مجلة جامعة الملك سعود، م١٠، العلوم الزراعية (١)، ص ص ٢١ - ٤٠، الرياض (١٤١٨هـ / ١٩٩٨م)

استخدام البرمجة التربيعية للمخاطرة في قياس أثر المحددات الموردية على كفاءة استخدام المبيدات في البيوت المحمية للطماطم في منطقتي الرياض والخرج

باسم أحمد آل إبراهيم، بدر الدين إبراهيم سفيان، وشيرين أحمد شريف*

قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية

**قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة، جامعة الإسكندرية، الإسكندرية، جمهورية مصر العربية.*

(قدم للنشر في ١٤١٧/٧/٥هـ وقبل للنشر في ١٤١٨/١/١٢هـ)

ملخص البحث. استخدم أسلوب البرمجة التربيعية المعلمية في إيجاد منحنى مجال الكفاءة لاستخدام المبيدات من بين أربعة أساليب إنتاجية، تعتمد في تقسيمها وفقاً لنوع المبيد والسماد المستخدم. كانت أهم المحددات الإنتاجية لإنتاج الطماطم بالبيوت المحمية هي موارد: (أ) العمل البشري، (ب) العمل الآلي، (جـ) تكلفة البذور، (د) تكلفة السماد، (هـ) تكلفة الطاقة، (و) رأس المال الجاري.

أوضحت النتائج أن الوضع الراهن يقترب من النقطة المثلى على منحنى مجال الكفاءة وأن هذا الوضع يتسم بكون الزراع أقرب ما يكونون إلى تجنب المخاطرة. أدى تعديل محددات الموارد المتاحة لأدنى قيمة مناظرة لاستخدام ١٠٠٪ من الأسلوب ذو أقل معامل فني لهذا المورد إلى نقل منحنى مجال الكفاءة إلى أسفل، وهو ما يعني الحصول على قيمة متوقعة أقل للهامش الربحي عند المستوى نفسه من المخاطرة. وقد حدث أكبر انخفاض لهذا المجال عند تحديد مستوى السماد المتاح، ويصاحب ذلك عدم استغلال حوالي ٢٨٪ من المساحة المتاحة.

وقد أوصت الدراسة المنتجين محايدي المخاطرة باستخدام الأسلوب الثالث حال توافر الموارد الإنتاجية كما في وضعها الحاضر، أما عند محدودية عدد مرات الرش، العمل البشري، والسماد فإنه ينصح باستخدام الأسلوب الرابع في حوالي ٨٧٪ من الأحوال والأسلوب الثالث في ١٣٪ منها، بينما ينصح المنتجون الراغبون في تحمل المخاطرة المناظرة لمستواها في الوضع الراهن باستخدام الأسلوب الأول في ٣٠٪ من الأحوال وباقي الأساليب بنسب متساوية وذلك عند توافر الموارد الإنتاجية. أما عند محدودية الموارد المتعلقة بالرش فإنه يفضل استخدام الأسلوب الثاني في ٤٢٪ من الأحوال والرابع في ٣٠٪ منها.

المقدمـــة

تعد محاصيل الخضر ذات أهمية كبيرة في القطاع الزراعي، حيث بلغ جملة إنتاج المملكة منها في عام ١٩٩٤م حوالي ٢,٣ مليون طن، كان نصيب منطقة الرياض منها حوالي ٢٨٪. وتعتبر الطماطم من محاصيل الخضر المهمة في المقتصد السعودي، حيث بلغ جملة إنتاجها بالمزارع التقليدية والمتخصصة عام ١٩٩٤م حوالي ٤٣١ ألف طن، كان نصيب البيوت المحمية منها حوالي ١٧٪. وقد حققت مشروعات الخضر المتخصصة في المملكة نجاحاً كبيراً نتيجة لدعم الدولة المستمر لها، حيث كان عدد المشروعات عام ١٩٩١م حوالي ٣٩٣ مشروعاً، في حين بلغت حوالي ٤٣٠ مشروعاً في عام ١٩٩٤م [١].

وعلى الرغم من التزايد في عدد المشروعات المتخصصة في البيوت المحمية إلا أن هذه الصناعة تواجه العديد من المخاطر والمعوقات، ومن أهم هذه المخاطر تلك التي تتعلق بالأسمدة والمبيدات المستخدمة. حيث تعتبر الأمراض الفيروسية من أخطر الأمراض التي تصيب البيوت المحمية وخاصة تلك التي تنقلها الذبابة البيضاء، حيث تنتشر الآفات و الأمراض الفطرية بسرعة كبيرة داخل البيوت المحمية نظراً للظروف البيئية الملائمة بها. وتتعدد المبيدات المستخدمة بالمشروعات المتخصصة لإنتاج الطماطم بالبيوت المحمية سواء منها الحشرية أو الفطرية، كما تتباين طرق استخدام كل نوع من هذه الأنواع، فمنها بالرش أو بمعاملة التربة أو بالتدخين أو بالخلط مع مياه الري أو بالخلط مع التسميد. ومن المهم جداً تحديد نوع وكمية المبيد ووقت وطريقة الرش وكيفيته، حيث إن زيادة جرعة المبيد قد تقضي على المحصول كله، كذلك التقليل من الجرعة عن الحد الأمثل تكون كعدمها، لذا فتحديد الجرعة والنوع وطريقة استخدام المبيد تكون من أهم العوامل المحددة لكمية الناتج من المحصول. كما أن الإسراف في استخدام الأسمدة الكيميائية يؤدي إلى ارتفاع نسبة الملوحة في التربة؛ لأن السماد بطبيعته مكون من أملاح فإنه بتكرار إضافته يرفع من نسبة الملوحة في التربة. لذا يجب الإلمام بنوع الأسمدة المضافة وكمياتها، ومعرفة القدر الاقتصادي الذي يعطي أعلى إنتاجية.

المشكلة البحثية

يتعرض منتجو الطماطم في البيوت المحمية لمخاطر كبيرة نتيجة لاستخدام الأسمدة والمبيدات وتنعكس آثار هذه المخاطر على حجم العوائد المتحصلة ومدى تذبذها. ولذا من الضروري معرفة الطريقة أو الأسلوب الأمثل لاستخدام هذه المبيدات التي تؤدي إلى خفض أثر مخاطرها وبالتالي زيادة عوائد المنتجين.

وحيث إن التوجه المستقبلي للسياسة الاقتصادية في المملكة العربية السعودية كما نصت عليه المحاور الرئيسية لخطة التنمية السادسة (١٤١٥-١٤٢٠هـ) [٢] يدعو إلى خفض الإنفاق الحكومي وترشيد الإعانات مما سينعكس سلباً على السياسة الزراعية المتبعة في توفير مدخلات الإنتاج بأسعار تقل عن التكلفة وتخفض من حجم الإقراض الموجه للمشروعات الزراعية، فإنه يصبح لزاماً معرفة أثر النقص المتوقع في موارد الإنتاج الزراعي على الاستخدام الأمثل للمبيدات والأسمدة في البيوت المحمية للطماطم.

الأهداف البحثية

يمكن إجمال أهداف هذا البحث في التالي:

١ - تحديد الخطط المثلى لاستخدام المبيدات والأسمدة والتي ستؤدي إلى تقليل المخاطرة لمستويات محددة من القيمة المتوقعة للدخل للمنتجين متجنبي المخاطرة، أي بعبارة أخرى تعيين أعلى منحنى لمجال الكفاءة للقيمة المتوقعة - التباين E-V frontier وفقا لبيانات الدراسة الميدانية.

٢ - تحديد الخطة الكفؤة الراهنة لاستخدام المبيدات والأسمدة وهي النقطة على منحنى مجال الكفاءة والتي تماثل تباين أو القيمة المتوقعة للدخل في الوضع الراهن.

٣ - تحليل أثر النقص في وفرة الموارد الإنتاجية المتاحة على الخطط المثلى لاستخدام المبيدات والأسمدة المقدرة في (١)، (٢). أي دراسة أثر محددات الموارد المختلفة على انتقال منحنى مجال الكفاءة.

البيانات والطريقة البحثية

اعتمد هذا البحث على البيانات الأولية للبيوت المحمية المكيفة بمنطقتي الرياض والخرج وذلك من خلال استمارة استبيان عن الموسم الزراعي لعام ١٤١٤هـ، وقد بلغت النسبة المئوية للاستجابة حوالي ٧٠٪ من البيوت المحمية المنتجة للطماطم. وقد تناولت استمارة الاستبيان بيانات عن خصائص المشروع وبنود التكاليف المتغيرة مثل العمالة والبذور والمحروقات والزيوت والكهرباء والمبيدات المستخدمة بأنواعها الحشرية والفطرية، وعمليات الرش والأسمدة المستخدمة بأنواعها المختلفة وغير ذلك، فضلا عن حجم الإنتاج وأسعار البيع.

تنوعت المبيدات المستخدمة في بيانات الدراسة لتصل إلى حوالي عشرة أنواع من المبيدات الحشرية وستة فطرية، أما الأسمدة فقد تنوعت أيضاً، حيث بلغ عددها حوالي ١٧ سمادا ما بين أسمدة أحادية ومركبة وشيلات. وقد استخدم أسلوب التحليل العاملي لتقسيم المشروعات المختلفة حسب نوع كل من المبيدات و الأسمدة المستخدمة إلى أقسام متماثلة، وأيدت آراء المتخصصين إمكان استخدام التقسيم بناء على العامل الأساسي الأول، وذلك بتقسيم المشروعات إلى قسمين من حيث المبيدات المستخدمة، وقسمين آخرين من حيث نوع السماد. وبذلك يمكن تقسيم الأساليب التي اتبعتها مشروعات الدراسة في استخدام كل من المبيدات والأسمدة إلى أربعة أساليب إنتاجية وفقاً للتالي:

١- الأسلوب الأول: المجموعة الأولى لكل من المبيدات والأسمدة.

٢- الأسلوب الثاني: المجموعة الثانية للمبيدات والأولى من الأسمدة.

٣- الأسلوب الثالث: المجموعة الأولى من المبيدات والثانية من الأسمدة.

٤- الأسلوب الرابع: المجموعة الثانية لكل من المبيدات والأسمدة.

هذا وتتسم المجموعة الأولى من المبيدات بأن المبيد الحشري سيمبوش يمثل حوالي ٦٨٪ من استخدام المبيدات الحشرية ويتميز بكونه مبيداً واسع النطاق بالإضافة إلى انخفاض درجة سميته على الإنسان، ويمثل المبيد الفطري انتراكول ٨٥٪ من استخدام المبيدات الفطرية في المجموعة الأولى، وله مدى واسع في القضاء على أنواع عديدة من الفطريات، وليس له أثر سام على نحل العسل. أما المجموعة الثانية من المبيدات فإن المبيد الحشري لانيت يمثل حوالي ٦٤٪ من

استخدام المبيدات الحشرية وهو يتميز بارتفاع سميته على كل من الحشرات والإنسان، وكذا سرعة تحطمه وقصر زمن تأثيره مما يتطلب إعادة الرش لضمان المكافحة، والمبيدان الفطريان ساندوفان و ريدوميل يمثلان ٧٠٪ و ٦٤٪ من استخدام المبيدات الفطرية على الترتيب وكلاهما واسع النطاق ومنخفض السمية على الإنسان، إلا أنه يعاب عليهما سرعة تحطمهما وانتهاء فعاليتهما. تميزت المجموعة الأولى من الأسمدة باستخدام الأسمدة المركبة (١٠-١٥-٣٠) و (٦-٢٠-٣٠) بنسب ٥٧٪ و٨٩٪ على الترتيب، في حين تستخدم المجموعة الثانية من الأسمدة سماد سلفات المغنسيوم و نترات الكالسيوم بنسب بلغت ٨٦٪ و ٧٨٪ على الترتيب بالإضافة إلى استخدام المنجنيز بنسبة تقدر بنحو ٨٧٪ [٣].

تم استخدام أسلوب دالة الإنتاج في تقدير الإنتاجية الحدية للمبيدات المستخدمة لكل من الأساليب الإنتاجية الأربعة ومن ثم قيمة الناتج الحدي وفقا للأسعار المرجحة خلال الموسم الإنتاجي، حيث قدرت الهوامش الربحية (لوحدة المساحة، أي ٥٠٠٠ م^{٢}) وذلك بطرح إجمالي قيمة الناتج الحدي من تكلفة المبيدات المستخدمة[٣]. يمثل الجدول رقم (١) القيمة المتوقعة والتباين للهوامش الربحية للأساليب الإنتاجية الأربعة، حيث استخدمت مساحة المشروعات داخل كل أسلوب إنتاجي أوزانا للترجيح. هذا وقد بلغت النسبة المئوية للأساليب الأربعة وفقا للوضع الراهن نحو ٣١,١٪ للأسلوب الأول يليه الثالث والثاني بنسب ٢٦,٨٪ و ٢٣,٩٢٪ على الترتيب، وكان أقل الأساليب استخداما الأسلوب الرابع بنسبه ١٨١٨,٪.

جدول رقم (١). القيمة المتوقعة و التباين للهامش الربحي للمبيدات وفقا للأساليب الإنتاجية.

البيان	الأساليب الإنتاجية			
	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
القيمة المتوقعة (ألف ريال)	٥١,٥٠٦	٤٩,٩٢٠	٥٤,٣٢٢	٥٤,٠٦٢
التباين	٣,٨٢٢٥	١,٩٥٩٧	١١,٠٨٧٦	١٠,٣٢٩٦

المصدر: حسبت وجمعت من الدراسة الميدانية لمنطقتي الرياض والخرج عام ١٤١٤هـ.

كانت أهم الموارد ببيانات الدراسة والتي لها علاقة بالأساليب الإنتاجية الأربعة هي: (أ) العمل البشري المستخدم في عملية رش المبيدات، (ب) العمل الآلي والمتمثل في عدد مرات

الرش، (جـ) تكلفة البـذور، (د) تكلفة السماد، (هـ) تكلفة الطاقة، (و) التكاليف الأخرى (رأس المال الجاري واللازم لعمليات التربيط ورعاية المحصول وجمعه، وغيرها). يوضح الجدول رقم (٢) المعاملات الفنية من الموارد المختلفة للأساليب الأربعة وفقا لنموذج البرمجة الخطية التالي:

$$\text{Max } \mu = C`X$$

$$\text{Subject to}$$

$$AX \leq b$$

$$X \geq 0$$

حيث: (μ) إجمالي القيمة المتوقعة للهامش الربحي،

(C) عمود عناصره القيمة المتوقعة للهوامش الربحية للأساليب الأربعة (الجدول رقم ١)،

(X) عمود عناصره مستوى الأساليب الإنتاجية الممثلة لحل ممكن (كنسب مئوية)،

(A) مصفوفة المعاملات الفنية موضحة نصيب وحدة المساحة (٥٠٠٠ م^{٢}) من الموارد،

(b) محددات الموارد المختلفة.

جدول رقم (٢). المعاملات الفنية للموارد المتاحة وفقا لمشكلة البرمجة الخطية للأساليب الإنتاجية الأربعة.

القيود	الأنشطة (الأساليب الإنتاجية)				الوحدة	المورد
	الأول	الثاني	الثالث	الرابع		
Maximize	٥١,٥٠٦	٤٩,٩٢٠	٥٤,٣٢٢	٥٤,٢٦٠		دالة الهدف
≤ ١٠٠	١	١	١	١	٪	الأرض
≤ ١٥٨٥٥	١٨٥,٧	١٤٩,٥	١٣١,٨	١٢١,٩	ألف ريال	العمل البشري
≤ ٤٣٧٠	٤٧	٤٠	٤٢	٣٤	مرة	عدد مرات الرش
≤ ٢٧٨	٢,٧٥٦	٢,٦٣٣	٢,٥٣٣	٢,٦٣٨	ألف ريال	البذور
≤ ٦٥٤	٦,٩٦٣	٦,٨٧٦	٦,٤٣٩	٣,٨٠١	ألف ريال	السماد
≤ ٥٩٤	٥,٦٩٠	٥,٨٤٣	٥,٤٥٧	٥,٥٣٠	ألف ريال	الطاقة
≤ ١٤٩	١,٤٤٨	١,٥٥٣	١,١٤٧	١,٥٩٧	ألف ريال	رأس المال

المصدر: حسبت وجمعت من بيانات الدراسة الميدانية لمنطقتي الرياض والخرج عام ١٤١٤هـ.

يعتمد هذا البحث على أسلوب البرمجة التربيعية المعلمية Parametric quadratic programming في إنشاء مجال الكفاءة للقيمة المتوقعة-التباين E-V frontier، حيث يحدد مستوى القيمة المتوقعة للهامش الربحي لمساحة من الأرض تمثل ١٠٠٪ موزعة على الأساليب الإنتاجية الأربعة، ويعين الحل الأمثل نسب هذه الأساليب والذي يعني أقل تباين ممكن للهوامش الربحية عند هذا المستوى من القيمة المتوقعة. ويتم تعديل معلمة النموذج - القيمة المتوقعة لإجمالي الهوامش الربحية (μ)- في المدى بين الصفر و أعلى قيمة ممكنة. هذا وتقع عدة نقاط أساسية على منحنى مجال الكفاءة، تبين كل نقطة منها التوليفة من الأساليب الأربعة عند مستوى معين لكل منها، بحيث تكون نسب الأساليب لأي نقطة بين نقطتين أساسيتين عبارة عن توليفة خطية من حل هاتين النقطتين الأساسيتين [٤، ص ص ١٩٨-١٩٩]. ويمكن صياغة مشكلة البرمجة التربيعية عند مستوى معين (μ^*) للقيمة المتوقعة للهامش الربحي [٥، ص ص ٨١-٨٩] وفقا للنموذج التالي:

$$\text{Min} \quad X'\Omega X$$

Subject to

$$AX \leq b$$

$$C'X = \mu^* \qquad 0 \leq \mu^* \leq \mu^{max}$$

$$X \geq 0$$

حيث: (Ω) تمثل مصفوفة التغاير للهوامش الربحية للأساليب الإنتاجية، عناصر قطر هذه المصفوفة هي تباين الهامش الربحي للأسلوب الإنتاجي، في حين تمثل العناصر المتماثلة خلاف عناصر القطر التغاير بين الأسلوبين اللذين يمثلان الصف والعمود لعنصر معين، ونظرا لأن بيانات كل أسلوب مستقلة عن الآخر فقد وضعت هذه التغايرات مساوية للصفر. وعلى هذا يكون التباين الإجمالي (σ^2)- المصاحب لإجمالي القيمة المتوقعة للهامش الربحي (μ^*) - هو:

$$\sigma^2 = X'\Omega X$$

وباقي المتغيرات كما سبقت الإشارة.

ولتحقيق الهدف الأول من هذا البحث، يتم أولا تعيين أقصى نقطة على منحنى مجال

الكفاءة والتي تتطابق مع حل مشكلة البرمجة الخطية مع تحرير جميع القيود عدا قيد المساحة (للأسلوب ذو أعلى قيمة متوقعة للهامش الربحي). ومن ثم استخدام أسلوب تحليل المدى Range analysis لمشكلة البرمجة التربيعية وذلك لتعيين النقاط الأساسية وتحديدها بواسطة معرفة مستويات إجمالي الهامش الربحي المتوقع لهذه النقاط. يلي ذلك تعديل قيمة (μ*) وفقا لهذه المستويات، وإعادة التحليل لإيجاد الحل الأمثل لها. أما الهدف الثاني والخاص بتحديد الحل الأمثل المناظر للحالة الراهنة من مستوى القيمة المتوقعة نفسه فيمكن إيجاده كتوليفة خطية أو إعادة التحليل بعد تعيين قيمة (μ*) لتكون مساوية للقيمة المتوقعة للهامش الربحي وفقا للحالة الراهنة. ولدراسة أثر محددات الموارد على شكل مجال الكفاءة، فإنه يتم تعديل الجانب الأيمن لمتباينات مشكلة البرمجة الخطية (b) لكل مورد على حدة للمستوى المناظر لاستخدام ١٠٠٪ من الأسلوب ذو أقل معامل فني لهذا المورد، ومن ثم إعادة التحليل وفقا لنموذج البرمجة التربيعية المعلمية مرة أخرى. ويتضح من الجدول رقم (٢) أن هذه المستويات للموارد المختلفة هي:

١ - العمل البشري: ١٢١٩٠ ساعة عمل، ٢ - عدد مرات الرش: ٣٤٠٠ مرة،
٣ - تكلفة البذور: ٢٥٣,٣ ألف ريال، ٤ - تكلفة السماد: ٣٨٠,١ ألف ريال،
٥ - تكلفة الطاقة: ٥٤٥,٧ ألف ريال، ٦ - رأس المال (أخرى): ١١٤,٧ ألف ريال.

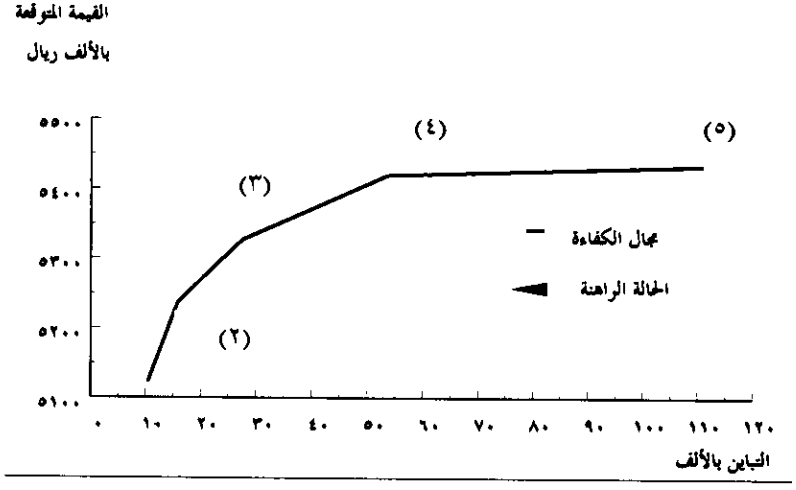
النتائج

البرمجة الخطية وقيود الموارد المتاحة

يتضح من الجدول رقم (١) أن الأسلوب الثالث يمثل النشاط ذو أعلى قيمة متوقعة لإجمالي الهامش الربحي، وحيث إن جميع القيود حرة لهذا النشاط (عدا قيد المساحة) فيعني ذلك أن هذا النشاط سوف توجه إليه جميع الأرض المتاحة. لذا فإنه يخصص للأسلوب الثالث ١٠٠٪ من الأرض بإجمالي هامش ربحي متوقع يقدر بنحو ٥٤٣٢,٢ ألف ريال لمائة بيت محمي. يصاحب هذا المستوى من الهامش الربحي تباين يبلغ ١١٠٨٧٦ أي أن الانحراف المعياري للهامش الربحي يقدر بحوالي ٣٣٢,٩٨ ألف ريال، ويمثل هذا التباين أعلى مستوى للمخاطرة

المناظرة لأعلى قيمة متوقعة للهامش الربحي. وهذه النقطة تمثل أقصى اليمين على منحنى مجال الكفاءة للقيمة المتوقعة-التباين E-V frontier الشكل رقم (١).

استخدم تحليل المدى لتحديد المستوى الذي بعده يتغير الحل الأمثل الحالي لمشكلة البرمجة الخطية. حيث تبين أن القيود الثلاثة الممثلة للبذور، الطاقة، ورأس المال (أخرى) لا تغير من الحل الحالي باعتبار الأسلوب الثالث هو الحل الذي يعطي أعلى هامش ربحي متوقع. يتضح من الجدول رقم (٢) أن الأسلوب الثالث يتمتع بأفضل ميزة نسبية للقيود الثلاثة سالفة الذكر عن الأساليب الإنتاجية الأخرى، حيث تبلغ المعاملات الفنية لهذا الأسلوب أدنى مستوى لها مقارنة بالأساليب الإنتاجية الأخرى. يؤدي خفض المتاح بمقادير تزيد على ٢٤,٧، ٤٨,٣، و٣٤,٣ ألف ريال لكل من البذور، الطاقة، ورأس المال على الترتيب إلى خفض مستوى النشاط الثالث فقط دون دخول أي من الأنشطة الأخرى في الحل.



شكل رقم (١). النقاط الأساسية للتوليفة المثلى من الأساليب الإنتاجية والوضع الراهن على مجال الكفاءة للقيمة المتوقعة – التباين E-V frontier.

تمتع الأسلوب الإنتاجي الرابع بميزة نسبية في استخدام المبيدات، حيث بلغت قيمة المعامل الفني لكل من العمل البشري وعدد مرات الرش (العمل الآلي) المستخدم في عملية رش المبيدات أقل مستوى لها في هذا الأسلوب مقارنة بالأساليب الأخرى، كذلك كانت تكلفة السماد لهذا الأسلوب أقل تكلفة مقارنة بالأساليب الأخرى (الجدول رقم ٢). ولهذا يتضح أنه عند خفض مستوى العمل البشري بمقدار يزيد على ٢٦٧٥ رجل/ساعة فإن الأسلوب الإنتاجي الرابع يشارك الأسلوب الثالث في الحل. كان الحل الأمثل لمشكلة البرمجة الخطية عند وضع قيد العمل البشرى بمقدار ١٢١٩٠ رجل/ساعة هو اشتراك كل من الأسلوب الثالث والرابع في هذا الحل بنسبة مئوية تبلغ ١٨,٤٠٪ و ٨٠,٠٨٪ على الترتيب مما يعني أن قيد العمل البشري أدى إلى عدم استغلال ١,٥٦٪ من الأرض المتاحة. وقد بلغت قيمة إجمالي الهامش الربحي المتوقع لهذا الحل حوالي ٥٣٢٨,٨ ألف ريال. بينما كانت النسبة المئوية لكل من الأسلوب الثالث والرابع ١٢,٩٥٪ و ٨٣,٩٩٪ على الترتيب بهامش ربحي متوقع يقدر بنحو ٥٢٤٤,١ ألف ريال، عند تحديد مستوى قيد عدد مرات الرش بنحو ٣٤٠٠ رشة. في حين بلغ الهامش الربحي المتوقع حوالي ٥١٥٠,١ ألف ريال عند تعديل مستوى قيد تكلفة السماد من ٦٥٤ إلى ٣٨٠,١ ألف ريال، حيث تمثل الحل الأمثل في هذه الحالة بنسب مئوية للأسلوب الثالث والرابع بلغت ٦,٨٦٪ و٨٨,٣٧٪ على الترتيب.

مما سبق يتضح أن حل مشكلة البرمجة الخطية والتي تعين أقصى نقطة إلى اليمين على منحنى مجال الكفاءة القيمة المتوقعة-التباين تعني إما استخدام الأسلوب الإنتاجي الثالث فقط أو استخدام كل من الأسلوب الثالث والرابع (عند تعديل المحددات لأدنى قيمة)، حيث تزيد نسبة الأسلوب الرابع على ٨٠٪ من المساحة المتاحة.

البرمجة التربيعية المعلمية ومجال الكفاءة للقيمة المتوقعة-التباين

يوضح الجدول رقم (٣) النقاط الأساسية على منحنى مجال الكفاءة باستخدام البرمجة التربيعية المعلمية، حيث استخدم أسلوب تحليل المدى في تعيين وتحديد إجمالي القيمة المتوقعة للهامش الربحي والذي عنده تتغير أسس الحل الأمثل. هذا ويمكن إيجاد الحل الأمثل بين أي

نقطتين أساسيتين متتاليتين كتوليفة خطية من الحل الأمثل لهاتين النقطتين، ويقدر أدنى تباين من خلال الصورة التربيعية لتباين هذا الحل. تم تغير قيمة الهامش الربحي المتوقع من مستوى ٥٤٣٢,٢ ألف ريال إلى أربعة مستويات أخرى ممثلة للنقاط الأساسية على منحنى مجال الكفاءة وهي تناظر القيمة المتوقعة للهامش الربحي للقيم التالية: (٥٤١٩,٣٧، ٥٣٢٧,٢٨، ٥١٢٣,٦٥، و ٥١٢٣,٠٠ ألف ريال) وقد أجري التحليل أيضا لمعرفة الخطة الكفؤة عند مستوى الهامش الربحي المناظر للوضع الراهن (التوليفة من الأساليب الإنتاجية المستخدمة حاليا) أي عند مستوى ٥٢٣٤,٦ ألف ريال وأطلق عليها الخطة الكفؤة الراهنة (أ) والتي يمكن من خلال قيمة التباين المناظر معرفة ميول المنتجين للمخاطرة. كما أجري التحليل أيضا لمعرفة الخطة الكفؤة عند مستوى التباين المناظر للوضع الراهن أي عند مستوى ١٦١٩٦ وأطلق عليها الخطة الكفؤة الراهنة (ب) وذلك لاستخدامها في معرفة أثر تحديد الموارد على انتقال منحنى مجال الكفاءة.

يتضح بمعاينة مجال الكفاءة (الشكل رقم ١) أن هناك علاقة موجبة بين المخاطرة والعائد، كما أن ميل منحنى الكفاءة يتناقص كلما زادت القيمة المتوقعة للدخل (ممثلا بإجمالي الهامش الربحي). ويلاحظ أن المخاطرة الحدية Marginal risk تتزايد على طول منحنى الكفاءة حتى تصل إلى ما لانهاية عند نقطة حل البرمجة الخطية (النقطة رقم ٥). كما هو واضح في الجدول رقم (٣) فإن معامل الاختلاف وهو مقياس نسبي للمخاطرة تتزايد قيمته على طول منحنى مجال الكفاءة ويصل إلى أقصاه ٦,١٣٪ عند النقطة رقم (٥) - حل البرمجة الخطية - والتي عندها يمكن الحصول على أعلى قيمة نقدية متوقعة للهامش الربحي وتقدر بنحو ٥٤٣٢,٢ ألف ريال ويناظرها تباين قدره ١١٠٨٧٣، وتخصص جميع الأرض المتاحة للأسلوب الإنتاجي الثالث. ويمكن القول إن المنتجين الذين يختارون نقطة قريبة من هذا الحل أقل اهتماما بتجنب المخاطرة ويتزايد اهتمامهم بتجنب المخاطرة عند الانتقال من النقطة الخامسة إلى الرابعة إلى النقطة الأساسية الدنيا، حيث إن المنتجين الذين يختارون خططا مثلى قريبة من النقطة الأساسية الدنيا يتسمون بميلهم الشديد لتجنب المخاطرة (معامل الاختلاف أقل ما يمكن) [٥]. بمعاينة الجدول رقم (٣) يتضح أن الأسلوب الإنتاجي الثالث يدخل في جميع الخطط الأساسية الكفؤة وكذلك الأسلوب الإنتاجي الرابع فيما

عدا الخطة المثلى عند نقطة البرمجة الخطية وتزيد نسب استخدامهما عند النقاط العليا على منحنى مجال الكفاءة وتقل قرب النقاط الدنيا وذلك متوقع، حيث إنهما يعطيان أعلى هامش ربحي وأكثر مخاطرة. بينما يلاحظ أن الأسلوب الإنتاجي الثاني وهو الأقل تباينا وقيمة متوقعة لا يظهر في جميع النقاط الكفؤة فيما عدا النقطة الأساسية الدنيا والتي عندها تكون القيمة المتوقعة المطلوبة والمخاطرة المرتبطة بها أدنى ما يمكن. أما الأسلوب الإنتاجي الأول فيظهر فقط في الخطط المثلى المرتبطة بالنقاط الأساسية الدنيا والثالثة.

الوضع الراهن: بلغت النسبة المئوية للأساليب الإنتاجية الأربعة وفقا للحالة الراهنة ٣١,١ و ٢٦,٨٪ للأسلوبين الأول والثالث على الترتيب، بينما كانت هذه النسب للأسلوبين الثاني والرابع هي ٢٣,٩٢ و ١٨.٨٪ على الترتيب وذلك عند مستوى للهامش الربحي يقدر بنحو ٥٢٣٤,٦ ألف ريال. وكان مستوى المخاطرة وفقا لهذه التوليفة من الأساليب الإنتاجية يناظر تباين الهامش الربحي بنحو ١٦١٩٦.

وعند استخدام أسلوب البرمجة التربيعية لإيجاد الخطة الكفؤة الراهنة (أ) كانت التوليفة المثلى من الأساليب الإنتاجية الأربعة كالتالي:

(أ) لم تتغير كثيرا نسبة مساهمة كل من الأسلوب الأول والثاني، حيث قدرت هذه النسب بحوالي ٣١,١ و ٢٣,٦٢٪ على الترتيب للحل الأمثل.

(ب) انخفضت نسبة الأسلوب الثالث (الأكثر تباينا) من ٢٦,٨٪ إلى ٢٢,٣٨٪..

(جـ) زادت نسبة مساهمة الأسلوب الرابع (الأقل تباينا من الأسلوب الثالث) من ١٨,١٨٪ إلى ٢٢,٨٧ ٪.

ونتيجة لذلك انخفض التباين للحالة الراهنة من ١٦١٩٦ إلى ١٥٧٥٢ أي أن التباين انخفض بنحو ٢,٧٥٪ من تباين الحالة الراهنة، وهذا يعني أنه على الرغم من أن الحالة الراهنة ليست على منحنى مجال الكفاءة (أي إلى يمين النقطة المثلى كما في الشكل رقم ١) إلا أنها لا تبعد كثيرا عن النقطة المثلى. يلاحظ أن الحالة الراهنة توضح أن الزراع أكثر ميلا لتجنب المخاطرة، حيث تقع الحالة الراهنة بين النقطة الأساسية الثالثة والثانية (الجدول رقم ٣). وتمثل النقطة الأساسية الثانية على منحنى مجال الكفاءة اختيار التوليفة من الأساليب الإنتاجية التي

جدول رقم (٣). نتائج البرمجة التربيعية المعلمية للنقاط الأساسية على منحنى مجال الكفاءة والوضع الراهن للهامش الربحي.

مسلسل	التوليفة المثلى (مستويات الأساليب الإنتاجية) النقاط الأساسية(٢)						معامل الاختلاف(٣)
	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	القيمة المتوقعة	الانحراف المعياري	
النقاط(١)	٪	٪	٪	٪	ألف ريال	ألف ريال	C.V (٪)
٢	٢٧,٤٥	٥١,٨٩	٩,٩٨	١٠,٦٦	٥١٢٣,٠٠	١٠٢,١٦	١,٩٩
الخطة الراهنة الكفوة (أ)	٣١,١٣	٢٣,٦٢	٢٢,٣٨	٢٢,٨٧	٥٢٣٤,٦٠	١٢٥,٥١	٢,٤٠
الخطة الراهنة الكفوة (ب)	٣١,٢٩	٢٢,٤١	٢٢,٩١	٢٣,٣٩	٥٢٣٩,٣	١٢٧,٢٦	٢,٤٢
٣	٣٤,٢١	٠,٠٠	٣٢,٧٣	٣٣,٠٦	٥٣٢٧,٢٨	١٦٦,٢٦	٣,١٢
٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٥٠,٦٥	٤٩,٣٥	٥٤١٩,٣٤	٢٣١,٥٢	٤,٢٧
حل البرمجة الخطية: ٥	٠,٠٠	٠,٠٠	١٠٠,٠٠	٠,٠٠	٥٤٣٢,٢٠	٣٣٢,٩٨	٦,١٣

(١) النقطة الأساسية رقم (١) تمثل عدم مساهمة جميع الأساليب الإنتاجية في الحل أي أن مستواها مساوي للصفر وبالتالي فإن كل من القيمة المتوقعة للهامش الربحي والتباين مساوية للصفر.

(٢) تعين النقطة الأساسية على مجال الكفاءة أقل تباين ممكن مناظر لمستوى القيمة المتوقعة للهامش الربحي المحدد، الانحراف المعياري هو الجذر التربيعي للتباين.

(٣) يحسب معامل الاختلاف (C.V) بقسمة الانحراف المعياري على القيمة المتوقعة مضروبة في ١٠٠.

المصدر: تحليل البرمجة التربيعية المعلمية لبيانات الجدولين رقمي (١ و ٢).

تعطى أقل تباين ممكن تستغل عنده جميع الأرض المتاحة، بمعنى آخر أنه عند الرغبة في تدنية التباين وذلك بتعيين مستوى للهامش الربحي أقل من ٥١٢٣ ألف ريال فإن ذلك يتأتى بتخفيض المساحة المستغلة عن ١٠٠٪.

وعند استخدام أسلوب البرمجة التربيعية لإيجاد الخطة الكفؤة الراهنة (ب) كانت التوليفة المثلى من الأساليب الإنتاجية الأربعة مشابهة إلى حد كبير مع الخطة الكفؤة الراهنة (أ) مع زيادة طفيفة في القيمة المتوقعة بنحو ٥ آلاف ريال.

مما سبق يتضح أن استخدام البرمجة التربيعية المعلمية قد حدد النقاط الكفؤة على مجال الكفاءة (القيمة المتوقعة-التباين)، الذي يبين أن أعلى قيمة متوقعة للهامش الربحي يمكن الحصول عليها بتطبيق الأسلوب الإنتاجي الثالث على جميع المساحة المتاحة، في حين أن أدنى مخاطرة ممكنة يمكن الوصول إليها باستخدام النقطة المثلى على منحنى مجال الكفاءة (النهاية اليسرى له). وهذه النقطة توضح أنه يجب تخصيص حوالي ٥٢٪ و ٢٧٪ من المساحة للأسلوب الثاني والأول على الترتيب، بينما يخصص لكل من الأسلوب الثالث والرابع حوالي ١٠٪ من المساحة المتاحة. كذلك أوضح التحليل أن الوضع الراهن يقترب من النقطة المثلى على منحنى مجال الكفاءة مما يعني أن الزراع أكثر ميلا في ممارستهم الحالية لتجنب المخاطرة.

البرمجة التربيعية وقيود الموارد المتاحة

تم تعديل محددات الموارد المتاحة السابق ذكرها في حالة البرمجة الخطية كل على حدة من قيمتها الحالية إلى القيمة المناظرة لاستخدام ١٠٠٪ من الأسلوب ذو أقل معامل فني لهذا المورد وذلك لمعرفة الأثر المترتب على منحنى مجال الكفاءة في النقطة الأساسية العليا (حل البرمجة الخطية) وهو الوضع الممثل للمنتج محايد المخاطرة، وكذلك النقطة على منحنى مجال الكفاءة والتي تمثل الخطة الكفؤة الراهنة (ب). يبين الجدول رقم (٤) والشكل رقم (٢) التوليفة المثلى من الأساليب الإنتاجية و مستوى كل من الهامش الربحي المتوقع والتباين المصاحب له عند مختلف قيود الموارد المتاحة. يمكن تقسيم قيود الموارد المتاحة إلى مجموعتين الأولى تمثل البذور، الطاقة، ورأس المال أما الثانية فهي تمثل قيود عدد مرات الرش، العمل البشري، والسماد.

يتبين من الجدول رقم (٤) أن المجموعة الأولى لا تتغير فيها النقطة الأساسية العليا وذلك بتخصيص كل المساحة المتاحة للأسلوب الثالث فقط دون الأساليب الأخرى. بينما يلاحظ أن المجموعة الثانية تشترك كلها في خصائص النقطة الأساسية العليا لمنحنى مجال الكفاءة، حيث يتبين أن الأسلوب الرابع تخصص له معظم المساحة المتاحة (أكثر من ٨٠٪) وتخصص للأسلوب الثالث نسبة أقل من ١٨,٥٪ من المساحة.

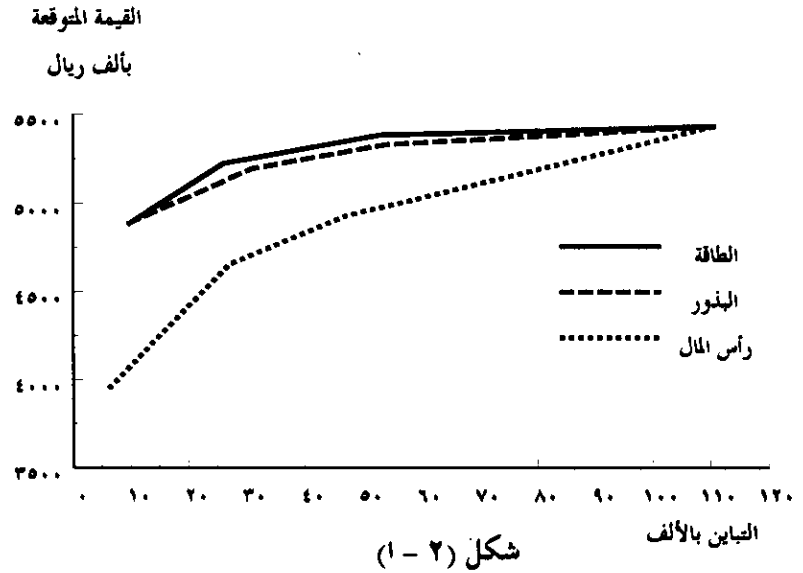
ويتضح أيضا من دراسة الخطة الكفؤة الراهنة (ب) - للمجموعة الأولى - لمنحنى مجال الكفاءة أن تحديد البذور يؤدي إلى زيادة استخدام الأسلوب الثاني من ٢٢٪ إلى ٣٦٪،

ويحدث نقص في المساحة المستغلة بحوالي ٣٪. أما في حالة تحديد مورد الطاقة فإنه يحدث نقص في المساحة المستغلة وذلك بخفض استخدام الأسلوب الثاني فقط بينما يؤدي تحديد رأس المال إلى خفض نسب الأسلوب الثاني والرابع إلى ١٣٪ و٧,٧٪ على الترتيب في حين زادت نسبة استخدام الأسلوب الثالث إلى ٣٢٪، وانخفضت المساحة المستغلة إلى ٨٤٪. أما بالنسبة للمجموعة الثانية من الموارد فيلاحظ أن تحديد عدد مرات الرش أو العمل البشري يؤدي إلى استبعاد الأسلوب الأول وزيادة استخدام الأسلوب الثاني والرابع وخفض المساحة المستغلة بمقدار ١٠٪. أما في حالة تحديد السماد فإن المساحة غير المستغلة تصل إلى أعلى مستوياتها (٢٨٪)، ويزيد استخدام الأسلوب الرابع ليصل إلى ٣٧٪.

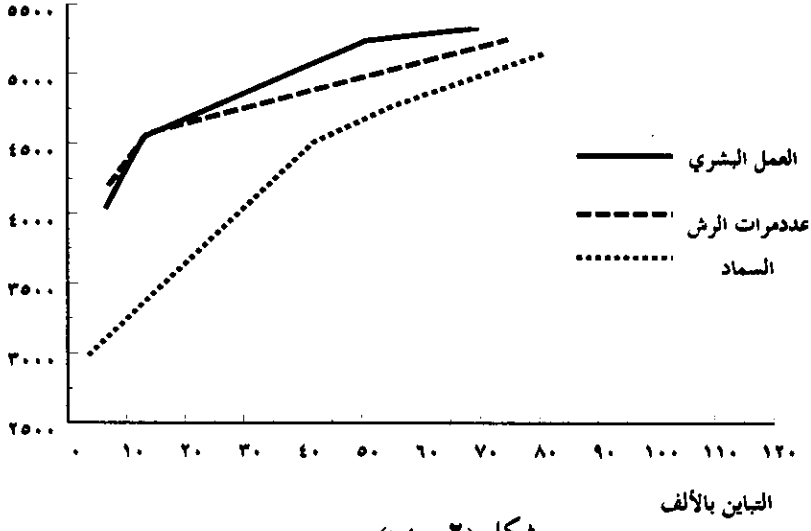
جدول رقم (٤). التوليفة المثلى من الأساليب الإنتاجية والقيمة المتوقعة والتباين للهامش الربحي للنقطة الأساسية العليا والخطة الكفؤة الراهنة (ب) عند تعديل القيود على الموارد المتاحة.

قيود الموارد	توليفة الأساليب الإنتاجية				القيمة المتوقعة	التباين
	الأول	الثاني	الثالث	الرابع		
أعلى نقطة أساسية (حل البرمجة الخطية):						
البذور	٠,٠	٠,٠	١٠٠,٠	٠,٠	٥٤٣٢,٢	١١٠٨٧٦
الطاقة	٠,٠	٠,٠	١٠٠,٠	٠,٠	٥٤٣٢,٢	١١٠٨٧٦
رأس المال	٠,٠	٠,٠	١٠٠,٠	٠,٠	٥٤٣٢,٢	١١٠٨٧٦
عدد مرات الرش	٠,٠	٠,٠	١٢,٩٥	٨٣,٩٩	٥٢٤٤,١	٧٤٧٢٧,٧
العمل البشري	٠,٠	٠,٠	١٨,٤٠	٨٠,٠٨	٥٣٢٨,٨	٦٩٩٩٥,٥
السماد	٠,٠	٠,٠	٦,٨٦	٨٨,٣٧	٥١٥٠,١	٨١١٨٨,٣
الخطة الراهنة (ب):						
البذور	١١,٨٧	٣٥,٧٩	٢٧,٤٥	٢١,٥٤	٥٠٥٣,٦	١٦١٩٦
الطاقة	٣١,٧٧	١٨,٦٢	٢٣,٦٩	٢٢.٩٤	٥٠٩٢,٩	١٦١٩٦
رأس المال	٣١,٣٦	١٢,٩٧	٣٢,٢١	٧,٦٥	٤٤٢٥,٥	١٦١٩٦
عدد مرات الرش	٠,٠٠	٤٥,٠٤	١٢,١٤	٣٢,٠١	٤٦٣٨,٦	١٦١٩٦
العمل البشري	٠,٠٠	٣٩,٩٥	٢١,٦٤	٢٧,٦٠	٤٦٦٢,٣	١٦١٩٦
السماد	١٠,٤٥	١٣,٥٠	١١,٦٥	٣٦,٧١	٣٨٢٩,٢	١٦١٩٦

المصدر: تحليل البرمجة التربيعية المعلمية لبيانات الجدولين رقمي (١و٢) والقيود على الموارد المتاحة وفقا لتحليل المدى للبرمجة الخطية.



شكل (٢ – ا)



شكل (٢ – ب)

شكل رقم (٢). مجال الكفاءة (القيمة المتوقعة–التباين) النقاط الأساسية للتوليفة المثلى من الأساليب الإنتاجية وفقا لتحديد قيد الموارد المتاحة.

الخاتمة والتوصيات

أوضح حل مشكلة البرمجة الخطية (لتعيين أعلى نقطة أساسية والتي إلى أقصى اليمين على منحنى مجال الكفاءة (القيمة المتوقعة-التباين) أن أعلى قيمة متوقعة للهامش الربحي يمكن الحصول عليها بتطبيق الأسلوب الإنتاجي الثالث على جميع المساحة المتاحة، ويتغير هذا الحل الأمثل عند تعديل محددات الموارد المتاحة لأدنى قيمة وذلك باستخدام كل من الأسلوب الثالث والرابع، حيث تزداد نسبة الأسلوب الرابع على ٨٠٪ من المساحة المتاحة.

أدى استخدام البرمجة التربيعية المعلمية إلى تحديد ثلاث نقاط أساسية أخرى على منحنى مجال الكفاءة (القيمة المتوقعة-التباين). تمثل النقطة الأولى منها استخدام الأسلوب الإنتاجي الثالث والرابع بنسبة ٥٠٪ لكل منهما، وبذلك تنخفض المخاطرة عند هذه النقطة عن سابقاتها بحوالي النصف تقريبا، أما النقطة الأساسية التالية فهي تمثل تساوي ثلاثة أساليب - عدا الأسلوب الثاني- في نسبتها المئوية (ثلث المساحة المتاحة). هذا ويمكن استغلال جميع الأرض المتاحة حتى النقطة الأساسية الأخيرة والتي تمثل أدنى مخاطرة ممكنة يمكن الوصول إليها (النهاية اليسرى على منحنى مجال الكفاءة)، وذلك بتخصيص حوالي ٥٢٪ و ٢٧٪ من المساحة للأسلوب الثاني والأول على الترتيب، بينما يخصص لكل من الأسلوب الثالث والرابع حوالي ١٠٪ من المساحة المتاحة لكل منهما. كذلك أوضح التحليل أن الوضع الراهن يقترب من النقطة المثلى على منحنى مجال الكفاءة، وأن هذا الوضع يتسم بكون الزراع أقرب ما يكونون إلى تجنب المخاطرة.

وعند تعديل محددات الموارد المتاحة كل على حدة للقيمة المناظرة لاستخدام ١٠٠٪ من الأسلوب ذو أقل معامل فني لهذا المورد، ينتقل منحنى مجال الكفاءة إلى أسفل، وهو ما يعني الحصول على حلول أقل في قيمتها المتوقعة لنفس المستوى من المخاطرة قبل التعديل. حيث تنخفض النقطة الأساسية الممثلة للخطة الكفؤة الراهنة (ب) لمنحنى مجال الكفاءة لكل القيود، وقد حدث أكبر انخفاض لهذا المجال عند خفض مستوى السماد المتاح.

وعلى ذلك فإنه ينصح للمنتجين محايدي المخاطرة باستخدام الأسلوب الثالث (أي

استخدام المبيد الحشري سيمبوش، المبيد الفطري انتراكول واستخدام المجموعة الثانية من الأسمدة: سماد سلفات المغنسيوم ونترات الكالسيوم بالإضافة إلى استخدام المنجنيز)، وذلك حال توافر الموارد الإنتاجية. أما عند محدودية كل من الموارد المتعلقة بعملية الرش (عدد مرات الرش، العمل البشري) والسماد فإنه ينصح باستخدام الأسلوب الرابع أي باستخدام المبيد الحشري لانيت والمبيدان الفطريان ساندوفان و ريدوميل والمجموعة الثانية من الأسمدة في حوالي ٨٧٪ من الأحوال والأسلوب الثالث في ١٣٪ منها. إلا أنه في هذه الحالة يجب العناية باستخدام أسمدة هذين الأسلوبين لتحقيق أعلى هامش ربحي.

أما عند رغبة المنتجين في تحمل المخاطرة المناظرة لمستواها في الوضع الراهن في حال توافر الموارد الإنتاجية فإنه يوصى باستخدام الأسلوب الأول (باستخدام المبيد الحشري سيمبوش، المبيد الفطري انتراكول واستخدام المجموعة الأولى من الأسمدة) في ٣٠٪ منها وباقي الأساليب بنسب متساوية. بينما في حالة محدودية الموارد المتعلقة بالرش (عدد مرات الرش، العمل البشري) فإنه يفضل استخدام الأسلوب الثاني (استخدام المبيد الحشري لانيت والمبيدان الفطريان ساندوفان و ريدوميل والمجموعة الأولى من الأسمدة: الأسمدة المركبة (١٠-١٥-٣٠) و (٦-٢٠-٣٠)) في حوالي ٤٢٪، والأسلوب الرابع في ٣٠٪ منها. في حين أن تحديد مورد السماد يؤدي إلى استخدام الأسلوب الرابع في ٣٦٪ منها.

وبصفة عامة فإنه يمكن الترشيد في الموارد الإنتاجية الممثلة للطاقة وعمليات الرش. أما موردي رأس المال والتسميد فيجب توجيه الاهتمام بتوفيرها، حيث تؤدي محدوديتهما إلى عدم استغلال جميع الأرض المتاحة. وحيث إن البحث يستهدف اختيار أكثر الأساليب الإنتاجية ربحية ويتعامل مع الوضع الراهن ويفترض بقائه، فإنه يجب التحفظ في استخدام التوصيات خاصة وأن أفضل التوليفات من المبيدات تخضع للعديد من الاعتبارات التي لا تدخل ضمن اهتمامات أو نطاق هذا البحث، مثل مدة استخدام المبيد والأثر المتبقي، نوع الأمراض الفطرية والحشرية السائدة في الماضي والحاضر، صنف الطماطم، واستراتيجيات التوزيع لتجار المبيد.

المراجع

[١] وزارة الزراعة والمياه. *الكتاب الإحصائي السنوي*. الرياض: إدارة الدراسات الاقتصادية، العدد ٩، ١٩٩٦م.

[٢] وزارة التخطيط. *خطة التنمية السادسة، ١٩٩٥-٢٠٠٠م*. الرياض: وزارة التخطيط، ١٤١٥هـ.

[٣] الشايع، محمد شايع جار الله. "إدارة البيوت المحمية المنتجة للطماطم في منطقتي الرياض والخرج في ظل المخاطرة وعدم التأكد". *رسالة ماجستير، جامعة الملك سعود، قسم الاقتصاد الزراعي بكلية الزراعة*، الرياض، المملكة العربية السعودية (١٩٩٥م)، ص ص٥٢-٦٥.

[٤] Anderson, J.R., Dillon J. L., and Haradaker J. B. *Agricultural Decision Analysis*. Ames: Iowa State University Press. , 1977.

[٥] Hazell, P. B. and Norton R. D. *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. New York: Macmillan Publishing Company, 1986.

Use of Quadratic Risk Programming in Measuring the Effect of Resource Constraints on the Efficiency Use of Pesticides in Tomato-Greenhouse Projects in Riyadh and Kharj Area

Basem A. Al-Ibrahim, Badr E. Sofian and Sherin A. Sherif

Department of Agricultural Economics, College of Agriculture, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
Department of Agricultural Economics, College of Agriculture, Alexandria University, Alexandria, Egypt.

(Received 5/7/1417; accepted for publication 12/1/1418)

Abstract. Parametric quadratic programming was used to develop the efficiency frontier for using pesticides. The study identified four production techniques for using pesticides and fertilizers in the study area. The most important determinants of production in Tomato Greenhouses are: Human labor, operating labor, cost of seeds, cost of fertilizer, cost of energy, and current operating capital.

The results showed that actual farm plan is very close to the efficiency frontier, and growers can be classified accordingly as extremely risk aversers. The result of decreasing each resource to the value that allows using 100% of the production technique with the lowest input-output coefficient, is to shift the efficient frontier downward. The largest downward shift of the frontier happened when reducing the amount of fertilizer. Risk neutral growers are advised to use only the 3rd technique when resources are available as present, but when limited then the 4th and 3rd technique should be used in 87% and 13% of the cases respectively. For growers who are willing to bear the same risk as in the current optimum plan, the 1st technique is recommended in 30% of the cases and the rest of the techniques in equal proportion when resources are available as present. If the human and operating labor are limited, then it is advised to use the 2nd and the 4th techniques in 42% and 30% of the cases respectively.