SO_2 المنبعث من المصانع فيجب تلافى زراعة نباتات حساسة للتسمم بالنيكل في مثل هذه المناطق. وعلى العكس من ذلك فلقد أشار هلال (1990) الى الدور الهام لعنصر الكبريت في التنمية المتواصلة للأراضي الصحراوية ولكن هذا الدور يتبط ارتباطا وثيقا بوجود البكتريا المؤكسدة للكبريت بالتربة وأضاف هلال و عبد الفتاح (1987) ان نسبة الطين الى كربونات الكالسيوم يعد عامل شديد التأثير عتى استجابة الأراضي الجيرية لاضافة الكبريت بالاضافة . الى ذلك فان الفسفور واليوريا تعمل على تنشيط دور الكبريت . وحديثا تم انتاج مخلوط متوازن من هذه المكونات مع عدد من الخامات الجيولوجية الغنية في العناصر السمادية وهو يعرف بمخصب الناييل فرتيل. NF

نايل فرتيل والسيطرة على التلوث

لقد ثبت نجاح مخصب الناييل فرتيل NF - وهو بديل طبيعي لطمي النيل -على مستوى تطبيقي كبير في علاج عيوب التربة الصحراوية ومضاعفة امتصاص العناصر الغذائية ورفع كفاءة الري وزيادة الانتاج بنسب كبيرة في ظروف بيئية مختلفة . وفي هذه الدراسة تم تقييم تأثير NF على حركة المعادن الثقيلة في التربة وعتى امتصاصها بواسطة النبات.

هذا ويستعرض جدول (9) خلاصة نتائج عدد كبير من التجارب الحقلية . وتبين النتائج أن معاملة الحقول الانتاجية بنايل فرتيل قد عمل على زيادة انتاج كلا من القمح والسمسم والبرسيم والصورجم والذرة زيادة كبيرة وفي الوقت نفسه عمل على تثبيط امتصاص النيكل والرصاص بنسب تتراوح بين 30الى60% بعكس الحال بالنسبة للزنك والنحاس فلقد زاد امتصاصها في كل الحالات . كما حدث نقص بنسبة 48% في تركيز النيكل في التربة المحيطة بمجذور البرسيم ونقص الرصاص بنسبة 20%.

مغنطة مياه الري والحد من مخاطر التلوث

الماء مثله مثل جميع المواد يكتسب طاقة مغناطيسية عند تعرضه لمجال مغناطيسي ويحتفظ بها لمدة 24 إلى 48 ساعة وتتغير تبعا لذلك الكثير من خواص المياه وترتبط طاقة المياه بشدة المجال المغناطيسي وبسرعة تدفق المياه . ولقد اجريت دراسة شاملة لتقييم التأثير الزراعي والبيئي والاقتصادي لاستخدام مياه ممغنطة في الري. ولقد تم تركيب وحدات لمغنطة المياه على طلمبات الري بثلاثة مواقع انتاج مختلفة بستان للموايح يروى بماء قليل الملوحة (1200 جزء في المليون) بستان زيتون يروى بماء عالي الملوحة (6000 جزء في المليون) حقل محاصيل يروى بماء متوسط الملوحة (3800 جزء في المليون).

- ومن نتائج تقييم سابقة لهلال وآخرين (7، 8، 9، 10) تبين ان مغنطة مياه الري تعمل على :
* خفض قلوية التربة

* ازالة أملاح الصوديوم من مجال الجذور

* زيادة امتصاص النبات للعديد من العناصر المغذية وعلى الاخص الكالسيوم والفوسفور والحديد
وبدرجة اقل البوتاسيوم

* انخفاض معدل البخر مما يرفع كفاءة استخدام المياه متوسطة الملوحة في الري.
* زيادة الانتاج وسرعة النضج .

وعلى العكس من ذلك فان نتائج هذه الدراسة بالجدول (9) توضح ان الري بماء ممغنط قد حد من نشاط بعض المعادن الثقيلة في التربة واعاقه امتصاصها بواسطة النبات والاهم من ذلك تثبيط انتقال معادن الرصاص والنيكل الى الحبوب والثمار ولقد حدث في السمسم مثلا انخفاض في تركيز النيكل في الحبوب من 62 الى 18 ppm نتيجة للري بماء ممغنط وانخفض الرصاص كذلك من 21 الى 7 ppm في حبوب السمسم ومن 45 الى 21 ppm في البرسيم ومن 19 الى 3 ppm بأوراق الموالح.

ولقد كان هناك تشابها كبيرا بين تأثير الري بماء ممغنط وبين اضافة NF علي زيادة امتصاص العناصر الغذائية وعلي اعاقه امتصاص النيكل والرصاص واتضح كذلك أن كلا المعاملتين يعظم أحدهم من دور الآخر زراعيا وبيئيا.

جدول رقم (9) : مغنطة مياه الري ومعاملة التربة بنايل فرتيل (NF) وأثره على إنتاج عدة محاصيل وعلى الحد من إمتصاص النيكل والرصاص :

ري -مغناط					ري -عادي					المحصول		
إمتصاص المعادن (ppm)				الإنتاج Kg/plot	إمتصاص المعادن (ppm)				الإنتاج Kg/plot			
رصاص	نيكل	نحاس	زنك		رصاص	نيكل	نحاس	زنك				
7.2	16.4	6.6	13.5	1330	15	30	4.6	12.0	890	NPK	قش قمح	
6.0	15.2	7.7	14.5	1700	7.4	19.8	4.9	13.5	1350	NF		
3.2	9.8	6.9	41.5	625	5.6	18.0	5.1	20.0	490	NPK	حبوب قمح	
2.4	8.1	7.2	47.5	780	3.1	12.1	5.0	30.0	585	NF		
11.0	18	19.5	39.5	125	21	62	19.4	37.0	96	NPK	سمسم حبوب	
7.0	15	19.8	42.0	145	16	32	19.6	39.0	116	NF		
21.0	18	21.5	27	--	45	26	19	19	--	NPK	مجموع خضري	
20.0	19	23.0	30	--	32	28	20.5	24	--	NF		
					4.5	1.61	8.1	2.5		NPK	برسيم المعادن بالتربة	
					3.6	0.87	9.6	3.5		NF		
					18	24	13	36	2.8	NPK	إنتاج حششتين برسيم	
					6	13	17	48	5.0	NF		
					12.2	9.0	19	63	1.85	NPK	سورجم حششتين	
					7.0	3.8	25	76	2.70	NF		
					فشل فى الإنبات						NPK	إنتاج ذرة
7.0	12.0	14.5	22.0	335	10.0	15.0	14.0	17.0	170	NF	تروى بماء مال كبرزان خضراء	
--	--		--	430	--	--	--	--	325	NF	كيزان فى مرحلة النضج	
إمتصاص المعادن من بستان للموايح بعد 4 شهور من تركيب وحدة المياه											أوراق	
8	26	23	45	(a) -	19	42	13	32	--	NF	الموايح	
3	25	20	47	(b)								

المراجع

- Abdel-Hady B.A., Hilal M.H. and Talha M. (2001).** Evaluation of possible heavy metal pollution on treated sewage water and soils allocated at El-Saff canal. *J. of Environmental Sc.*, V.2, No. 3.
- Chumpley, C.G. (1971):** permissible levels of toxic metals in sewage on used agricultural land. ADAS Advisory paper No, 10., MAFF, London
- Cotteni, A., Verloo, M., and Camerlynck R. (1982):** Biological and analytical aspects of soil pollution. Laboratory of Analytical and Agrochemistry. State University, Ghent-Belgium.
- Hilal, M.H. and Abdel-Fatah, A. (1987):** Effect of Ca CO₃ and clay content of alkaline soils on their response to added sulphur. *Sulphur In Agriculture*, V.II, , The Sulphur Ins., Washington D.C.
- Hilal, M.H. (1990):** Sulphur In Desert Agrosystem. Proc. Middle East Sulphur Symposium, Cairo, Egypt, Feb. 1990.
- Hilal, M. H. & Res. Teem (1995):** Evaluation of Soil Deterioration In Egypt due to pollution Factors. Technical Report, Egyptian. Acad. Of Sci. Res.
- Hilal M.H. and Hilal M.M. (2000):** Application of Magnetic Technologies in Desert Agriculture: I-Seed germination and seedling emergence of some crops in a saline calcareous soil. *Egypt. J. Soil Science*, 40, No.3. PP.413-423.
- Hilal M.H., and Hilal M.M.,(2000).** Application of magnetic technologies in desert agriculture. II- Effect of magnetic treated irrigation water on salt distribution in olive and citrus fields and induced changes of ionic balance in soil and plant. *Egypt. J. Soil Sci.* 40, No.3, pp. 423-435
- Hilal M.H., Shata S.M. and Hilal M.M., (2000).** Application of magnetic technologies in desert agriculture: III- Response of citrus to magnetized irrigation water in relation to mobilization of nutrient-elements in a sandy soil. International Colloquium for the Optimization of Plant. April 8-13 2000, Cairo, Egypt.
- M.H., (2000).** Prospects of magnetic treatment of irrigation water in Egyptian Agriculture. *Egyptian Soil Sc. Soc. Golden Jubilee Congress, Oct., (2000).* Plenary Lecture (11).

Hilal M.H., Shafei A.M., and Taalab A.S. (2000). Deterioration of Egyptian soils due to pollution factors: I-Statistical evaluation of heavy metal pollution of Egyptian soils. Egyptian Soil Sc. Soc., Golden Jubilee Congress, Cairo, (April- 2000).

Shafei A.M., Taalab A.S. and Hilal M.H., (2001). Deterioration of Egyptian soils due to pollution factors: II-Mobility and fate of biotoxic heavy metals in soils. AL-Azhar J. Of Agric. Res., Vol. 34, (Dec.) 2002

Shahin, R.R.; Abdel-Aal, S.I.; Abdel Hamid, M.A. (1988). Soil contamination with heavy metals by industrial activities at Helwan. Egyptian J. Soil Sci. 28, No. 4.