



Maize Growth and Changes in Soil Fertility After Irrigation with Treated Sewage Effluent. I. Plant Dry Matter Yield and Soil Nitrogen and Phosphorus Availability

Adriel Ferreira da Fonseca, Adolpho Jose' Melfi, and Ce'lia Regina Montes

نمو نبات الذرة والتغيرات في خصوبة التربة بعد الري بمياه الصرف الصحي. 1 المحصول الجاف وتوفر النيتروجين والفوسفور في التربة

الخلاصة

الأهداف من هذا البحث هي (1) التحقق من الاستخدام المحتمل لمياه الصرف الصحي ذات المعالجة الثانوية (STSE) كمصدر للمياه والنيتروجين لنبات الذرة و(2) تقدير تركيز النيتروجين (N) والفوسفور (P) في التربة، كذلك تركيزهما ومحتواهما في نبات الذرة، المعالجة بـ STSE، خلال 58 يوم. وبعد هذه المدة، تم حصاد النباتات ومعالجتها للحصول على المحصول الجاف، وتم التحقق من النبات وتحليل التربة. حيث لم يلاحظ أي تغير في التركيز الكلي للكربون والفوسفور في التربة، ولكن النيتروجين الكلي ازداد. كما إن السماد الغير عضوي والري بـ STSE ساهم في زيادة محتوى الفوسفور في النبات، ولكن بدون أي تأثير على المحصول الجاف. الـ STSE يمكن أن تستبدل بالكامل عملية الري بالمياه العادية، ولكنها تزود بجزء من النيتروجين المطلوب والمواد المغذية لنبات الذرة في المعالجات بدون إضافة سماد غير عضوي.



المقدمة

انتشر استخدام معالجة مياه الصرف الصحي والنفايات في البرك المستقرة في دوائر البلديات الصغيرة والمتوسطة الحجم (Feigin et al. 1991)، مثل المدن الريفية لمدينة ساوباولو في البرازيل. وتنقسم تقنية معالجة مياه الصرف الصحي إلى نوعين هما: المخلفات البيولوجية الصلبة (biosolid) والنفايات السائلة المعالجة (TSE treated sewage effluent). أما رواسب مياه الصرف الصحي (sewage sludge) فهي ليست هدف لهذه البحث العلمي، وقد استخدمت في الزراعة كمحسن للتربة ومصدر للمواد المغذية، ومن أهمها النيتروجين والفوسفور (Cameron et al. 1997). على كل حال، فإن النفايات السائلة المعالجة (TSE) تم التخلص منها في البرازيل بشكل أساسي في مجرى خارجي، والتي تسببت في أضرار جسيمة على البيئة مثل إصابة مياه البحيرات بمرض الشيخوخة المبكرة eutrophication.

العديد من الدول، سواء من مناطق جافة أو رطبة، نجحت في التخلص من النفايات السائلة المعالجة في التربة لري المحاصيل (Bouwer and Chaney 1974; Feigin et al. 1991). النفايات السائلة المعالجة والمواد غنية بالمعادن تعتبر مصدر بديل للمياه والمواد المغذية، ويمكن أن تستخدم في ري المحاصيل (Bouwer and Chaney 1974; Bouwer and Idelovitch 1987)، وبالأخص لمحصول الذرة (Karlen et al. 1976; Al-Jaloud et al. 1995; Overman et al. 1995; Vazquez-Montiel et al. 1996).

يعتبر النيتروجين أحد أهم المواد المغذية الموجودة في نفايات الصرف الصحي بتركز عالي وبالأخص في شكل $NH_4^+ - N$ (Feigin et al. 1978; Bouwer and Chaney 1974; Pescod 1992; et al. 1991). مقدار النيتروجين المضاف إلى التربة بواسطة الري بالنفايات السائلة المعالجة يمكن أن يقترب من أو يكون أكثر من المطلوب للمحصول (Feigin et al. 1978). ولهذا، فإن النيتروجين يعتبر موضع اهتمام في ري التربة بالنفايات الصلبة المعالجة، وكان هذا الأمر موضوع دراسة للعديد من البحوث العلمية والتي تهدف إلى فهم تحولات النيتروجين في النفايات المعالجة، وكذلك كفاءة استفادة النبات من النيتروجين عند استخدام مياه النفايات السائلة المعالجة في الري (Feigin et al. 1978; 1981; 1984).

كما ويعتبر الفوسفور من المواد المغذية للنبات ومتوفر أيضا في مياه النفايات المعالجة، وتركيزه يتغير من 6 إلى 17 mg لكل لتر (Bouwer and Chaney 1974; Feigin et al. 1991). في معظم الحالات، فإن



مقدار الفوسفور المضاف إلى التربة بواسطة مياه النفايات المعالجة لم يكن مفرطاً. وبالرغم من ذلك، لوحظ زيادة في الفوسفور المتوفر في التربة في الطبقات الخارجية (McConchie 1994 Johns and) وكذلك في طبقات التربة العميقة في الأراضي الزراعية والذي كان مصدره الري بالنفايات السائلة المعالجة (Mazahreh 2003 Latterell et al. 1982; Mohammad and). كما انه أشير إلى أن مثل هذه التأثيرات لوحظت في التربة ذات الخصوبة الطبيعية المرتفعة والمتوسطة، وهذه خصائص غير عادية في تربة البرازيل. ومن الواضح أن المزيد من المعلومات يعتبر أمراً ضرورياً يتعلق بإمكانية استخدام النفايات السائلة المعالجة كمصدر للنيتروجين وكذلك التأثير الكلي لمياه الصرف الصحي على إنتاج المحصول وخصوبة التربة (2003 Mohammad and Mazahreh)، وبالأساس في التربة الاستوائية.

الأهداف من هذه الدراسة كانت لـ (1) التحقق من الاستخدام المحتمل لمياه الصرف الصحي ذات المعالجة الثانوية (STSE) كمصدر للمياه والنيتروجين لنبات الذرة و(2) تقدير تركيز النيتروجين (N) والفوسفور (P) في التربة، من عينات أخذت من Typic Haplustox كذلك تركيز المواد المغذية ومحتواها في نباتات الذرة، التي رويت بمياه الصرف الصحي ذات المعالجة الثانوية.



المواد والطرق

تشخيص نفايات الصرف الصحي المعالجة

تم جمع النفايات السائلة من محطة معالجة مياه صرف صحي في بلدية منطقة Lins، والتي تعمل بواسطة Sabesp (شركة لمرافق الصرف الصحي الأساسية في مدينة ساوباولو). تأسست محطة المعالجة هذه على بركة صناعية، ثلاثة منها مغطية أي معزولة عن الهواء وثلاثة برك اختيارية. وكانت الفترة المتوسطة للنفايات السائلة هي أن تبقى في البرك المعزولة لمدة 5 أيام وفي البرك الاختيارية لمدة 10 أيام. ومتوسط القدرة الزراعية بلغ $500\text{m}^3\text{h}^{-1}$ استخدم فيها مياه الصرف الصحي ذات المعالجة الثانوية للري. وقدر راقبت شركة الصرف الصحي Sabesp نظام معالجة الصرف الصحي خلال الفترة من شهر أغسطس 1997 إلى شهر يوليو 2000، وذلك من خلال تحديد تدفق النفايات السائلة، والموصلية الكهربائية (EC)، والمحتوى الكلي للفوسفور P، والمواد الصلبة الكلية (TS)، والحاجة إلى الأكسجين البيوكيميائي (BOD)، والحاجة إلى الأكسجين الكيميائي (COD)،

جدول 1 نتائج التحاليل الكيميائية للتربة المستخدمة في التجربة

pH	5.2
TC ^a (g kg ⁻¹)	8.4
TN ^b (g kg ⁻¹)	0.7
P (mg dm ⁻³)	3
S (mg dm ⁻³)	21
Ca (mmol _c dm ⁻³)	14
Mg (mmol _c dm ⁻³)	7
K (mmol _c dm ⁻³)	1.5
Na (mmol _c dm ⁻³)	0.3
Al (mmol _c dm ⁻³)	0
H + Al (mmol _c dm ⁻³)	16
CEC ^c (mmol _c dm ⁻³)	38.8
V ^d (%)	59
B (mg kg ⁻¹)	0.39
Cu (mg kg ⁻¹)	0.4
Fe (mg kg ⁻¹)	73
Mn (mg kg ⁻¹)	0.8
Zn (mg kg ⁻¹)	0.3

^aTC, total carbon.
^bTN, total nitrogen.
^cCEC, cation exchange capacity at pH 7.0 → CEC = Ca + Mg + K + Na + H + Al.
^dV, base-saturation → V = (Ca + Mg + K + Na) * 100/CEC.



باستخدام الطرق المذكورة في مؤسسة الصحة العامة الأمريكية (1994). العينات التي رويت بمياه الصرف الصحي ذات المعالجة الثانوية أخذت لفحص النفايات السائلة المستخدمة في هذه التجارب من البركة المعزولة في يوليو 2000. عينات بسيطة جمعت من كل نقطة في البركة المعزولة. هذه العينات تم ترشيحها باستخدام أغشية السليلوز، بأقطار تتراوح بين 45 و 90 ملليمتر وبمسام قطرها 8، و 0.45، و 0.22 ميكرومتر. والعينات حفظت بناء على الطريقة المذكورة في مؤسسة الصحة العامة الأمريكية (1994).

أخذت عينات متساوية من النفايات المفطرة لتحديد الحالة القلوية (مثل CaCO_3)، والايونات السالبة (بواسطة التحليل الوني السائل liquid chromatography والذي يختصر بـ HPLC)، والايونات الموجبة (بواسطة الانبعاث الطيفي للبلازما المستحثة inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICPOES)). وتم تحديد التركيز الكلي للعناصر بواسطة الهضم الحمضي. وتحديد الكربون الكلي (TC)، والنيتروجين الكلي (TN)، ونيتروجين الامونيا (NH_4)، و نترات النيتروجين (NO_3^- -N)، والـ pH حددت لمياه الصرف الصحي ذات المعالجة الثانوية والغير مفطرة، وذلك باستخدام الطرق المذكورة في Kiehl (1985). ولهذا، فان نسبة الكربون الكلي (TC) تم تحديده باستخدام الرماد الجاف عند درجة حرارة 550 درجة مئوية، بعد المعالجة السابقة للمخلفات الصلبة بواسطة تجفيف النفايات السائلة عند درجة حرارة 110 درجة مئوية.

تم تحديد تركيز النيتروجين الكلي بواسطة الهضم والمعايرة بالتحليل الحجمي باستخدام طريقة semimicro-Kjeldahl.

تم تحديد كلا من تركيز NH_4^+ -N و NO_3^- -N+ NO_2^- -N بواسطة التقطير بالبخار مع MgO وخليط Devarda's على التوالي.

النفايات السائلة المجمعة من محطة الري حفظت في ثلاجة باردة عند درجة حرارة صفر درجة مئوية، لمدة نصف ساعة قبل استخدامها في ري النباتات، والنفايات السائلة تركت تحت درجة حرارة الغرفة. وخصائص النفايات السائلة المستخدمة في ري النبات موضحة في الجدول 2.



الجدول 2: خصائص النفايات السائلة المعالجة ثانويا في منطقة Lins بواسطة محطة معالجة النفايات السائلة (ولاية ساوباولو في البرازيل)

Constituent	Concentration (mg L ⁻¹)
Total solids	600.1 ± 69.5 ^a
Chemical oxygen demand	53.6 ± 19.2 ^a
Biochemical oxygen demand	220.0 ± 48.1 ^a
Alkalinity (like CaCO ₃)	358 ^b
Total carbon	62.5 ^b
Total -N	28.8 ^b
Organic -N	6.1 ^b
NH ₄ ⁺ -N	21.6 ^b
NO ₃ ⁻ -N + NO ₂ ⁻ -N	1.1 ^b
Total -P	8.4 ± 1.9 ^a
Ca	8.1 ^c
Mg	1.5 ^c
K	10.9 ^c
Na	134 ^c
S	10.2 ^c
B	0.15 ^c
Cl	54 ^c
	µg L ⁻¹
Cu	1.7 ^c
Fe	143.5 ^c
Mn	35.5 ^c
Zn	4.5 ^c
Cd	0.05 ^c
Cr	2.0 ^c
Ni	1.0 ^c
Pb	3.4 ^c
pH	7.7 ^b
C/N	2.2
Sodium adsorption ratio (SAR)	15.8 ^c
Electrical conductivity (EC), dS m ⁻¹	0.84 ± 0.09 ^a

^aAverage values, obtained by Sabesp 12 samples between August 1997 and July 2000.

^bValues obtained from raw sample (not filtrate).

^cAverage values obtained from filtrated sample in 0.22 µm.



مستوى الكلوروفيل في الأوراق، والمحصول الجاف، وأجزاء النبات والأوراق

تراكيز النيتروجين والفوسفور

85 يوم بعد ظهور شتلات الذرة، عندما زرعت في المرحلة V4 (مرحلة تفتح الأزهار الذكورية)، حيث تم تحديد محتوى الكلوروفيل بطريقة غير مباشرة باستخدام مقياس الكلوروفيل المتحرك (Minolta-SPAD-502 Model)، وقد تم اخذ أربعة قراءات لكل وحدة تجربة. تم الحصول على القراءات على بعد 1.5 سنتيمتر من حافة الورقة. وتم تحديد التركيز الكيميائي للنيتروجين في الورق وربطها مع قراءة الكلوروفيل التي حصلنا عليها من مقياس الكلوروفيل المتحرك لنفس الأوراق تحت الدراسة. وتم حصاد النباتات في نفس اليوم، فوراً بعد اخذ القراءات، وتم القطع على مستوى 1 سنتيمتر فوق القاعدة، وفصلت إلى أجزاء (أوراق وسيقان)، ثم غسلت بمياه مقطرة وجففت في تيار هوائي جاف درجة حرارته 60 درجة مئوية حتى تم تحديد الكتلة الثابتة للمحصول الجاف. تم طحن الورق والساق للعينات في مطحنة نوع Wiley لتمر عبر شبكة ذات فتحات 0.75 mm ثم خزنت في قارورة زجاجية ذات غطاء بلاستيكي لاستخدامها في التحليل الكيميائي للفوسفور والنيتروجين. تركيز الفوسفور والنيتروجين في أجزاء النبات تم تحديده باستخدام الطريقة المذكورة في البحث (Malavolta et al. 1997)، تركيز النيتروجين في الأغشية الجافة تم تحديده بواسطة حمض الكبريتيك ومطياف الامتصاص الجزيئي. المحتوى الكلي للنيتروجين والفوسفور في أجزاء النبات (الأوراق والسيقان وفي الأوراق+السيقان) تم حسابها بضرب المحصول الجاف في تركيز المواد المغذية في أجزاء النبات بشكل خاص.



النتائج والمناقشة

جودة النفايات السائلة والمواد المغذية و/أو العنصر المضاف بواسطة الري

استخدمت النفايات السائلة ذات المعالجة الثانوية (STSE) في التجربة (الجدول 2) يوضح متوسط مواد مغذية معدنية متشابهة وكذلك مركبات أخرى كما هو موضح في البحثين العلميين (Feigin et al. 1991; Pescod 1992). القيم التي وجدت لهذه المركبات في STSE المستخدمة في هذه التجربة قورنت وقدرت باتباع المعايير الخاصة بجودة مياه الري الموضحة بواسطة Ayers و Westcot (1985). نتائج تحليل STSE أظهرت انخفاض في محتوى عنصري B و CI، وهذا يعني عدم وجود قيود لاستخدام النفايات السائلة كمصدر مائي للنباتات. نفس الشيء حدث مع العلاقة بين تركيز المعادن الثقيلة من المنشآت الغير صناعية الصغيرة في منطقة (Lins) لولاية ساوابالو. حيث وجد تركيز منخفض للمعادن الثقيلة في STSE من منطقة Lins وهذا يعتبر أمرا مرغوبا فيه بقوة في عملية التخلص من النفايات السائلة في التربة.

كما أن التركيز العالي للصوديوم كان المسئول عن نسبة الامتصاص المرتفع للصوديوم (SAR) في STSE (الجدول 2)، وهذا يدخل النفايات السائلة في الفئة ذات القيود الصارمة لاستخدامها في الري السطحي، طبقا لما ورد في بحث Ayers and Westcot (1986). التحاليل الكيميائية للماء من منطقة Lins كشفت عن القيم التالية: SAR=21.6; Na = 111.3 mg L⁻¹; EC = 0.405 dS m⁻¹; pH =9.9. والتركيز العالي للصوديوم وجد في مياه Lins قد يكون المسئول عن ارتفاع الصوديوم في النفايات السائلة، وهذا يشير ارتفاع الصوديوم في المياه المخصصة للسكان، وهذا من الممكن أن يشكل خطرا كبيرا على ديمومة التربة، طبقا لبحث Ayers and Westcot (1985).

متوسط مقدار المياه الغير مؤينة المستخدمة في المعالجات T1 و T2 خلال التجربة كانت 29.6 و L pot⁻¹ 40.0 لـ STSE، على التوالي. والمعالجات T3 و T4 و T5 استقبلت في المتوسط 19.6 و 34.9 و 42.0 L pot⁻¹ لـ STSE، على التوالي. المقادير المختلفة للمياه أو STSE المستخدمة في وحدات التجربة يمكن أن تفسر بواسطة إن النباتات لها نمو مختلف يعتمد على المعالجة المستخدمة، ولهذا، كان معدلات تبخر الماء مختلف أيضا.

بالاعتماد على تركيز مركبات STSE الموضحة في الجدول 2، فإن الإضافة المحتملة للعناصر المغذية والعناصر السامة لوحدات التجربة تم حسابها، مع الأخذ بعين الاعتبار الري بواسطة STSE من منطقة



Lins. كذلك اعتبر أن أكبر معدل النتح في النبات تم الحصول عليه بين وحدات التجربة، والحجم المستخدم من STSE يقابل أقل من نصف معدل النيتروجين اللازم كما أفاد بذلك Malavolta (1980) لنباتات الذرة في أوعية التجارب. والنفائيات السائلة أضافت صوديوم أكثر بما يعادل 4.67 مرة مما إضافته من النيتروجين. ومن جهة نظر المواد المغذية للنبات، فإنه إذا كان البوتاسيوم K منخفض ولكن الصوديوم Na مرتفع في النفائيات السائلة، فإن هذه النفائيات السائلة سوف تكون مناسبة بإضافة البوتاسيوم K للنباتات، وبالأخص لمحصول الذرة، للحفاظ على معدل امتصاص مواد مغذية كافية وإنتاجية عالية (Karlen et al. 1976).

تأثير الري بالنفائيات السائلة على الكربون الكلي، والنيتروجين الكلي، وتركيز الفوسفور المتوفر في عينات التربة

تركيز الكربون الكلي TC لم يتأثر بالمعالجات (الجدول 3)، وهذا من المحتمل بسبب قصر الفترة الزمنية للتجربة أو نتيجة للتحلل السريع للمواد العضوية في النفائيات السائلة المضافة للأوعية المستخدمة في التجارب. الرطوبة، ودرجة الحرارة، وظروف التأكسد في القاعدة، له علاقة بالنسب المنخفضة للكربون إلى النيتروجين للنفائيات السائلة (الجدول 2) وهذا يمكن أن يساهم في الانحلال السريع للمواد العضوية.

الجدول 3. تأثيرات مصادر مياه الري (نفائيات سائلة ومياه عديمة التآين) والسماذ في الكربون الكلي (TC)، والنيتروجين الكلي (TN)، وتركيز الفوسفور (P) في عينات التربة.

Treatment	TC	TN	P (mg dm ⁻³)
	g kg ⁻¹		
T1 ^a	8.4 a [§]	0.65 b	70.8 a
T2 ^b	9.2 a	0.73 ab	68.4 a
T3 ^c	8.7 a	0.72 ab	6.2 b
T4 ^d	9.4 a	0.76 ab	86.2 a
T5 ^e	9.6 a	0.81 a	84.6 a
C.V. (%) ^f	12.2	9.8	19.4

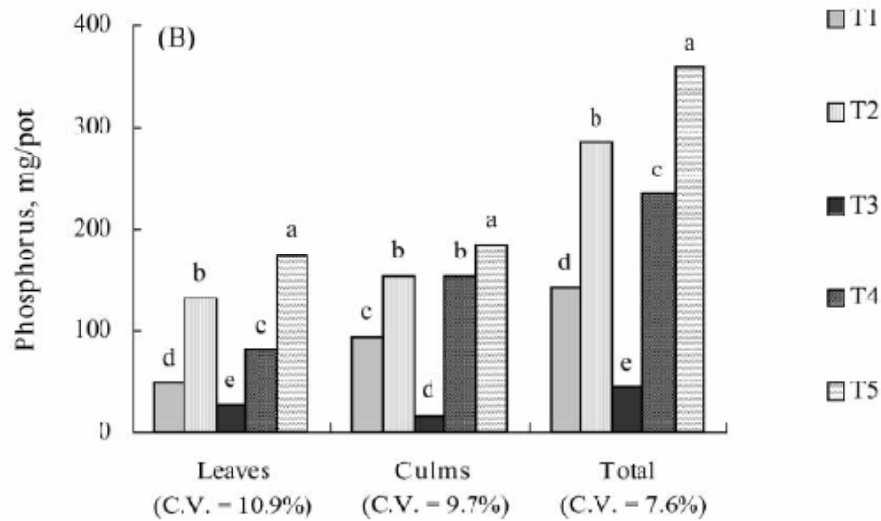
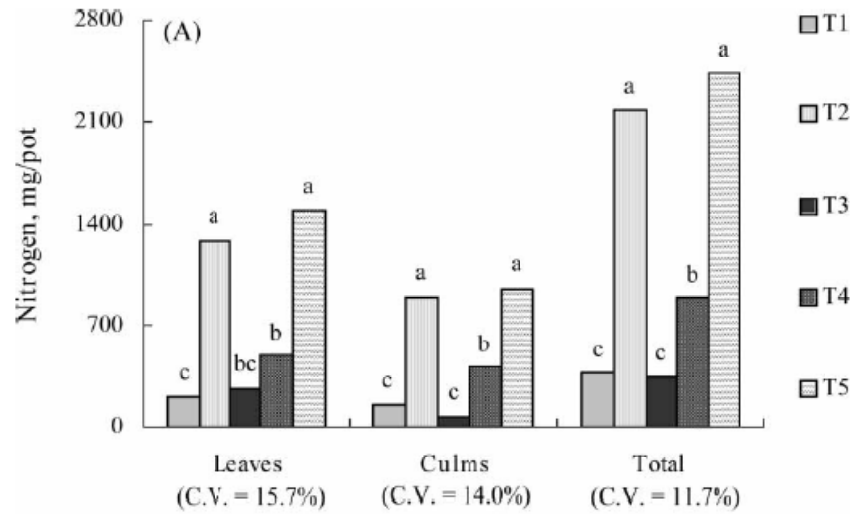
- T1 = ري بماء غير متآين وسماذ غير عضوي، ما عدا النيتروجين.
T2 = الري بمياه غير متآينة وسماذ غير عضوي.
T3 = فقط ري بمياه نفائيات سائلة بدون (إضافة سماذ غير عضوي
T4 = الري بمياه نفائيات صرف صحي وسماذ غير عضوي، ما عدا النيتروجين
T5 = الري بمياه النفائيات السائلة وسماذ غير عضوي).
C.V. = معامل التغير (Coefficient of Variation).
البيانات التي تتبع بنفس الحرف لا تختلف كثيرا بفحص (p , 0.05) Tukey.



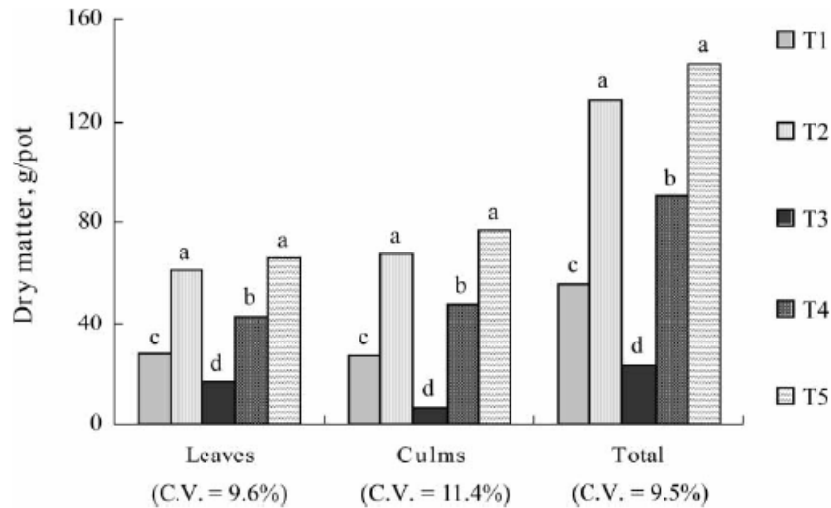
وبالرغم من ذلك، فقد أشير في الأبحاث العلمية إن الري بالنفايات السائلة يسبب تغير في محتوى الكربون الكلي في التربة. ولكن، نتائج هذه الأبحاث تم الحصول عليها من خلال تجارب أجريت على فترات زمنية طويلة، أكثر من سنتين استخدمت فيها النفايات السائلة (Feigin et al. 1978; Quin and Woods) وطريقة أخرى، (et al. 1982; Polglase et al. 1995; Friedel et al. 2000 1978; Latterell) فانه من الممكن أن يكون إضافة الكربون العضوي كان قليلا (الجدول 2) وهذا لم يكن قابل للكشف بواسطة الطرق التحليلية المستخدمة.

تركيز النيتروجين الكلي تغير قليلا (الجدول 3). تراكيز عالية للنيتروجين الكلي لوحظت في المعالجة T5 المسمدة والمروية بالمياه المعالجة أكثر من المعالجة T1 (الجدول 3). زيادة النيتروجين الكلي وتركيز العناصر المعدنية ($\text{NH}_4^+ - \text{N} + \text{NO}_3^- - \text{N}$) الناتج عن الري بـ STSE لوحظ أيضا بشكل منتظم في مساحات رويت بالنفايات السائلة لفترات طويلة (Quin and Woods 1978).

التخلص من STSE لم يؤثر على تركيز الفوسفور في عينات التربة. ولهذا، فان العنصر المسئول عن هذه الزيادة التي لوحظت في تركيز الفوسفور في عينة التربة هو التسميد بالفوسفور (الجدول 3). وحدات التجربة بدون معالجة الفوسفور (T3)، بالرغم من إنها أظهرت مستوى منخفض من الفوسفور إلا أن (الجدول 3)، يوضح تركيز عالي من الفوسفور في النهاية أكثر من بداية التجربة (الجدول 1). بالتأكيد، فإن إضافة النفايات السائلة الغنية بالفوسفور كان أساسيا لتغذية ونمو الذرة (T3) (الشكل 1B)، بالرغم من انخفاض الإنتاج الجاف (الشكل 2). والزيادة في الفوسفور في التربة، هو ناتج عن إضافة النفايات السائلة، كذلك في تركيز الكربون في التربة، لوحظ بشكل منتظم في النفايات السائلة المعالجة على مدار عدة أعوام (Quin and Woods 1978)، وبشكل ملحوظ زيادة في الفوسفور العضوي (Latterell et al. 1982).



الشكل 1. تراكم النيتروجين (A) والفوسفور (B) في بنات الذرة بعد الري بمصادر مختلفة من المياه (مياه نفايات سائلة مع ماء غير مؤين) وسماد (T1 = ري بماء غير متأين وسماد غير عضوي، ما عدا النيتروجين، T2 = الري بمياه غير متأينة وسماد غير عضوي، T3 = فقط ري بمياه نفايات سائلة بدون (إضافة سماد غير عضوي، T4 = الري بمياه نفايات صرف صحي وسماد غير عضوي، ما عدا النيتروجين، T5 = الري بمياه النفايات السائلة وسماد غير عضوي). C.V. = معامل التغير (Coefficient of Variation). البيانات التي تتبع بنفس الحرف لا تختلف كثيرا بفحص (p, 0.05) Tukey.



الشكل 2. مقدار الإنتاج من محصول الذرة بعد الري بمصادر مختلفة من المياه (مياه نفايات سائلة مع ماء غير مؤين) وسماد (T1 = ري بماء غير متأين وسماد غير عضوي، ما عدا النيتروجين، T2 = الري بمياه غير متأينة وسماد غير عضوي، T3 = فقط ري بمياه نفايات سائلة بدون (إضافة سماد غير عضوي، T4 = الري بمياه نفايات صرف صحي وسماد غير عضوي، ما عدا النيتروجين، T5 = الري بمياه النفايات السائلة وسماد غير عضوي). C.V. = معامل التغير (Coefficient of Variation). البيانات التي تتبع بنفس الحرف لا تختلف كثيرا بفحص Tukey (p, 0.05).

ولهذا فانه من الضروري إجراء دراسات ميدانية على المدى الطويل لفهم هذه العمليات، والتي تتحكم في ديناميكية الفوسفور في النفايات السائلة في التربة (Bond 1998)، وبالأخص في التربة المتغيرة الشحنة. وهذا لأنه افترض إن قدرة التربة على الاحتفاظ بالفوسفور يمكن أن يساهم في تجنب ترشح الفوسفور إلى مستوى اقل من طبقة الرايزوسفير (Falkiner and Polglase 1997).



تأثير الري بالنفايات السائلة على نمو الذرة، ومحتوى النيتروجين والفوسفور والمحصول الجاف

النباتات من المعالجة T5 تظهر في البداية نمو قوي، وهذا يساهم في حاجتها المستمرة إلى المزيد من الري، وذلك لتعويض عملية التبخر العالية. وعليه، فإن النباتات التي تزود بأعلى كمية من المواد المغذية من STSE كانت هي التي تظهر أسرع نمو. نباتات الذرة من T2 و T5 تظهر صفات طبيعية خلال التجربة خلال 50 يوم بعد ظهورها، وبعد ذلك ظهرت أعراض واضحة لتسمم الصوديوم في الأوراق القديمة لبعض النباتات من المعالجة T5، ويظهر كتحلل في حواف الأوراق وأطرافها. بعد 11 يوم من الظهور، فإن النباتات من المعالجة T3 أظهرت نمو ضعيف وأعراض مرئية طبيعية لنقص الفوسفور، والذي يظهر في صورة صبغات بنفسجية في حواف وأطراف الأوراق القديمة والسيقان. 25 يوم بعد النمو، هذه النباتات نفسها تحولت إلى اللون الأصفر ظهر في أعلى الأوراق القديمة، وهذا يظهر بسبب نقصان النيتروجين. المعالجات T4 و T5، والتي استقبلت أعلى معدلات من النفايات السائلة، أظهرت نقصان واضح في معدلات الترشيح في التربة بعد 17 يوم بعد النمو. ومن هذا اليوم وبعده، فإن ترشيح STSE كان يتناقص بالتدرج في عينات التربة.

كما نتج عن استخدام STSE في ري نبات الذرة تغيرات في محتوى النيتروجين والفوسفور في الأوراق والسيقان وفي كل أغصان النبات (الأشكال 1A و 1B). وتسببت النفايات السائلة في زيادة محتوى النيتروجين والفوسفور في أجزاء النبات، في المعالجات التي استقبلت السماد الغير عضوي (معدا سماد النيتروجين، و T1 و T4). في وحدات التجربة ذات التسميد الكامل (T2 و T5)، فإن النفايات السائلة ساهمت في زيادة محتوى الفوسفور فقط في أجزاء النبات (الأوراق والسيقان وكل الأغصان). استخدام STSE بدون التسميد غير العضوي (T3) تسبب في انخفاض محتوى الفوسفور في نباتات الذرة. على كل حال، النباتات من المعالجة T3 جمعت نفس الكميات من النيتروجين في أجزاء النبات، بالمقارنة مع النباتات من المعالجة T1. تغيرات أخرى على النبات في محتوى النيتروجين والفوسفور كانت نتيجة لوجود أو غياب السماد الغير عضوي وليس لاستخدام الري بالنفايات السائلة.

في الوحدات التجريبية تم تسميد بشكل كافي المعالجات (T2 و T5)، والري بواسطة STSE تساهم بزيادة في محتوى الفوسفور في النبات (الشكل 1B)، ولكن، لم تغير أي من تركيز مغذيات التربة (الجدول 3) أو كمية الإنتاج الجاف (الشكل 2). ولقد أكد (Vazquez-Montiel et al. (1996 وجود تراكم عالي



للفوسفور في نباتات الذرة التي استخدم معها السماد والري بمياه النفايات السائلة، وكذلك فان Al-Jaloud et al. (1995) لاحظ زيادة في تركيز الفوسفور في أوراق الذرة نتيجة الري بمياه النفايات السائلة، والتي تتميز بوجود الفوسفور في مياه الري المتبقية.

لقد كان السماد غير العضوي النيتروجيني هو العامل الأساسي في الإنتاج الجاف للذرة، بشكل مستقل عن نوع مياه الري المستخدمة (الشكل 2). وهذا يدل على انه لاستخدام STSE في أوعية الزراعة التي تحتوي على سماد كافي لم تزيد محتوى النيتروجين (الشكل 1A)، لم تؤثر على تركيز النيتروجين والكلوروفيل في الأوراق (الجدول 4)، ولم يؤثر على الإنتاج الجاف للذرة (الشكل 2)، ولم يغير تركيز النيتروجين الكلي في التربة (الجدول 3). بالرغم من ذلك، هذه النتائج لم تتفق مع الملاحظات السابقة في بحث Bielorai et al. (1984) and Feigin et al. (1984)، والذي أفاد بوجود زيادة في محتوى النيتروجين في أغشية النباتات التي تم تسميدها بالنيتروجين ورويت بمياه النفايات السائلة.

نباتات الذرة التي لم تسمد ولكن رويت بمياه STSE (T3) أظهرت تراكيز عالية من الكلوروفيل والنيتروجين في الأوراق أكثر من النباتات التي رويت بمياه مقطرة وأسمدة غير عضوية بدون نيتروجين (T1) (الجدول 4). هذه الحقيقة يمكن أن تكون ناتجة عن تأثير التخفيف/التركيز، لان النباتات من كلا المعالجتين (T1 و T3) جمعت كميات متساوية من النيتروجين (الشكل 1A)، ولكن النباتات في المعالجة T3 أظهرت إنتاج جاف اقل (الشكل 2). وهذا يشير إلى أن تركيز النيتروجين في الورق يؤثر على تركيز الكلوروفيل، وقد تم الحصول على ترابط ايجابي واضح لهذين المتغيرين ($r = 0.93^{**}$)، والذي كان متوقعا وتم تعزيز هذا في البحوث العلمية التي أجريت على نبات الذرة (Waskom et al. 1996).

الجدول 4 تأثير مصادر مياه الري (نفايات سائلة وماء غير متأين) وسماد في النيتروجين وتركيز الكلوروفيل (تم قياسه بطريقة غير مباشرة) في أوراق الذرة

Treatment	N (g kg ⁻¹)	Chlorophyll meter readings
T1 ^a	8.0 d ^g	17.2 c
T2 ^b	20.6 a	39.5 a
T3 ^c	16.3 b	26.4 b
T4 ^d	11.4 c	24.2 b
T5 ^e	19.7 a	40.4 a
C.V. (%) ^f	8.7	7.3



بمقارنة النباتات من المعالجتين T1 و T4 التي استخدم فيها السماد غير العضوي، ما عدا النيتروجين، فإنه لوحظ إن النباتات T4 (المعالجة بـ STSE) اكتسبت مقدار أعلى من الفوسفور والنيتروجين، وقد ارجع السبب في ذلك إلى المحتوى العالي من المواد المغذية في النبات (الشكل 1A و 1B)، الأوراق الكثيرة وتركيز الكلوروفيل (الجدول 4)، والإنتاج العالي للمواد الجافة من نبات الذرة (الشكل 2). في هذه الحالة، بالرغم من الري بواسطة STSE سبب في إضافة النيتروجين إلى وحدات التجربة، إلا أن إنتاج المحصول الجاف كان اقل بشكل ملحوظ من تلك في المعالجة T2 و T5، والتي زودت بسماد غير عضوي كامل. هذه النتائج تؤكد البيانات التي حصل عليها Feigin et al. (1981)، والتي تم فيها مقارنة تأثير نفايات الصرف الصحي، على تركيز المواد المغذية في الذرة، حيث أن نفس مكونات المواد المغذية في النفايات السائلة، والماء غير المتأين. هؤلاء الباحثون لاحظوا عدم وجود تأثير لمياه الري على كمية النيتروجين في نباتات الذرة، ولكن، اكتساب النيتروجين من قبل النبات من النفايات السائلة كان اقل من تلك التي أضيف إلى تربتها سماد غير عضوي نيتروجيني.

التأثير المنخفض للكفاءة كما في السماد النيتروجيني يمكن أن يكون بسبب، أولاً، اختلاف احتياجات النبات إلى الماء والنيتروجين، حيث إن النيتروجين مطلوب لكل النباتات، بمعدلات عالية خلال فترة النمو وفي حالة المعدلات المنخفضة في حالة مراحل إعادة الإنتاج قبل عملية الحصاد، ولكن العكس يحدث لاحتياج النبات للماء (Bouwer and Idelovitch 1987). السبب الثاني، هو فقدان النيتروجين في التربة المروية بالنفايات السائلة اعتبر فقد كبير (Polglase et al. 1995) من خلال (1) تبخر $\text{NH}_3\text{-N}$ (Smith et al. 1996)، (2) ترشيح $\text{NO}_3^- \text{-N}$ (Hook and Kardos 1978)، و(3) إزالة النيتروجين من التربة بعد عملية زيادة الري بـ STSE (Friedel et al. 2000). وهناك الكثير من البحوث العلمية تظهر ان فقد النيتروجين يمكن ان يكون كبيراً في المخلفات العضوية ذات pH العالية، وذلك يعود إلى عملية تبخر $\text{NH}_3\text{-N}$ ، وبالأخص في التربة ذات CEC المنخفض (Stevenson 1986). هذا بالتأكيد حدث في هذه الدراسة البحثية، عندما كانت النفايات السائلة مخلفات عضوية قاعدية (الجدول 2) والتربة المستخدمة ذات طين منخفض (160 g kg^{-1} وبالأخص الكولنيت) وCEC منخفض ($38.8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (الجدول 1). إضافة إلى ذلك، فإن الظروف العملية للتجربة من المحتمل تفضل التخلص من النيتروجين، لأسباب مختلفة: (1) إضافة النفايات السائلة إلى عينات التربة من المحتمل أن يسبب في إضافة الكربون المذاب، أي المتحلل (Bouwer and Chaney 1974)، (2) معدل الترشيح للنفايات السائلة يبدأ بالنقصان في اليوم 21 بهد ظهور البذور في المعالجات ذات معدل الري العالي، وهذا من المحتمل أن يكون عائداً إلى التشبع المنخفض



للتربة بالهواء، (3) متوسط درجة الحرارة في الحمامات الزراعية أعلى من 25°C، وهذا يزيد من عملية التخلص من النيتروجين، (4) مقدار الـ pH في عينات التربة كان أعلى من 5.0 في بداية التجربة، وهذا يزيد من التخلص من النيتروجين، وبعد الري بـ STSE فإن قيمة pH زادت بمقدار 0.9 وحدة. كل الظروف التي ذكرت أعلاه تسبب في فقد غاز النيتروجين نتيجة للتبخر البيولوجي طبقاً لـ (Stevenson 1986).

في هذا البحث، وجد إن STSE يمكن استخدامه بشكل فعال فقط كمصدر جزئي للنيتروجين، في حالة غياب السماد الغير عضوي النيتروجيني ويزود بكمية مياه ري كافية في أوعية الزراعة التي يتم تسميدها بالسماد الغير عضوي الكامل. بالري بـ STSE كبديل فعال لمياه الري التقليدية تم توثيقه بشكل جيد، وبالأخص لنبات الذرة (Al-Jaloud et al. 1976; Mohammad Karlen et al. 1995; Overman et al. 1995; Mazahreh 2003). وبالرغم من الإضافة العالية للصدويوم عن طريق الري بـ STSE، سببت في زيادة بمقدار 15 و 100 مرة لتركيز الصدويوم في التربة والنباتات، على التوالي، لا يوجد أي تأثير ملحوظ للصدويوم على الإنتاج الجاف للنباتات التي تم تسميدها بما فيه الكفاية (T5) كما في الشكل 2. بالتأكد، عناصر مغذية أخرى، بالأخص البوتاسيوم، موجودة في هذه المعالجة أدت إلى تجنب تأثير التسمم بتركيز الصدويوم العالي (Al-Jaloud et al. 1995). وبدون شك فإن الفوسفور كان القيد الأكثر أهمية كعنصر مغذي لإنتاج النبات لأنه في حالة غياب الفوسفور في السماد (T3)، فإن النباتات أظهرت اعراض نقص الفوسفور بعد 11 يوم من الظهور، مما أدى إلى إنتاج منخفض من المحصول الجاف للذرة (الشكل 2). وبالرغم من ذلك، فإن العديد من الأوراق العلمية أفادت بما فيه الكفاية وجود عنصر الفوسفور المغذي في النبات عندما تم ريه بالنفايات السائلة (Day 1975; et al. 1974) وهذا من المحتمل بسبب عدم انخفاض خصوبة التربة الحمضية الاستوائية، مع انخفاض CEC و انخفاض الفوسفور، كما في التربة التي استخدمت في التجربة الحالية (الجدول 1). بوضوح، فإن النفايات السائلة لم يتوقع أن تزودنا بكل العناصر المغذية المعدنية وان تكون بديل عن عملية التسميد الغير عضوي، بالأخص في حالة التربة الفقيرة بالفوسفور، والتي تركيبها المعدني هو الكوارتز والكولنيت، والهيماتايت و goethite. إضافة إلى انخفاض تركيز الفوسفور الطبيعي في التربة المستخدم في هذه التجربة، ووجود أكاسيد الحديد يمكن أن يساهم في انخفاض الفوسفور في التربة، ويقال من توفرها للنباتات. وبالرغم من إن النفايات السائلة تعتبر مصدر للمواد المعدنية في مياه الصرف الصحي، إلا إنها لا تستطيع أن تكون المصدر الوحيد للمواد المغذية للنباتات، وإضافة العناصر الغذائية اللازمة من خلال السماد يعمل على تعويض النقص في المواد المغذي للنبات (Ingle's et al. 1992)، وبالأخص نبات الذرة (Overman et al. 1995).



الاستنتاج

استخدام مياه الصرف الصحي ذات المعالجة الثانوية لري نباتات الذرة، استبدلت بالكامل عملية الري بالمياه العادية، وزودت بشكل جزئي سماد النيتروجين، ولكن لم تزود بشكل كامل المواد المغذية لنباتات الذرة في غياب السماد الغير عضوي.

استخدام STSE سبب القليل من الزيادة في نيتروجين التربة، ولكن لم يغير تركيز الكلي للكربون والفوسفور ولم يزيد من المحصول الجاف في حالة استخدام السماد الغير عضوي، بالرغم من الارتفاع في محتوى النيتروجين والفوسفور.

**تمت الترجمة في
المركز العلمي للترجمة**

www.trgma.com

2009-9-21