Misr J. Ag. Eng., 25(3): 723-730 FARM MACHINERY AND POWER

تطوير مخطط بيانى للتنبؤ بالكفاءة والسعة الحقلية للمعدات الزراعية أثناء التشغيل الحقلى

أ.د. مصطفى محمد أبو الخير*

الملخص العربى

يهدف البحث تطوير مخطط بيانى للتنبؤ بالكفاءة والسعة الحقلية تبعاً لاختلاف ظروف التشغيل الحقلى للمعدات الزراعية وذلك باستخدام القدرة الحيوانية أو القدرة الميكانيكية الآلية.

وقد أوضح المخطط البيانى وجود عاملين مؤثران معاً على كل من الكفاءة الحقلية والسعة الحقلية وهمها سرعة التشغيل وطول الحقل بالإضافة إلى كل من عامل زمن التشغيل يؤثر فقط على الكفاءة الحقلية وعامل التشغيل يؤثر على السعة الحقلية.

المقدمة

يعتبر المخطط البيانى وسيلة عملية وفعالة للتنبؤ بكفاءة تشغيل معدة زراعية وسعتها الحقلية مباشراً سواء المهندسين أو الفنيين أو الفلاحين.

وقد صمم **(Bowers, 1975)** مخطط بيانى للتنبؤ بالسعة الحقلية للمعدة الزراعية فى الحقل، إلا أن هذا النوع من المخططات يتطلب إعادة تقدير للعديد من العمليات الحسابية بهدف تحسين ورفع مستوى كفاءة تشغيل الآلة مما يواجه صعوبة كبيرة فى سرعة تعديل هذا المخطط من قبل المتخصصين من خلال إدخال بعض المتغيرات للعوامل المؤثرة والمقاسة حقلياً. وقد استعان الباحث فى وضع مخططه البيانى بتقدير السعة الحقلية الفعلية (C_c) باستخدام المعادلة (1) والتى أشار إليها **(Kepner et al, 1972)** على النحو التالى:

$$C_c = R\,(W)\,(V)\,(E_f) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث أن:

R: معامل تحويلى للوحدات W: عرض تشغيل المعدة

V: سرعة تشغيل المعدة E_f: الكفاءة الحقلية

كما أقترح **(Renoll, 1972)** طريقة للتنبؤ بالسعة الحقلية الفعلية على أساس تقدير الزمن الكلى لوحدة المساحة ويتضمن مجموع الزمن النظرى للآلة مضاف إليه كل من الزمن المفقود فى دوران الآلة فى نهاية الحقل والزمن المفقود لمساندة وظائف الآلة فى التشغيل الحقلى لكل وحدة مساحية. كما أشار **(Kepner et al, 1972)** أن الدورانات الحقلية للمعدة الزراعية تمثل وقتاً مفقوداً ذات أهمية كبيرة فى الحقول القصيرة نظراً أن العدد الكلى للدورانات الوحدة المساحة عند ثبوت عرض الآلة يتناسب مع طول الحقل. بالإضافة إلى أن بعض الأزمنة المفقودة فى الحقل ممثلة فى زمن التوقف للراحة والضبط والتأكد على عمل أعضاء الآلة عادة ما تميل تلك الأزمنة

* أستاذ بقسم الهندسة الزراعية- جامعة الإسكندرية

عرض تشغيل الآلة. ومن ناحية أخرى وجد أيضاً **(Renoll, 1969)** فى دراسة أجراها على آلة زراعة فى صفوف، أن زمن الدوران يتراوح فى حدود من 12 إلى 18 ثانية لكل دوران فى نهاية الحقل عندما كانت المساحة المخصصة للدوران ممهدة. ولكن أرتفع زمن الدوران بنسبة تتراوح بين 10- 30% عن القيم السابقة عندما كانت المساحة المخصصة للدوران غير ممهدة وذات خشونة عالية. وقد أوضح أيضاً **(Barnes, et al. 1959)** عند تقيمه لمعدة زراعية. ذات عرض تشغيل كبير وجود زيادة مؤثرة فى زمن الدوران يتراوح بين 40-50% لآلة زراعة فى صفوف ذات ستة وحدات عند مقارنتها بآلة تحتوى على أربعة وحدات.

وعموماً أقترح **(Renoll, 1970)** إمكانية إضافة مسمى يعرف بدليل الآلة الحقلى وهو نسبة مئوية بين زمن التشغيل الفعلى مقسوماً على مجموع كل من زمنى التشغيل الفعلى وزمن الدوران الحقلى وقد تم عمل مقارنة بين قيم الدليل الحقلى المستنتجة والقيم المقاسة للأزمنة الحقيقية لحقول مختلفة لنفس الآلة. حيث أوضحت التجارب أن قيم الدليل الحقلى هى تقريباً قيم شبه ثابتة لكل حقل معين مع اختلاف العمليات الزراعية ويراجع ذلك هذا للانخفاض الملحوظ لمعدلات سرعة الآلات عموماً عند الدورانات فى نهاية الحقل ويتضح ذلك أكثر إذا كانت سرعة التشغيل الحقلى منخفضة أصلا يؤدى ذلك إلى انخفاض كبير جداً فى قيم هذا الدليل الحقلى.

أهداف البحث:

تصميم مخطط بيانى للتنبؤ بالسعة والكفاءة الحقلية للمعدات الزراعية أثناء التشغيل الحقلى تبعاً لاختلاف ظروف التشغيل على النحو التالى:

1- مخطط بيانى يلائم المعدة الزراعية البسيطة التى يتم تشغيلها عن طريق القدرة الحيوانية للفلاحين البسطاء.
2- مخطط بيانى يلائم المعدة الزراعية الحديثة التى يتم تشغيلها بالقدرة الميكانيكية للجرار الزراعى.

التمثيل الرياضى للمخطط البيانى المطور

من المعروف بأن تقدير الكفاءة الحقلية (E_F%) وهى النسبة المئوية بين زمن التشغيل النافع (النظرى) ومجموع الأزمنة المحسوبة (المفقودة) خلال التشغيل الفعلى (العملى) للمعدة كما أشار إليها كل من **(kepner et. Al. 1972 and Abou El-Kheir , 1991)**. ونظراً لأهمية النسبة لتلك الأزمنة المفقودة فى الحقل وتناسبها مع المساحة فإنه يمكن تصنيفها من خلال المعادلة الآتية:

$$E_F\,(\%) = \frac{T_o \quad (100)}{T_e + T_h + T_a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث أن:

T_o: الزمن النظرى لتشغيل المعدة حقلياً لكل وحدة مساحية (فدان أو هكتار) ويعتمد على العرض النظرى لتشغيل المعدة وسرعتها.

T_e: الزمن الفعلى لتشغيل المعدة حقلياً لكل وحدة مساحية (فدان أو هكتار) ويعتمد على العرض الفعلى لتشغيل المعدة وسرعتها.

T_h: الزمن المفقود فى تشغيل المعدة حقلياً لكل وحدة مساحية (فدان أو هكتار) ويعتمد على الإعاقة الحقلية المعدة وغير مرتبط بعلاقة تناسبية مع المساحة.

T_a: الزمن المفقود فى تشغيل المعدة حقلياً لكل وحدة مساحية (فدان أو هكتار) ويعتمد على الإعاقة الحقلية المعدة ومرتبط بعلاقة تناسبية مع المساحة.

علما بأن: $T_e = \frac{T_o \ (100)}{k}$ **حيث أن:**

k: النسبة المئوية لعرض الآلة المستفاد به أثناء التشغيل الحقلى

يتضح من المعادلة (2) فى مجمليها الظاهرى بأنها معادلة بسيطة وسهلة إلا أنها من الناحية التطبيقية تحتاج إلى مجهود كبير لتقدير الأزمنة العديدة المختلفة حقلياً، بالإضافة إلى عدم ملائمة المعادلة بالتعويض بالعوامل الفعلية المؤثرة تأثيراً مباشراً على كفاءة التشغيل للمعدة الزراعية والتى من الممكن قياسها حقلياً وتتضمن أربعة عوامل على النحو التالى:

العامل الأول: عرض تشغيل المعدة (W متر)

العامل الثانى: سرعة تشغيل المعدة (V متر/ ثانية)

العامل الثالث: متوسط طول الحقل فى اتجاه التشغيل (L متر)

العامل الرابع: زمن الدوران (T_r ثانية)

وقد أشار **(Frank, 1977)** لعامل يعرف بالكفاءة الزمنية (η_t) حيث عرفها كنسبة مئوية بين الزمن الفعال مضاف إليها الزمن المفقود فى إعاقة الآلة حقلياً أثناء الدوران والمرتبط بعلاقة تناسبية مع الوحدة المساحية إلى الزمن الكلى اللازم لتشغيل المعدة حقلياً. وقد أشار الباحث إلى أن الكفاءة الزمنية (η_t) تتراوح بين 60 إلى 90% لمجمل عمليات التشغيل الحقلى المختلفة. وعليه فإنه يمكن تقدير الزمن المفقود (T_h) والغير مرتبط بعلاقة تناسبية مع المساحة من خلال المعادلة التالية:

$$T_h = \frac{(100 - \eta_t)}{100} T_t$$

$$T_t = T_e + T_h + T_a$$

وكذلك يمكن تقدير الأزمنة المختلفة على النحو التالى:

بفرض وضع النسبة المئوية المستفادة من عرض الآلة الفعلى بالحقل k بنسبة 100% فإن قيم الزمن الفعلى T_e تعادل الزمن النظرى T_o بمعنى $(T_e = T_o)$ ومن ناحية أخرى يمكن تقدير قيم كل من الأزمنة T_o , T_a من المعادلتين الآتيتين على النحو التالى:

$$T_o = \frac{10000}{W.V} \qquad T_a = \frac{10000\ (T_r)}{W.L}$$

وبالتعويض بقيم تلك الأزمنة السابقة فى المعادلة (2) نستنتج المعادلة الآتية"

$$E_F(\%) = \frac{(100)}{1 + \left[\frac{T_t\ (W)\ (V)}{10^6}\ (100 - \eta_t)\right] + \frac{T_r\ (V)}{L}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

من المعادلة (3) يتضح أن الجزء الثانى من المقام $\left[\frac{T_t\ (W)\ (V)}{10^6}\ (100\ -\ \eta_t)\right]$ قيمته صغيرة

ويمكن أن تؤول إلى صفر بالنسبة لظروف التشغيل الحقلى لأغلب العمليات الزراعية المختلفة للأراضى المصرية ويرجع ذلك لصغير المدى المستخدم من عرض الآلة وسرعة تشغيلها فى المساحات الصغيرة والمتوسطة، ومع ارتفاع قيمة الكفاءة الزمنية η_t فإن هذا يؤدى إلى صغر قيمة هذا الجزء السابق بحيث من الممكن إهمال تأثيره حسابياً فى المعادلة (3) لسهولة تطبيقها واستخدامها بحيث يمكن تقدير الكفاءة الحقلية (E_f %) للمساحات الصغيرة والمتوسطة على النحو التالى:

$$E_F\ (\%)\ =\ \frac{(100)}{1\ +\ \frac{T_r\ .\ (V)}{L}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (4)$$

ويمكن أيضاً استنتاج المعادلة المرتبطة بالسعة الحقلية الفعلية المتنبئة (C_c) بالتعويض E_f % فى المعادلة (1) على النحو التالى:

$$C_c = \frac{R\ .\ W.\ V.\ L}{L\ +\ T_r\ .\ V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (5)$$

حيث أن:

R: معامل تحويلى يعتمد على نوع الوحدة المساحية المستخدمة فدان أو هكتار.

وعليه فإنه يمكن استخدام المعادلتين (4)، (5) للتنبؤ بالكفاءة والسعة الحقلية للمعدات الزراعية حقليا من خلال عوامل فعلية مؤثرة من الممكن قياسها بسهولة وبدقة مع عدم الحاجة إلى تسجيل جميع الأزمنة المختلفة والمذكورة فى المعادلة (2) وذلك كما هو موضح على النحو التالى:

شكل (1) مخطط بيانى يوضح تأثير مجموعة العوامل المرتبطة بالكفاءة والسعة الحقلية للمعدات الزراعية التى يتم تشغيلها عن طريق القدرة الحيوانية تبعاً لمجموعة القياسات التقديرية للآلات التى تجر بالقدرة الحيوانية:

V: سرعة التشغيل تتراوح بين 0.3 إلى 1.3 متر/ ثانية.

T: زمن الدوران يتراوح بين 20 إلى 70 ثانية.

L: متوسط طول الحقل يتراوح بين 10 إلى 100 متر.

W: عرض التشغيل يتراوح بين 0.10 إلى 0.6 متر.

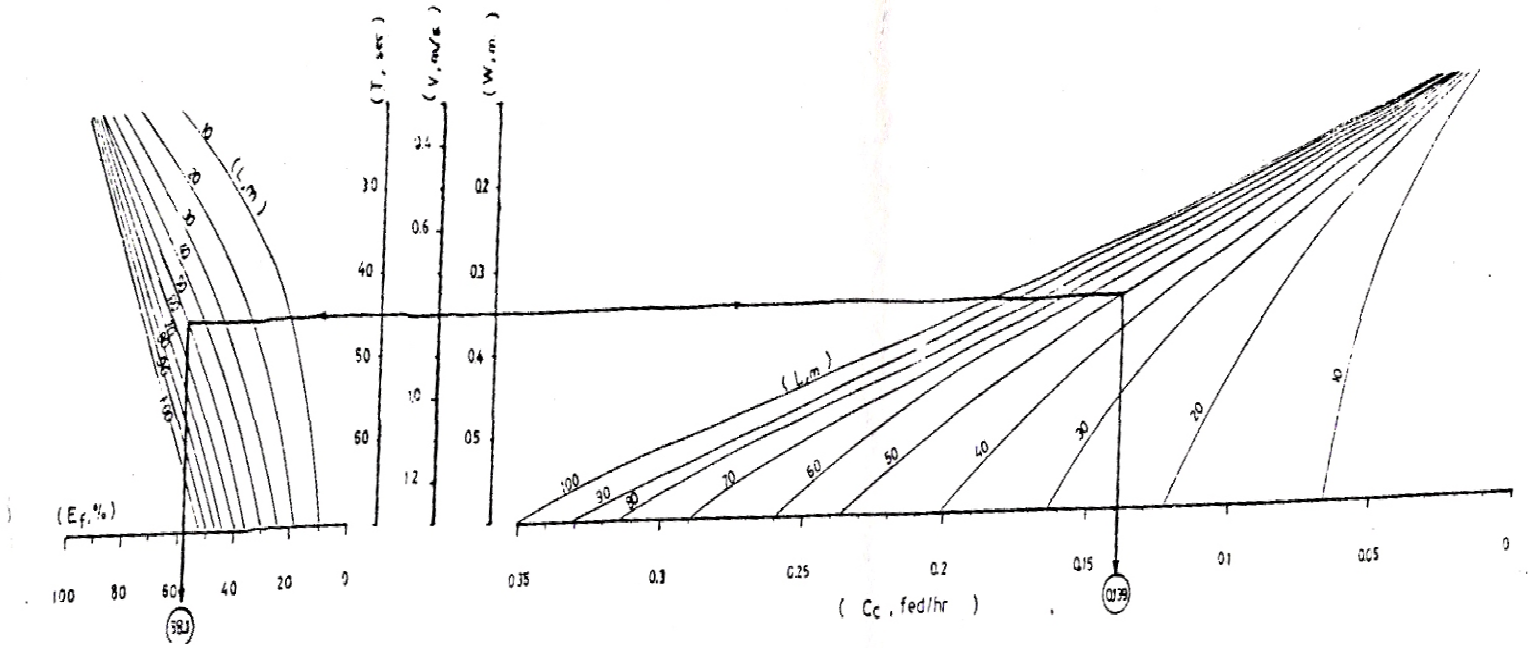
شكل (2) مخطط بيانى يوضح تأثير مجموعة العوامل المرتبطة بالكفاءة والسعة الحقلية للمعدات الزراعية التى يتم تشغيلها عن طريق القدرة الميكانيكية للجرار تبعاً للقياسات التقديرية والعملية للآلات الميكانيكية ذاتية الحركة أو التى تجر بالجرارات:

V: سرعة التشغيل تتراوح بين 1 إلى 6 متر/ ثانية.

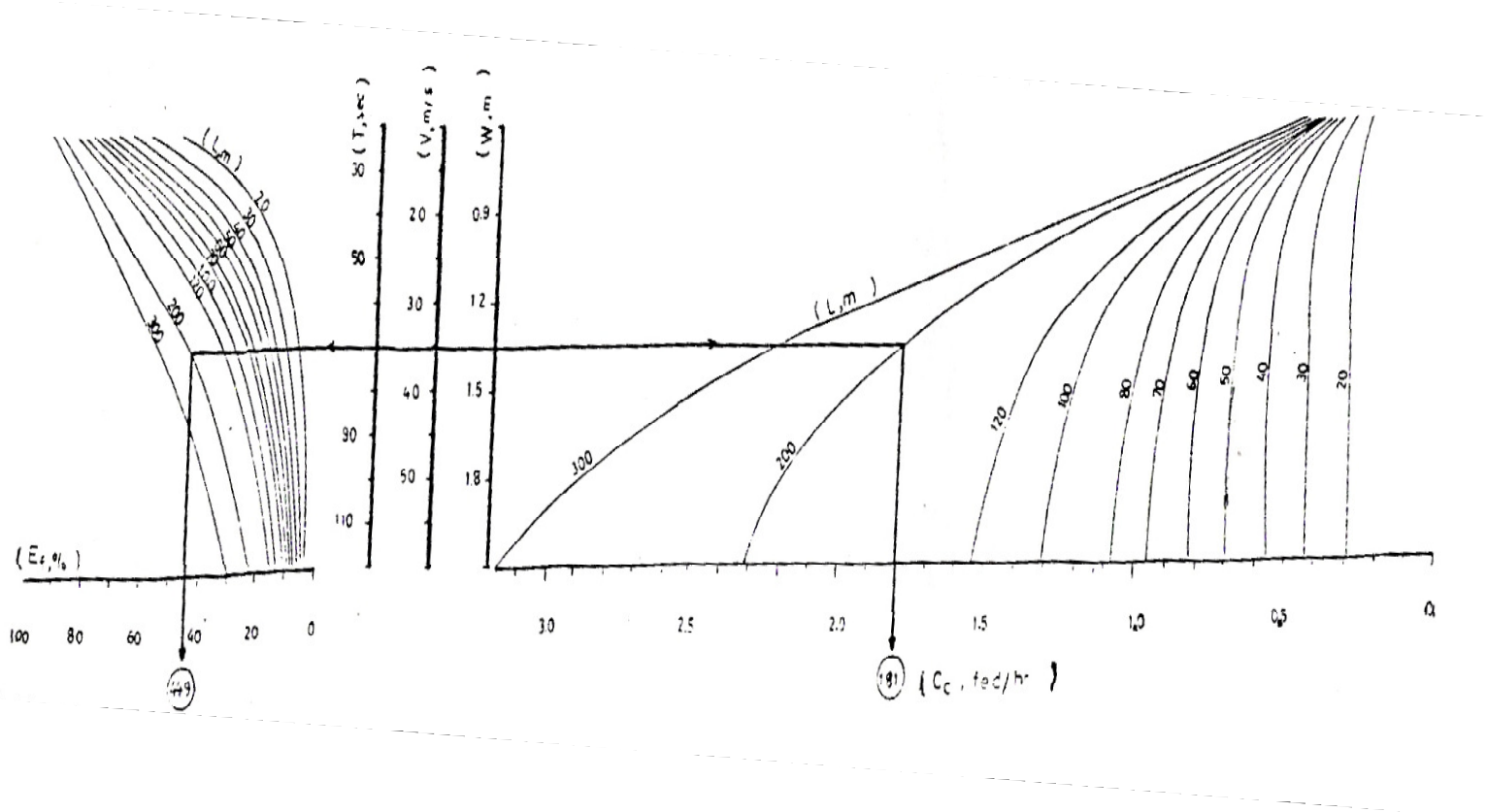
T: زمن الدوران يتراوح بين 20 إلى 120 ثانية.

L: طول الحقل يتراوح بين 20 إلى 300 متر.

W: عرض التشغيل يتراوح بين 0.60 إلى 2.10 متر.



شكل (1): مخطط بيانى تخطيطى للمعدات الزراعية التى يتم تشغيلها بالقدرة الحيوانية



شكل (2): مخطط بيانى تخطيطى للمعدات الزراعية التى يتم تشغيلها بالقدرة الميكانيكية للجرار

-وقد تم تقسيم كل مخطط بيانى إلى جزئيين الجزء الأول (جهة اليسار) يمكن من خلاله التنبؤ بالكفاءة الحقلية (E_F) على أساس تحديد قيم كل من V , T , L والجزء الثانى (جهة اليمين) يمكن خلاله التنبؤ بقيمة السعة الحقلية على أساس تحديد قيم كل من V , T , L وقد وضح ذلك من خلال نموذجين على النحو التالى:

النموذج الأول: باستخدام شكل (2) تبعاً للفروض الآتية:

V: 0.8 متر/ ثانية T: 45 ثانية

L: 50 متر W: 0.35 متر

وعليه فالكفاءة الحقلية المتنبئة تقدر بحوالى 58%، والسعة الحقلية تقدر بحوالى 0.139 فدان / ساعة.

النموذج الثانى: باستخدام شكل (3) تبعاً للفروض الآتية:

V: 3.5 متر/ ثانية T: 70 ثانية

L: 200 متر W: 1.35 متر

وعليه فإن الكفاءة الحقلية المتنبئة تقدر بحوالى 44.9%، والسعة الحقلية تقدر بحوالى1.81 فدان / ساعة.

النتائج والمناقشة

اعتمد البحث على إمكانية تبسيط وتطوير المعادلة الرياضية الخاصة بتقدير الكفاءة الحقلية للمعدة الزراعية وتطبيقها فى عمل تصميم للمخططات البيانية من خلال مجموعة قليلة مقاسة من العناصر المحددة (العوامل الفعلية) التى يمكن قياسها بسهولة حقلياً. كما أمكن من خلال تلك المخططات البيانية المطورة عدم الضرورة إلى إعادة العديد من العمليات الحسابية لإمكانية رفع وتحسين مستوى الكفاءة والسعة الحقلية للمعدة الزراعية، مما يسهل وييسر من عمل المتخصصين والمسئولين على إدارة وتشغيل المعدات الزراعية فى إمكانية إعطائهم مؤشراً وصورة تنبؤية قريبة من الواقع الفعلى عند تقدير كل من الكفاءة والسعة الحقلية لمختلف المعدات الزراعية بعناصر محددة من السهل قياسها بسهولة مثل طول الحقل وزمن الدوران وعرض وسرعة تشغيل المعدات الزراعية دون الحاجة إلى إعادة إجراء تلك الاختبارات الحقلية مرة أخرى للمعدات الزراعية بمختلف المناطق وظروف التشغيل المحددة.

المراجع

Abou El- Kheir, M. M. 1991. **"Mathematical Model to Avaluate Different Time – Losses of Farm Equipments"** Misr. J. Ag. Eng., 8 (1): P:50- 62.

Barnes, K. K., T. W. Casselman and D. A. Link. 1959. **"Field Efficiencies of 4- row and 6 – row Equipment"** Agr., Eng., Mar., 4: P.148- 150.

Bower, W. 1975. "**Fundamental of Machinery Operations Machinery Management"**. John Deer Service Publications, Moline. U.S.A. P. 182.

Kepner, R. A., R. Bainer and El- Barger 1972.**"Principles of Farm Machinery"** West Port, Connecticut, U.S.A. Avi Publishing Co. P. 486.

Renoll, E.S. 1969.**"Row- crop Machinery Capacity as Influenced by Field Conditions"**. Auburn Univ. Agr. Expt. Sta. Bull. 395.

Renoll, E.S. 1970. **"Some Effects of Management on Capacity and Efficiency of Farm Machines"**. Auburn Univ. Agr. Expt. Sta. Cric. 177.

Renoll, E.S. 1972. Concept for Predicting Capacity of Row- crop Machines. Trans. ASAE, 15 (6): P. 1028- 1030.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF NOMOGRAM TO PREDECT THE FIELD EFFICIENCY AND CAPACITY OF FARM EQUIPMENT DURING THE FIELD OPERATION

Abou El- Kheir, M. M*

In this, two nomographs are designed for predicting field efficiency and capacity for farm equipments operations using animal power and tractor power. The field efficiency is related to speed of operation, turning time and length of the field. The field capacity is related to speed of operation, width of operation and length of the field. These nomographs would be avoid the need to make observations for the full length of the operation, thus reducing the cost of mechanization experiments.

* Prof., Agr. Eng. Faculty of Agriculture, Alexandria University.