استخدام مياه الصرف الصحي في زراعة الفجل: دراسة حالة في مدينة البنجاب بالباكستان

KHUDA BAKHSH1 AND SARFRAZ HASSAN

الخلاصــة

صممت هذا البحث العلمي بهدف دراسة تأثير مياه الصرف الصحي على زراعة نبات الفجل خلال العام 2003-2002. واستخدم لذلك مجموعة من المتغيرات الافتراضية لتقدير تأثير مياه الصرف الصحي على محصول الفجل. كما واستخدمت دالة الإنتاج بمتغيرات مستقلة مثل تجهيز الأرض، والبذور، والسماد، والأيدي العاملة بالإضافة إلى المتغيرات الافتراضية وذلك لدراسة التأثير المتبادل بين المتغيرات الافتراضية والعوامل المستقلة لتقيم استجابة كافة المتغيرات مثل البذور والسماد وتجهيز الأرض الخ لتأثير استخدام مياه الصرف الصحي. نتائج هذا البحث أظهرت أن إدخال المتغيرات المتبادلة في النموذج يؤدي إلى تغيرات كبيرة في معامل البذور والمبيدات الحشرية.

هذا النموذج أيضا اثبت إن مياه الصرف الصحي تقلل من كفاءة ساعات عمل التراكتور المستخدم لتجهيز الأرض وتسميدها. نتائج هذه الدراسة تتوقع اتخاذ مجموعة من القرارات السياسية يجب أن تؤخذ على الفور لحماية إنتاجية التربة ولتقليل الأخطار الصحية. والخطوة الأكثر أهمية هي معالجة مياه الصرف الصحي قبل استخدامها لري الخضروات التي تتحمل مياه الصرف الصحي والنباتات الورقية يجب أن تروى بمياه الصرف الصحي المعالجة وكذلك بمياه القنوات المائية ومياه الآبار وذلك لحفاظ على إنتاجية التربة.

المقدمـــة

تعتبر الباكستان من المدن الريفية التي يعتمد معظم سكانها على الخضروات، والخضروات مواد غنية بالمواد الغذائية الهامة مثل الفيتامينات والبروتينات والكالسيوم والفوسفور والحديد والماء والأملاح المعدنية إلى أخره. وفي حالة الظروف المناخية المتغيرة، فان نمو الخضروات ممكن أن يتنوع من خضروات ورقية إلى خضروات أرضية مثل البصلية والدرنية وحتى الخضروات الزهرية والفواكه إلى أخره، وجميع هذه الخضروات يتم زراعتها في أماكن مختلفة من البلاد. والمساحة المزروعة بالخضروات والمتضمنة زراعة البصل والثوم والفلفل ولكن بدون البطاطا والبطاطا الحلوة كانت 0.381 مليون هكتار (أي ما يقارب 1.67% من المساحة الإجمالية للأرض المزروعة)، وتنتج ما يقارب 4.06 طن من الخضروات. إن الطلب المتزايد للخضروات من المناطق الريفية إلى المناطق المدنية يعود إلى الاستهلاك المنزلي لإعداد وطهي الطعام. ولكن، الخضروات لها استخدامات مختلفة في الأطعمة من الممكن أن تدخل في تحضير المخللات والكاتشب والشوربة والصلصة والسلطات إلى أخره (Tunio & Majeedano, 2001).

في معظم مدن الباكستان، فان مياه الصرف الصحي الناتجة من البلديات المحلية وكذلك من المخلفات السائلة الناتجة عن المؤسسات الصناعية تتسرب إلى المياه الطبيعية. وقد سجل ما يقارب 212.2 مليون جالون من مياه الصرف الصحي تلقى في المياه الطبيعية ولا يوجد طريقة مناسبة لتجميع هذه المياه ومعاجلتها. هذا السلوك يسبب تلوث للبيئة. تستخدم مياه الصرف الصحي في ري المحاصيل في العديد من الدول المحيطة (Hernandez et al., 1991, Qadir et al., 1997) وتعتبر هذه وسيلة رخيصة للتخلص من مياه الصرف الصحي. كما ويفضل المزارعون استخدام هذه المياه لأنها تعتبر مصدر مهما للغاية وخصوصا المزارعين الذين يعانون من مشاكل مادية حيث إن تكلفة ضخ مياه الصرف الصحي للري تعتبر ذات تكلفة اقل بالنسبة لهم. كما إن مياه الصرف الصحي تحتوي على كمية كبيرة من المواد المغذية والتي تساعد على زيادة الإنتاج بشكل كبير وتقلل من تكلفة شراء الأسمدة، ولهذا فان التكلفة الإجمالية للإنتاج الزراعي تقل. وبالرغم من أن استخدام مياه الصرف الصحي يسبب مشاكل الإصابة بالآفات وظهور الأعشاب الضارة إلا أن هذه المشاكل ممكن القضاء عليها باستخدام تدابير معينة لحماية النباتات. لان الاستخدام المستمر لمياه الصرف الصحي ممكن أن يؤدي إلى مشاكل بيئية وضعف التربة الزراعية وضرر للمياه الجوفية وتلوثها

(Hunshal et al., 1997, Hicks & Hird, 2000; Siddiqui, 2000; Bradford, 2001). وجد الفريق البحثي Ghafoor et al. (2004) و Murtaza et al (2003) إن التربة المروية بمياه الصرف الصحي تحتوي على معادن ثقيلة تفوق الحد المسموح به. حيث لوحظ تركيز عالي للمعادن في أوراق الخضروات. امتصاص الخضروات والمحاصيل الزراعية للمعادن بشكل مستمر من مياه الصرف الصحي قد يسبب ارتفاع في مستوى المعادن مثل الرصاص والنحاس والزنك والحديد في جسم الإنسان قد تصل إلى درجة الخطر. إضافة إلى ذلك فان الري بمياه الصرف الصحي يؤدي إلى مخاطر صحية، حيث إن هذه المياه مصدر رئيسي للفيروسات المسببة للأمراض وتحتوي على مركبات كيميائية ضارة ناتجة عن مخلفات المصانع (Furedy et al., 1999, Zarsky & Hunter, 1999).

النفايات السائلة عادة تستخدم لنمو الخضروات في جوار المدن (Qadir et al., 1999). وهذه تعتبر واحدة من أسباب ازدهار الخضروات حول المدن الكبرى. فالخضروات الورقية مثل القرنبيط والكرنب والسبانخ وغيرها تنمو بصورة جيدة في وجود مياه الصرف الصحي في حين إن خضروات مثل الفجل والجزر واللفت وغيرها هي خضروات حساسة لمياه الصرف الصحي. حيث استنتج Bakhsh et al. (2005) إن المياه الجوفية ذات الجودة المتدنية تسبب خسارة كبيرة في المحاصيل الجذرية. وبالمثل مياه الصرف الصحي تؤثر بشكل سيء على جذور المحاصيل مثل الفجل خلال مرحلة النضج وهذا ينعكس على نقصان المحصول بشكل كبير (Bakhsh, 2002).

صممت الدراسة الحالية لتقدير ومقارنة تكلفة الإنتاج والعوائد المادية لمزارع الفجل التي رويت باستخدام مياه الصرف الصحي مع تلك التي لم تستخدم فيها مياه صرف صحي. كما ويهدف البحث إلى دراسة استجابة المتغيرات الأساسية للمحاصيل مثل البذور والسماد والأيدي العاملة إلى أخره في وجود مياه الصرف الصحي.

النتائج والمناقشة

إحصائيات وصفية لمختلف المتغيرات التي تؤثر على نمو الفجل في المزارع تم تقديرها، وقد وجد إن المزارعون يزرعون الفجل منذ أربعون سنة بالمتوسط وقد حصلوا على تعليم بما يصل إلى 4.3 سنة. هذه المعلومة توضح أن مستوى التعليم للمزارعين منخفض. كما وجدنا أن متوسط حجم المزرعة يعادل 16.7 فدان وفي الغالب يكون مساحة المزرعة يتراوح من 2 إلى 63 فدان والمزروع منها بالفجل فقط هو 1.9 فدان. ومعدل استخدام الأسمدة الغنية بالنيتروجين والفوسفور كانت 51 كيلوجرام للفدان، وذلك في مدى يتراوح من 9 كيلوجرام للفدان إلى 105 كيلوجرام للفدان. ومتوسط إنتاج الفجل في المزارع تحت الدراسة كان في 6032 كيلوجرام للفدان بمدى يتراوح بين 2400 إلى 12000 كيلوجرام للفدان (الجدول 1).

ومن هنا نجد إن هناك فجوة تصل إلى 5960 كيلوجرام للفدان بين متوسط إنتاج المزرعة وأعلى قيمة للإنتاج، وهذا يوحي بوجود فرص زيادة إنتاج الفجل باستخدام وسائل تقنية إضافية.

تكلفة الإنتاج. تم حساب تكلفة الإنتاج بشكل منفصل للمزارعين الذين يستخدمون مياه الصرف الصحي والذي لا يستخدمونها. فالمزارعون الذين يستخدمون مياه الصرف الصحي صرفوا ما يعادل 1458 روبية لتجهيز الأرض لزراعة الفجل في حين إن الذين استخدموا مصادر ري أخرى صرفوا ما يعادل 1331 روبية لتجهيز الأرض وهذا يعتبر اقل بقليل من السابق. ومقدار بذور الفجل المستخدمة في الزراعة كانت متساوية للمزارعين الذين اعتمدوا على مياه الصرف الصحي ولمن لم يستخدم مياه الصرف الصحي. وكان معدل استخدام البذور يتراوح بين 1.36 و 1.47 كيلوجرام استخدم من قبل كل المزارعين، ولهذا لم يكن هناك اختلاف يذكر في التكلفة الخاصة بالبذور. ومن المعلوم أن مياه الصرف الصحي تحتوي على كميات كبيرة من المواد الغذائية وتعمل هذه على زيادة إنتاجية بعض المحاصيل مثل السبانخ والقرنبيط على المدى القصير. ولكنها تقلل من إنتاجية التربة على المدى البعيد اذا استخدمت مياه الصرف الصحي بشكل مستمر وبالتالي فان الإنتاجية في النهاية سوف تنعدم. نبات الفجل الذي ينمو باستخدام مياه الصرف الصحي لم يحتاج إلى كمية كبيرة من المغذيات العضوية بالمقارنة مع الفجل الذي كان يروى بمياه عادية، ولهذا فان تكلفة الأسمدة كان مرتفع جدا في المزارع التي استخدمت مصادر ري مختلفة بالمقارنة مع المزارع التي اعتمدت على مياه الصرف الصحي. وفي أغلب الأحيان تكون مياه الصرف الصحي متاحة للاستخدام مجانا

ولكن في بعض المناطق قد يكون هناك تكلفة رمزية لاستخدامها. هذه التكلفة قد تصل إلى 547 روبية للفدان في حين إن تكلفة الري بمصادر مائية أخرى تكون في حدود 1170 روبية للفدان. إن الأعشاب الضارة وتفشي الأمراض كان مصاحب للمزارع التي تستخدم مياه الصرف الصحي. ولقد كان المزارعين على علم بهذه الأمراض التي تسببها استخدام مياه الصرف الصحي. ولهذا كانت تكاليف الحماية مرتفعة جدا في مزارع الفجل التي تروى بمياه الصرف الصحي بالمقارنة مع المزارع الأخرى. اما تكلفة الأيدي العاملة قدرت بنحو 2510 و 2970 روبية لمستخدمي مياه الصرف الصحي والآخرين على التوالي (الجدول II). وكما هو معروف إن تكلفة الحصاد يعتمد على مقدار الإنتاج، ولهذا كان تكلفة الحصاد مرتفعة للمزارع التي استخدمت مصادر مائية مختلفة للري بالمقارنة مع تلك التي استخدمت مياه الصرف الصحي. وهذا يزيد من التكلفة الكلية للأيدي العاملة. وبطريقة أخرى فان تكلفة الأيدي العاملة بدون الحصاد كانت مرتفعة جدا في حالة المزارع التي تستخدم مياه الصرف الصحي.

إجمالي الإيرادات والهوامش. مقدار الإيرادات الكلي للمزارع التي استخدمت مياه الصرف الصحي والمزارع الأخرى كانت 10160 و 13040 روبية للفدان على التوالي. تحليل الميزانية الجزئية لنوعي مياه الري بينت إن مصادر المياه المختلفة للري مثل مياه القنوات المائية ومياه الآبار كانت اقتصادية أكثر من مصادر مياه الصرف الصحي. العوائد المالية من مصادر مياه الصرف الصحي كانت 3512 روبية للفدان، في حين إن عوائد المصادر الأخرى كانت 5388 للفدان (الجدول II) هذه النتائج متفقة تماما مع النتائج في بحث Bakhsh et al. (2005). وبالرغم من أن دراستهم كانت مركزة على تأثير جودة التربة الزراعية على إنتاج نبات الجزر، ولكن التركيز الرئيسي كان على حساسية الخضروات لجودة المياه. انخفاض العائدات في حالة الري باستخدام مياه الصرف الصحي سيكون قضية رئيسية بالنسبة للسلطات المعنية. وكذلك استخدام مياه الصرف الصحي اثبت انه من الضروري معالجته قبل استخدامه لري الخضروات من وجهة نظر اقتصادية وصحية.

الجدول I ملخص إحصائيات مختلف المتغيرات في مزارع الفجل

Table I. Summary statistics of different variables of radish farmers

Variables	Sample mean	Sample standard deviation	Minimum	Maximum
Family size (No.)	6.7	45.4	2	11
Farmer's age (year)	40	12.7	18	70
Farmer's education (Year)	4.3	4.5	.01	12
Farm experience (year)	20	12.6	1	60
Farm size (acre)	16.7	16.1	2	63
Radish area (acre)	1.9	2.1	0.2	10
Land preparation (tractor hours/acre)	6.7	1.1	3.3	8.5
Seed (kg/acre)	1.4	0.5	1	3
Fertilizer (kg/acre)	50.9	23.3	9	105
Labour (hours/acre)	83.8	37.5	23	175
Radish yield (kg/acre)	6032	1814.96	2400	12000

الجدول II تحليل العوائد المادية الكلية لمختلف وسائل الري

Table II. Gross Returns Analysis for Various Sources of Irrigation

Items	Use of sewage water (Rupees/Acre)	Other sources*
Land Preparation	1458	1331
Seed @ Rs. 250/kg	340	368
Fertilizer	975	1475
Plant protection measures	818	338
Irrigation	547	1170
Labour	2510	2970
Total cost of production	6648	7652
Radish yield (Kg/Acre)	5080	6520
Price (Rupees/Acre)	2	2
Total Returns	10160	13040
Gross Returns	3512	5388

* Other sources include tube-well and canal water, separately or jointly

الجدول III نتائج تحليل الارتداد

Table III. Results of Regression Analysis

Variables	Coefficient Estimates	t-value	Significance
Constant	3.374	11.545	0.000
LnLP	0.638	3.726	0.000
LnSEED	-0.069	-0.732	0.466
LnFERT	0.235	3.942	0.000
LnLABOR	-0.052	-0.834	0.406
D_1	-0.096	-1.631	0.106
D_2LnLP	-0.317	-1.136	0.259
D_2LnSEED	-0.483	-3.039	0.003
D_2LnFERT	-0.134	-1.535	0.128
D_2LnLABOR	0.159	1.512	0.134

$R^2 = 0.54$ Adjusted $R^2 = 0.49$ $F = 11.38$

تحليل الارتداد. معادلة الارتداد المتعددة نوقشت في الطريقة والمنهج من هذا البحث وقد قدرت باستخدام طريقة ordinary least squares والنتائج موضحة في الجدول III. إحصائيات F مهمة عند مستوى 1% مما يشير إلى ان المتغيرات الوصفية التي أدخلت في النموذج لها تأثير كبير على إنتاج الفجل.

قيمة R^2 تساوي 0.54 تتوقع أن تكون المتغيرات المستقلة المتضمنة في النموذج توضح تغير مقداره 54% في محصول الفجل. اما بخصوص عدد ساعات عمل التراكتور المستخدم لتجهيز الأرض ومقدار الأسمدة الغنية بالنيتروجين والفوسفور تؤكد على أهميتها على إنتاج الفجل. ومعاملات هذه المتغيرات كانت موجبة وذات تاثير عندما تكون في مستوى اقل من 1%.

مقدار البذور المستخدمة والأيدي العاملة للمزارع المختلفة كان له تأثير سلبي ولكن غير مهم على إنتاج الفجل. العامل السلبي للأمراض والأوبئة تشير إلى إن الأمراض والأوبئة تقلل من إنتاج الفجل في المناطق المصابة.

اما عامل التقاطع بين تجهيز الأرض ومخلفات الصرف الصحي كان سالباً مما يشير إلى إن كفاءة ساعات عمل التراكتور لتجهيز الأرض يقل باستخدام مياه الصرف الصحي لإنتاج محصول الفجل، وعلى كل حال فان هذا العامل من الناحية الإحصائية لم يظهر له أي أهمية تذكر. وهذا من الممكن أن يكون بسبب أن مياه الصرف الصحي تحتوي على الكثير من المواد الغير قابلة للذوبان مثل أكياس النايلون ومواد أخرى.

تركيز هذه المواد الغير متحللة يعيق عملية تجهيز الأرض الزراعية. والتقاطع بين البذور ومياه الصرف الصحي كان سالبا وذو تأثير بمقدار اقل من 1% لمستوى الاحتمالية. وهذا يشير إلى إن إنتاج الفجل يتأثر بشدة باستخدام مياه الصرف الصحي لوجود المواد الغير مذابة مثل أكياس النايلون وغيره من المواد. والتقاطع بين مخلفات الصرف الصحي والأسمدة له تأثير سالب كما كان متوقع ويكون مؤثرا عند مستوى 13%. هذا التأثير السالب يعود إلى إن مياه الصرف الصحي غنية بالمواد العضوية.

والتقاطع بين الأيدي العاملة المستخدمة في مختلف الأنشطة الزراعية ما عدا الحصاد والمتغيرات الوهمية لمياه الصرف الصحي كان موجبا وذو تأثير عند مستوى 13%، استخدام الأيدي العاملة ازداد بسبب وجود الإعشاب الضارة وكان له تأثير موجب على إنتاج الفجل.

والنتيجة هي ارتفاع العائد بسبب جودة التربة وتجهيزها المسبق وتقليل الخسارة في الناتج والذي يعود إلى استخدام الترتيبات الوقائية لحماية التربة من الأمراض، حيث أن الأمراض والأوبئة تشكل تأثير سلبي على إنتاج الفجل

الاستنتاجات والاقتراحات

أوضحت الدراسة تأثير مياه الصرف الصحي على إنتاج الفجل في مدينة البنجاب. هذه الدراسة مطلوبة لفهم المشكلة التي تواجه المزارعين (بالأخص صغار المزارعين الذين يزرعون الخضروات) عند استخدام مياه الصرف الصحي بسبب قلة المصادر المائية الأخرى أو بسبب العجز مالي.

والفجل مثله مثل المحاصيل الأرضية حساس جدا لاستخدام مياه الصرف الصحي. والحدود التي تم استخدامها في النموذج المخصص للدراسة وضحت إن استخدام مياه الصرف الصحي لري مزارع الفجل سوف يقلل الفائدة بشكل كبير. والعوائد المالية الكلية للفدان انخفضت بشكل كبير بالمقارنة مع العوائد المالية للمزارع التي اعتمدت على مصادر الري الطبيعية. ولكن التحليل الجزئي للميزانية بين إن تكلفة استخدام الأسمدة كان اقل في المزارع التي استخدمت مياه الصرف الصحي من المزارع الأخرى، وذلك لاحتواء المخلفات السائلة لمياه الصرف الصحي على العديد من المواد الغذائية الأساسية لنمو النباتات. ولكن يجب أن ننتبه إلى إن تأثير تكرار استخدام مياه الصرف الصحي سيكون مرتفع جدا على العوائد على المدى القصير.

التأ ُثير السلبي لمياه الصرف الصحي مع ساعات استخدام التراكتور لتجهيز الأرض يبين لنا إن هذين العاملين معا سوف يكون لهما تأثير على انخفاض الإنتاج للفدان الواحد، لان الخضروات مثل الفجل والجزر وغيرها تحتاج إلى تربة مجهزة جيدا لإنباتها. على كل الأحوال مياه الصرف الصحي تجعل من الصعب تجهيز الأرض بشكل جيد نتيجة لوجود تكتلات من المواد مثل أكياس النايلون وغيرها. ولهذا يقترح على المزارعين عمل ترتيبات لتنقية المياه من هذه المواد قبل استخدامها في زراعة الفجل وغيره من الخضروات.

كما وجد إن عدد ساعات العمل المستخدمة لزراعة الفجل بمياه الصرف الصحي لها تأثير ايجابي أي إن استخدام مياه الصرف الصحي يعزز من كفاءة استخدام الأيدي العاملة لان استخدام مياه الصرف الصحي يسبب في مشاكل ظهور الأعشاب الضارة وهذه المشكلة بحاجة إلى حل ويلجئ المزارعين إلى الاستعانة بالمزيد من الأيدي العاملة.

هناك حاجة ماسة لتطوير منشات لمعالجة مياه الصرف الصحي. هذه المنشآت ضرورية لمعالجة مياه الصرف الصحي الناتجة عن المدن وتجهيزها قبل استخدامها في ري المحاصيل الزراعية. إن معالجة مياه الصرف الصحي يحقق هدفين هما: (1) حل مشكلة التخلص من النفايات في المدن الكبيرة والتي تعتبر من

المشاكل الأساسية للسلطات المعنية، (2) تقليل تكلفة الإنتاج الزراعي لان المزارعين سوف يقل استخدامهم للأسمدة الغير عضوية. الأكثر أهمية بالنسبة لمعالجة مياه الصرف الصحي هو تقليل الأضرار الصحية.

في عصر منظمة التجارة العالمية، فان مزارعينا الذين يستخدمون مياه الصرف الصحي سوف لن يكون بوسعهم المنافسة في السوق العالمي. كما إن المستهلكين أكثر إدراكا الآن للمخاطر الصحية الناجمة عن استخدام مياه الصرف الصحي. ومن الوسائل الممكنة لتقليل استخدام مياه الصرف الصحي هو أن تجبر المؤسسات الصناعة على تركيب محطات معالجة للمخلفات قبل أن تتسرب إلى مصارف الصرف الصحي وذلك من خلال فرض ضرائب مادية أو تطبيق عقوبات جزائية. ومقدار الأموال المجمعة من هذه الضرائب والعقوبات يمكن أن تصرف في معاجلة المياه لتأمين حياه أفضل لمجتمعنا المحلي. ولازلنا بحاجة للمزيد من الدراسات والأبحاث لتقديم اقتراحات وسياسات بديلة.

تمت الترجمة في

المركز العلمي للترجمة

www.trgma.com

30-5-2009