



## تأثير مياه الصرف الصحي على معدل النمو وعمليات التمثيل الغذائي وإنتاج محصول الفول

أ. م. زيد و ح. م. ابوالغاتي

قسم النبات كلية العلوم جامعة حلوان القاهرة مصر

### الخلاصة

انبات البذور ومراحل النمو الاولى لشتلات الفول حفزت بواسطة الري بمياه الصرف الصحي. تحفيز النمو هذا صاحبه توليف مركبات صبغية ، وكربوهيدرات، واحماض نووية، ومركبات نيتروجينية، تناقصت فيما عدا الاحماض النووية-N. نشاط انزيم amylase و invertase و protease يزداد بسبب من الممكن ان يعود إلى وجود الايونات المعدنية التي تعمل كمحفز ومنشط للأنزيمات. معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة الترسيب وبمخلفات الأرز أو EDTA يقلل من تأثيرها. أنماط حزم البروتين للبذور الناتجة تشير الى وجود حزم جديدة لها أوزان جزئية عالية كانت الملاحظة الأكثر أهمية في النباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي. ان تركيز عنصر الزنك والنحاس والكاديوم والرصاص يزداد بشدة في أجزاء النبات المختلفة كاستجابة لاستخدام مياه الصرف الصحي. معالجة مياه الصرف الصحي بالترسيب وبمخلفات الأرز أو EDTA يقلل من تراكم هذه العناصر، وبالأخص في المعالجة بالترسيب.



## المقدمة

تستخدم في أيامنا هذه مياه الصرف الصحي ورواسبه لتحسين الخواص الكيميائية والفيزيائية ومؤشر الخصوبة للتربة لزيادة معدل الإنتاج لوحدة المساحات. التلوث بالمواد المعدنية الصلبة ينتج عن استخدام مياه الصرف الصحي الغير معالجة. في حالة كميات صغيرة من مواد معدنية محددة تكون مهمة للحياة الصحية على سبيل المثال الحديد والنحاس والماغنيسيوم والزنك. ولكن زيادة المواد المعدنية في المياه والتربة ينتج تغير يؤدي إلى موت الخلية الحية في النباتات ويؤدي إلى زيادة المخاطر على صحة الإنسان عندما لتصل لنا من خلال الطعام الذي امتصه النباتات وابتلعه الحيوانات (Sanchez et al., 1999)

لقد وجد أن فضلات في مياه الصرف الصحي ورواسبه يؤثر على طول النبات ونضارته ووزنه ومعدلات إنتاج الحبوب، والبنجر. (Lutrac et al., 1982)، وكذلك على نسبة المساحات الخضراء بالنسبة لمساحة الأرض وأوراق الكتلة الحية (Brown, 1981). Harangoze et al. (1984) أضافوا أن المعالجة المسبقة لبنجر الفول بواسطة مياه الصرف الصحي تؤدي إلى زيادة طول كلا من الجذور والأغصان. فضلات مياه الصرف الصحي تعمل على زيادة محتوى الكلوروفيل والأكسجين (Drewa et al., 1993)، وكذلك مجموع السكر المذاب والسكروز (سكر القصب) (Mellberye et al., 1982). كما إن محتوى النيتروجين يزداد باستخدام فضلات مياه الصرف الصحي في القمح (Roszyk et al., 1989) وفي حبوب البازلاء ونباتات القطن (Lewis et al., 1992). محتوى نترات النيتروجين يقل في النباتات المروية بواسطة مياه الصرف الصحي (Belyuchenko and Deonov, 1988). وفي بحث لـ Fresquez et al. (1999) وجد إن معظم المواد المغذية بما فيها النباتات إن النيتروجين يزداد خطيا كنتيجة لتحسين ومعالجة مياه الصرف الصحي.

لكن، (Ito et al. (1991) لاحظ انه باستخدام مياه الصرف الصحي بمعدل  $60 \text{ t ha}^{-1}$ ، يؤدي إلى تحول النيتروجين إلى معدن بشكل سريع، وهذا يعزز نمو الامونيا الخطرة. ان نشاط إنزيم الـ proteinase وإنزيم الـ peroxidase في حبة البطاطا يزداد في الساق والجذر على التوالي، نتيجة لاستخدام مياه الصرف الصحي (Chakraborti, 1987).

ان عملية التخلص من المعادن الثقيلة Chelation process تعرف على إنها عملية تطويق وربط بالمعدن وإزالتها من الوسط. وتحدث هذه العملية من خلال استحداث ارتباط المعدن بالبيبتيد والبروتين مثل



metallothioneins و polyhistidines (Mejre and Bulow, 2001). يعتبر EDTA من أقدم طرق للتخلص من المعادن، كلا من (Namasivayam and Rangantham 1998) بينوا ان كلا من Citrate و EDTA يعملان على تقليل امتصاص ايونات النيتروجين  $Ni^{2+}$ ، في حين ان امتصاص  $Cd^{2+}$  يقل بشكل كبير في وجود acetate و citrate. (Azenha et al. 1995) وجدوا ان تعريض خلايا بكتيرية من نوع *P. syringae*  $100\mu M$  من النحاس يؤدي إلى موتها، مما يجعلنا نستنتج ان النحاس مسئولاً عن موت الخلية. ان عملية EDTA تقلل بشكل كبير كلا من مقدار النحاس المرتبط بالخلايا وموت الخلية، وهذا يشير إلى ان النحاس يعتبر وسيط جيد للتخلص من المعادن ولكنه ذو تأثير ضعيف على سمية النحاس وخطورته.

المخلفات مثل بعض أنواع الأحجار التي تعرف باسم molasses والدماء والعلف في صورة نفايات سائلة، تحتوي على أحماض دهنية كاربوكسيلية مختلفة، وأحماض سكرية وأحماض امينية ومركبات أخرى تعمل كمحلول فاحص لخصوبة التربة (extractants). (Xiong 1994) وضح ان امتصاص الكاديوم يزداد بقوة عندما يتم تحضين التربة بقش الأرز ونبته *Astragalus*، النتائج التي توصل لها تشير إلى ان pH لعينات التربة المعالجة تزداد بعد فترة الحضانة، مما يؤكد ان التغيرات في pH مسئولة عن الزيادة في امتصاص عنصر الكاديوم بواسطة عينات النباتات التي ترعرت في تلك التربة. استخدمت مخلفات التفاح كمزيل للمعادن الثقيلة مثل النحاس والرصاص والكاديوم مع التركيز على الرصاص أكثر من النحاس والكاديوم. ان وجود المواد العضوية يقلل من قدرة امتصاص النحاس نتيجة للتركيب المعقد لها، مخلفات التفاح ممكن تستخدم كوسيلة جيدة وغير مكلفة لامتصاص المعادن وإزالتها من المحاليل المائية (Sung et al, 1998).

البحث الحالي يهدف إلى دراسة تأثير استخدام الري بمياه الصرف الصحي على محصول الفول. والبحث يشمل أيضا دراسة مراحل الإنبات والشتلات والإثمار بالنسبة إلى معدل الإنبات والنمو والنشاطات الإنزيمية. تفاعل هيل Hill reaction (وهو يحدث كخطوة أولى في التركيب الضوئي بفصل الماء ليمنح إلكترونين لمركز التفاعل) وبعض المحتوى الأيضي، وكذلك أشكال أنماط ارتباط البروتين لإنتاج البذور، كمؤشر على الجينات وتأثرها بالمعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي. كما انه تم قياس تركيز الزنك والنحاس والكاديوم والرصاص في نباتات مختلفة.



## النتائج والمناقشة

استخدام مياه الصرف الصحي يزيد النسبة المئوية لإنبات بذور الفول بمقدار يصل إلى 98% بالمقارنة مع 92.5% للبذور المراقبة. السبب في زيادة نسبة الإنبات يعود إلى استخدام أنزيمات محفزة ( hydrolytic enzymes  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylases) وأنزيمات بروتينية في مياه الصرف الصحي. معالجة مياه الصرف الصحي بالترسيب ومخلفات الأرز أو EDTA يؤدي إلى نقصان كبير في التأثير المحفز وفي نسبة الإنبات والنشاطات الأنزيمية (الجدول 1). استخدام مياه الصرف الصحي يزيد النمو على سبيل المثال طول الأغصان والجذور ونضج والكتلة الجافة لشتلات الفول، وكذلك معدلات الإنتاج على سبيل المثال عدد حبات الفول لكل زرعه، وطول حبة الفول ونضجها ووزنها الجاف. معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة الترسيب ومخلفات الأرز و EDTA يقلل من تأثيرها المحفز. ان الفائدة الكبيرة التي من الممكن الحصول عليها من استخدام مياه الصرف الصحي تتمثل في الحصول على المواد المغذية للنباتات وتحسين خصائص التربة (Heckman et al.,1986). هذه المغذيات تنشط أنزيم الهيدرلايت خلال فترة الإنبات، مما يعمل زيادة كمية الهيدرولايزات مثل الجليكوز والأحماض الامينية، الضرورية لنمو محاور الجنين (Zeid and Shedeed, 2006). النتائج التي حصلنا عليها تدعم اقتراح Staniforth and Smith (1991) اللذان وضحا ان الزيادة في إنتاج المحصول هو نتيجة لزيادة معدل استخدام مياه الصرف الصحي كمزود للمواد الغذائية وبالأخص النيتروجين، والذي ينعكس على زيادة المحتوى الكلي للنيتروجين في المحصول.

استخدام مياه الصرف الصحي له تأثير ايجابي على تكوين أصباغ التمثيل الضوئي والنشاط البناء الضوئي. ومعالجة مياه الصرف الصحي بواسطة الترسيب ومخلفات الأرز أو EDTA يقلل من هذا التأثير الايجابي (الجدول 2). التأثير المحفز لمياه الصرف الصحي على المحتوى الصبغي يعود إلى ان مياه الصرف الصحي تعزز معدل البناء البيولوجي للكلوروفيل a و b. وجد ان الزيادة في مقدار الكلوروفيل يوازي الزيادة في النمو بمعنى ان هناك علاقة بين النمو ومقدار الكلوروفيل. El-Maghraby and Gomaa (1992) في بحثهم وضحوا ان استخدام مياه الصرف الصحي يزيد من الأوراق الخضراء أو من الممكن ان يعمل على زيادة كلا من العناصر الغذائية في التربة، والتي هي مهمة لنمو النبات وأصباغ التمثيل الضوئي.

وجد ان المقدار الكلي للسكر المذاب و polysaccharide والمقدار الكلي للكربوهيدرات يزداد في النباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي بالمقارنة مع مقادير اقل من مياه الصرف الصحي المعالجة بالترسيب ومخلفات الأرز أو EDTA. (الجدول 2). تأثير المعالجة بالترسيب كانت الأكثر وضوحا. الزيادة في مقدار



الكربوهيدرات في النباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي قد يعود إلى وجود بعض الايونات المعدنية مثل المانجنيز Mn والنحاس Cu الذي يحفز النظام الضوئي. ايونات المانجنيز  $Mn^{+2}$  مطلوب وضروري لـ PSII وكذلك لارتباطه المباشر بالتفاعل بين النحاس والفرودكسين ferredoxin في الثقيل من PSI. ايونات النحاس  $Cu^{++}$  تحفز المعدل الكلي للانتقال الالكتروني من الماء إلى NADP (Marschner, 1986) زيادة ملحوظة في DNA و RNA في النباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي (الجدول 3)، وهذا من الممكن يعود إلى ان مياه الصرف الصحي غنية بالمعادن الثقيلة مثل الزنك والذي هو مكون الـ carbonic anhydrase، و إنزيم RNA polymerase و أنزيم DNA polymerases. معالجة مياه الصرف الصحي بالترسيب وبمخلفات الأرز أو EDTA يقلل من تأثيرها المحفز على الإنبات والنمو وأصبغ التمثيل الضوئي وتفاعلات هيل والكربوهيدرات والأحماض النووية ونشاط إنزيمات الهيدرولاتك نتيجة لإزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصحي. المعالجة بالترسيب وجدت إنها الطريقة الأكثر كفاءة. وقد أجريت أبحاث من قبل كلا من Baecker (1989), Azenha et al. (1995) and Kasan and Namasivayam (1998) and Ranganthan (1998) وقد توصلوا إلى ان معالجة EDTA تعتبر أكثر تأثيرا في التخلص من المعادن المرتبطة بالايونات.

### الجدول 1: تأثير مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصحي المعالجة على الإنبات والنشاط الأنزيمي خلال إنبات ( $1 \mu g g^{-1}$ (f.m. h-1)، ونمو الشتلات عمرها 15 يوم وإنتاج محصول الفول في فترة 90 يوم

Table 1: Effect of sewage water and treated sewage water on germination, enzyme activities during germination ( $\mu g g^{-1}$  f.m. h<sup>-1</sup>), growth of seedlings (15-day-old) and yield (90-day-old) of bean

Sewage water	Treat-ments	$\alpha$ -Germ.	$\alpha$ -amylase	$\beta$ -amylase	Protease	Shoot length cm	Shoot f.m (g)	Shoot d.m. (g)	Root length (cm)	Root f.m. (g)	Root d.m. (g)	No. of pods/plant	Pod length (cm)	Pod f.m.	Pod d.m.
0	Control	92.50	44.60	43.60	2.55	11.50	1.04	0.035	3.60	0.32	0.013	20.00	5.60	2.64	0.75
Sewage water	0	98.00	62.50	54.20	5.22	17.40	3.97	0.099	6.40	0.79	0.089	36.00	8.68	4.40	1.60
	Pptn.	90.00	45.40	43.30	2.77	11.70	1.03	0.055	3.70	0.35	0.018	21.00	5.70	2.88	0.56
	Rice residue	93.00	51.70	46.20	3.81	13.20	1.95	0.065	4.10	0.62	0.063	30.00	7.10	3.70	0.64
	EDTA	97.00	60.00	52.20	4.41	15.30	2.78	0.078	5.50	0.71	0.074	36.00	8.07	4.30	0.72
	LSD at 0.05	0.87	0.41	0.42	0.07	0.19	0.36	0.005	0.06	0.004	0.002	0.50	0.12	0.13	0.005
	LSD at 0.01	1.23	0.49	0.51	0.09	0.32	0.49	0.007	0.08	0.007	0.005	0.76	0.28	0.17	0.007

Pptn: Precipitation



الجدول 2: تأثير مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصحي المعالج على المحتوى الورقي لاصباغ التمثيل الضوئي، وتفاعلات هيل ( $\mu\text{M}$  [ferricyanide] g-1 chlorophyll s-1)، ومحتوى الكربوهيدرات ( $\text{mg g}^{-1} \text{dm}$ ) ونشاطات الانزيمات ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{f.m. h}^{-1}$ ) في اوراق شتلات الفول عمرها 15 يوم.

Table 2: Effect of sewage water and treated sewage water on the leaf content of photosynthetic pigments, Hill reaction ( $\mu\text{M}$  [ferricyanide] g<sup>-1</sup> chlorophyll s<sup>-1</sup>), carbohydrate content ( $\text{mg g}^{-1} \text{dm}$ ) and enzyme activities ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{fm h}^{-1}$ ) in leaves of bean seedlings (15-day-old)

Sewage water	Treatments	Chl. a	Chl. b	Carotenoids	Total pigments	Hill reaction	Total soluble sugars	Polysaccharides	Total carbohydrates	$\alpha$ -amylase	$\beta$ -amylase	Invertase
0	Control	3.25	1.60	0.83	5.68	30.5	140.80	70.72	211.52	64.50	71.50	39.40
Sewage Water	0	6.50	2.90	1.73	11.13	57.2	154.40	75.50	229.90	72.10	79.30	46.60
	Pptn.	3.09	1.61	0.89	5.59	28.1	141.00	71.01	212.01	65.40	72.20	40.90
	Rice residue	5.50	2.54	1.62	9.60	49.7	144.00	76.00	220.00	70.30	76.20	43.20
	EDTA	3.99	2.06	1.032	7.082	54.9	151.30	74.70	226.00	71.00	78.20	45.10
LSD at 0.05		0.015	0.023	0.024	-	1.3	0.77	0.45	1.20	0.22	0.34	0.82
LSD at 0.01		0.019	0.026	0.032		1.8	0.81	0.55	1.90	0.34	0.64	1.40

Pptn: Precipitation

المركبات النيتروجينية المذابة مثل الببتيدات والنيتروجين الكلي المذاب، وكذلك النيتروجين الكلي يزداد في مياه الصرف الصحي، في حين ان النترات والأحماض الامينية يقل (الجدول 3). ولكن المعالجة بالترسيب ومخلفات الأرز أو EDTA تقلل من تجمع الببتيدات، والنيتروجين الكلي المذاب، وكذلك النيتروجين الكلي، في حين ان نترات-N والأحماض الامينية ومحتوى النيتروجين يزداد، وبالأخص بطريقة الترسيب. تقليل محتوى الأحماض الامينية باستخدام مياه الصرف الصحي يعود إلى تحفيز عملية تقليل النترات ونتيجة لذلك عملية ammination لتكوين البروتين (Ito et al., 1991). نشر Marschner (1986) ان عنصر المانجانيز عند مستويات محددة يلعب دورا مباشرا في تفاعل الحد من الأكسدة ويلعب دورا أساسيا في التكوين الحيوي للبروتين. وذكر Boardmen (1975) ان دور عنصر المانجانيز في خطوة تقليل N03-N كنوع من العلاقة الغير مباشرة بين عنصر المانجانيز السام والنيتروجين الممتص بواسطة النباتات.

نشاطات أنزيمات a- and  $\beta$ -amylases (الذي يقوم بتحويل النشا إلى سكر) الجدول 2 والأنزيم البروتيني protease الجدول 3 كذلك يزداد في أوراق النباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي. هذا النشاط يعود إلى امتصاص بعض الايونات المعدنية مثل المانجانيز والزنك والحديد والذي يحفز الأنزيمات والذي يؤدي إلى زيادة محتوى السكر المذاب في الخلية، ونقصان السكريات والببتيدات كما هو موضح في الجدول 2 و3. ومن جهة أخرى، استخدام طريقة الترسيب ومخلفات الأرز أو EDTA يقلل هذا النشاط، ولكنه يبقى أعلى من المسيطر عليه.



وبخصوص أنماط حزم البروتين، التي تشير إلى تأثير المعادن الثقيلة على الجينات، فإن ظهور حزم البروتين لها وزن جزئي عالي كان هو العلامة المميزة للنباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي (الجدول 4 و1). وبصفة عامة، البذور للنباتات المتحكم بها أظهرت 24 حزمة بوزن جزئي في المدى من 195.4 و 5.3 KDz. البذور الناتجة من النباتات المروية بمياه الصرف الصحي أظهرت 9 ببتيدات متعددة جديدة بوزن جزئي 210، 140، 107، 84.9، 69.11، 53.5، 22.4، 7.3 KDa. وفي نفس الوقت 9 حزم بوزن جزئي 195.4، 124، 118، 80، 98.11، 55.5، 50.4، 20.1، 5.3 KDa. ظهرت البذور الناتجة من النباتات المروية بمياه الصرف الصحي بعد ان عولجت بالترسيب بينت أكثر أو اقل حزم بروتين مشابهة للنباتات تحت المراقبة، مع وجود 3 حزم جديدة فقط لها وزن جزئي 84.6، 45.1، 22.1 KDa. ظهرت البذور الناتجة من النباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي المعالجة بمخلفات الأرز أظهرت 23 حزمة قابلة حركية في حدود بين 0.066 و 0.978. التغير الجوهري كان واضحا بظهور حزم البروتين مشابهة للنباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي، ولكن بأوزان جزئية اقل مثل 203، 128.5، 84.2، 69.03، 84.4، 38.11 KDa.

**الجدول 3: تأثير مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصحي المعالج على المحتوى الورقي للمركبات النيتروجينية (mg g<sup>-1</sup> dm DNA و RNA (mg g<sup>-1</sup> dm) ونشاط أنزيم protease (μg g<sup>-1</sup> f.m. h<sup>-1</sup>) على أوراق شتلات الفول عمرها 15 يوم**

Table 3: Effect of sewage water and treated sewage water on the leaf content of nitrogenous compounds (mg g<sup>-1</sup>dm), DNA and RNA (mg g<sup>-1</sup> fm) and protease activity (μg g<sup>-1</sup> fm h<sup>-1</sup>) in leaves of bean seedlings (15-day-old)

Sewage water	Treatments	NO <sub>3</sub> -N	Amino acid-N	Peptide-N	Total soluble-N	Total-N	DNA	RNA	Protease
0	Control	2.43	9.45	5.58	19.41	53.01	151.2	187.4	2.84
Sewage water	0	0.67	5.89	12.89	29.21	97.40	162.4	197.6	4.79
	Pptn.	2.21	9.41	6.70	20.50	59.60	151.0	188.0	3.00
	Rice residue	1.34	7.40	9.40	24.30	82.30	156.0	193.0	3.81
	EDTA	0.79	6.40	11.30	28.10	91.20	160.0	195.0	4.01
LSD at 0.05		0.13	0.25	0.65	0.59	2.80	1.6	2.4	0.06
LSD at 0.01		0.25	0.33	0.96	0.87	3.30	2.7	3.1	0.08

Pptn: Precipitation



الجدول 4: شكل البروتين للبذور الناتجة من زراعة الفول كنتيجة للري بمياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصحي المعالجة

Table 4: Protein profile of the produced seeds by bean plants in response to sewage and treated sewage water irrigation

Band No.	Control		Sewage water		Sewage water+ Pptn.		Sewage water+ Rice residue		Sewage water+ EDTA	
	Relative Front	Mol. Wt.	Relative Front	Mol. Wt.	Relative Front	Mol. Wt.	Relative Front	Mol. Wt.	Relative Front	Mol. Wt.
1	0.015	195.40	0.066	210.00	0.015	195.40	0.066	203.00	0.066	200.0
2	0.109	124.30	0.095	140.00	0.109	124.30	0.095	128.50	0.095	140.0
3	0.134	118.00	0.149	107.00	0.134	118.00	0.149	107.40	0.149	107.0
4	0.172	96.10	0.172	96.20	0.172	96.10	0.172	96.10	0.172	96.1
5	0.198	80.00	0.184	84.90	0.184	84.60	0.184	84.20	0.184	84.9
6	0.222	98.11	0.223	69.11	0.198	80.00	0.223	69.03	0.223	96.1
7	0.294	64.51	0.294	64.54	0.222	98.11	0.294	63.54	0.294	62.8
8	0.331	55.50	0.310	45.40	0.294	64.51	0.310	42.10	0.310	45.4
9	0.392	50.40	0.321	53.50	0.310	45.10	0.321	48.40	0.321	53.5
10	0.414	47.74	0.414	47.73	0.331	55.50	0.414	47.23	0.414	46.1
11	0.454	46.10	0.451	46.11	0.392	50.40	0.451	46.00	0.451	46.1
12	0.497	45.94	0.493	45.84	0.414	47.74	0.493	38.11	0.493	45.8
13	0.542	36.86	0.541	36.84	0.454	46.10	0.541	36.72	0.541	36.8
14	0.609	32.50	0.610	32.70	0.497	45.94	0.610	32.40	0.610	32.7
15	0.679	30.11	0.681	30.43	0.542	36.86	0.681	30.43	0.681	28.4
16	0.712	29.50	0.710	29.45	0.609	32.50	0.710	29.45	0.710	29.4
17	0.736	29.20	0.760	29.20	0.679	30.11	0.760	29.20	0.760	29.2
18	0.813	28.50	0.813	28.40	0.712	29.50	0.813	28.20	0.813	28.4
19	0.826	25.40	0.874	25.80	0.736	29.20	0.874	25.50	0.874	25.8
20	0.875	20.10	0.895	22.40	0.813	28.50	0.895	22.40	0.895	22.4
21	0.935	17.50	0.932	17.40	0.826	25.40	0.932	17.40	0.932	17.4
22	0.949	13.30	0.949	13.90	0.895	22.10	0.949	13.70	0.949	13.9
23	0.978	9.11	0.978	9.11	0.935	17.50	0.978	9.11	0.978	9.1
24	0.984	5.3	0.991	7.30	0.949	13.3	0.991	-	0.991	-
25	-	-	-	-	0.978	9.11	-	-	-	-
26	-	-	-	-	0.984	5.3	-	-	-	-

Pptn: Precipitation

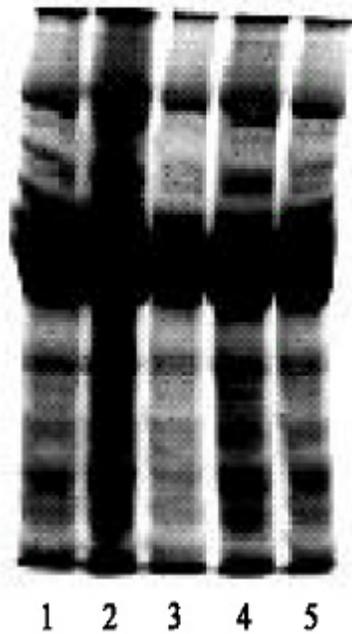


الجدول 5: تركيز النحاس والزنك والرصاص والكاديوم ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{ dm}$ ) في أعضاء مختلفة في نبات الفول عندما يتأثر بالري بمياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصحي المعالجة.

Table 5: Concentration of Cu, Zn, Pb and Cd ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{ dm}$ ) in the different plant organs of bean as affected by sewage and treated sewage water

Sewage water	Treatments	Heavy metals	Root	Stem	Leaves	Fruits
0	Control	Cu	10	8	8	4
		Zn	280	8	2	3
		Pb	0	0	0	0
		Cd	0	0	0	0
Sewage water	0	Cu	60	38	40	120
		Zn	810	330	600	760
		Pb	200	190	80	170
		Cd	160	58	58	82
	Pptn.	Cu	30	9	4	6
		Zn	520	320	160	80
		Pb	190	0	0	0
		Cd	110	0	0	0
	Rice residue	Cu	160	91	60	110
		Zn	770	70	66	60
		Pb	230	130	70	120
		Cd	160	48	40	61
	EDTA	Cu	280	92	86	120
		Zn	790	520	470	590
		Pb	790	180	160	780
		Cd	200	54	32	190

Pptn: Precipitation





شكل 1 يوضح صورة كهربية لنمط نطاقات البروتين لبذور الفول الناتج من نباتات رويت بـ (1) مياه عادية (2) مياه صرف صحي (3) مياه صرف صحي معالجة بالترسيب (4) مياه صرف صحي معالجة بمخلفات الأرز (5) مياه صرف صحي معالجة بـ EDTA

حزمة بروتين واحدة فقط بقابلية حركية 0.991 ظهرت. اما مياه الصرف الصحي المعالجة بـ EDTA أنتجت بذور تحتوي على 23 حزمة. هناك أيضا حزم جديدة وبأوزان جزئية اقل ( 28.43, 62.54, 200 KDa) من النباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي لوحظت وكذلك حزمة واحدة بقابلية حركية 0.991 فقدت تماما.

ظهور واختفاء حزم جديدة يعود اما إلى التغيير في الهيكلية الجينية، أو تغييرات في الجينات المنتظمة تشمل في تنظيمها نتيجة لتأثير المعادن الثقيلة الموجودة في مياه الصرف الصحي. الطفرة الوراثية تحدث في الجينات التنظيمية يؤدي إلى اختفاء بعض الحزم أو تغيير في شدة الحزمة، أي ان وجود المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي يؤدي إلى زيادة نسخ لعدد من الجينات المحفزة بالإجهاد وهذا يؤدي إلى تراكم الببتيدات الخاصة بها. لاحظ Giordani et al (200) وجود تراكبات كثيرة بعد تعرضها لكميات قليلة جدا من المعادن مثل النحاس والكاديوم. التأثير البيولوجي للمعادن الثقيلة تم دارسته لفترة كبيرة من الزمن وبواسطة العديد من الباحثين.

ري نباتات الفول بمياه الصرف الصحي يؤدي إلى تراكم الزنك والنحاس والرصاص والكاديوم في كل أجزاء النبات (جدول 5). المعالجة بالترسيب وبمخلفات الأرز أو EDTA أنتجت هذا التراكم، ولكن يبقى هذا أكثر من النباتات التي رويت بمياه متحكم بها. المعالجة بالترسيب كانت الطريقة الأكثر تأثيرا. فقد سجل Antonovics et al (1971) ان العنصر الأساسي والاهم في استدام مياه الصرف الصحي ومخلفات الصرف الصحي في الزراعة وإنتاج المحاصيل هو في تعزيز المعادن في الأغشية النباتية. كما ان Dowdy and Larson (1975) ذكروا ان تراكم المعادن في أغشية الخضروات كان أكثر من الفواكه الصالحة للأكل. تراكم الزنك والنحاس والكاديوم والرصاص في النباتات التي رويت بمياه الصرف الصحي لوحظت أيضا بواسطة Maclean et al (1987) و Berton et al (1989).



## الخلاصة

في الواقع ، ان استخدام مياه الصرف الصحي يعمل على زيادة نسبة الإنبات والنمو والتمثيل الغذائي وزيادة إنتاج محصول الفول، ولكن تركيز المعادن الثقيلة، التي لها آثار خطيرة على الإنسان والحيوان كانت أعلى من المسموح بها في مجال الصحة.

حزم البروتين التي تبين صورة الأحداث التي حدثت أثناء النسخ الجيني تبين ظهور حزم جديدة ذات أوزان جزيئية أعلى وكذلك اختفاء حزم أخرى. في النهاية يمكن أن نوضح أو نقترح ان مياه الصرف الصحي لا يجب ان تستخدم بدون علاج للحد من تراكم المعادن الثقيلة في النباتات الصالحة للأكل.

**تمت الترجمة في**

**المركز العلمي للترجمة**

[www.trgma.com](http://www.trgma.com)

**22-5-2009**