# تطوير نظام الفصل الميكانيكي لدرنات البطاطا في قالعة البطاطا المصممة والمصنعة محليا

اركان محمد امين صديق[١] سعد عبد الجبار الرجبو
قسم المكائن والالات الزراعية ، كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل / العراق

**ألخلاصة**

يهدف البحث دراسة تاثير إدخال تقنية جديدة لمعدات قلع المحاصيل الجذرية من خلال اعتماد جهاز فصل أكثر كفاءة من معدات القلع التقليدية وذلك باستخدام قالعة ذات جهاز فصل للتربة بواسطة اسطوانة لولبية دوارة كنموذج تجريبي لجهاز الفصل، واعتمد محصول البطاطا لاختبار فاعلية تلك التقنية عليه لكونه احد اهم المحاصيل حساسية لتأثير الفعل الميكانيكي. وقد تم مقارنه هذه التقنية مع قالعة بجهاز فصل سلسلي هزاز ذات مرحلة واحدة (صنع المؤسسة الوطنية لإنتاج العتاد الفلاحي في الجزائر بامتياز من شركة PAM نوع ١٩٠٨ 1/R).

ومن أهم النتائج التي تم التوصل اليها من خلال ت حليل بيانات التجربة احصائيا باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة في تجربة عاملية بثلاثة مكررات كما يلي : اظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية ولكلا الموقعين (ذات التربة الطينية والتربة المزيجية الرملية ) لتاثير أجهزة الفصل لآلات القلع في جميع ا لصفات المدروسة، اذ تفوقت القالعة الاسطوانية على القالعة السلسلية في جميع الصفات المدروسة اذ سجلت نسبة الدرنات السليمة (٧٤.١٣ ، ٦٨.٦٦) % ، نسبة الدرنات المخدوشة بشكل طفيف (١٦.١٩ ، ١٩.٧١)% ، نسبة الدرنات المخدوشة بشكل كبير (٧.٨٤ ، ١٠.٧٥)% ونسبة الفقد الكمي (١.٠٩ ، ٠.٨٦) للمواقع على التوالي .

## المقدمة

إن الهدف من إدخال أي مفهوم جديد للآلات الزراعية في الساحة المت نافسة، هو السعي للحصول على الأمثل من الناحية النوعية والإنتاجية والاقتصادية، وتكمن أهمية ذلك في توفير متطلبات نجاح هذه المفاهيم من خلال إدراج طرق غير تقليدية بعد دراستها واختبارها والتي لا تقل أهمية عن تلك المستخدمة . فقد تبين من خلال دراسات وتجارب سابقة (Brook ،١٩٩٣) بان أي تقنية مستخدمة لمعدات القلع او الحصاد لا تخلو من مشاكل عند أدائها للعملية الإنتاجية، سواء كانت نوعية أو اقتصادية . لذلك كان لابد من إيجاد طرق بديلة اكثر فعالية لعمل هذه المكائن تنعكس بصوره إيجابية لتعطي النتائج المرجوة منها . وتزداد أهمية أداء تلك الم عدات عند تعاملها مع محاصيل حساسة ، وبصورة خاصة على تلك المحاصيل التي تصل إلى المستهلك البشري مباشرة دون المرور بالمرحلة التصنيعية . إذ يتطلب على هذا الأساس أن يكون تعامل الآلة مع المحصول اقرب ما يكون من تعامل اليد البشرية مع المحصول، ولكن مع الاخذ بنظر الاعتبار سرعة الآلة. إن المعدات والآلات التي تتعامل مع التربة تتميز بأنها توفر القوة الكافية التي تمكنها من تفكيك أو تشكيل لأجزاء التربة، ولكن هذا المفهوم لا يكون كافيا عند تعامل الآلات التي تخترق التربة مع محاصيل درنية حساسة كدرنات البطاطا داخل التربة، والتي تكون ذات قشرة حساسة جدا لتفاعلها مع الهواء عند الخدش وتشكيل طبقة سمراء غير مرغوب فيها من الناحية الاستهلاكية ومن ناحية أخرى تكون عرضة لنشاطات العفن عند الخزن وتقليل نسبة الإنبات عند زراعتها (Dean ،١٩٩٣). لذا وعلى هذا الأساس يجب أن تتوفر شروط القوة واللين معاً لهذا النوع من لمكائن، فالقوة مطلوبة لتفكيك أجزاء التربة عند فصلها عن درنات البطاطا واللين عند تعاملها مع المحصول لتفادي تخدش أو قص الدر نات، ويجب أن لا يكون الأخير على حساب ترك المحصول داخل الأرض بعد مرور الفعل الميكانيكي عليها، ويتم ذلك من خلال الطريقة التشغيلية المثلى للآلة وتحسين أدائها بشكل يضمن الحصول علي اقل فقد كمي أو نوعي . إذ يكون كل ذلك مبنيا على أساس الروابط القوية بين الجوانب الفنية والخواص التكنولوجية للماكنة والجانب الاقتصادي ومدى تأثير هذه الروابط في الإنتاج الزراعي وسرعة الإنجاز . ومن اجل الحصول على امثل فصل واقل ضرر في الحاصل، فقد تم صب اهتمام الباحثين على دراسة إشكال حركات عمليات فصل التربة عن الدرنة والتي صنفوها الى ثلاثة م حاور (x و y و z) وفعالية تاثير كل محور على قيم الفقد في الحاصل . فقد وجد بان

---

[١] بحث مستل من اطروحة دكتوراه للباحث الاول

– تاريخ تسلم البحث ٢٠١٠/١١/٧ وقبوله ١٠ / ١٠ / ٢٠١١

المحاور التي تحقق الحركة الافقية للغربال (x و y) سواء كانت متعامدة على قضبانها او بموازاتها، حققت فقدا نوعيا اقل بكثير من تلك المحاور التي تحقق الحركة العمودية لاهتزاز جهاز الفصل (x و z) او (y و z)، ولكن كان ذلك على حساب نوعية الفصل للأتربة من الدرنات والفقد الكمي . في الوقت الذي حققت فيه الحركة العمودية لعمليات فصل التربة عن الدرنة افضل فصل واقل فقد كمي ولكن باضرار نوعية ملحوظة في الدرنات (McGechan ،١٩٧٧)، (Misener و Tai ،١٩٩٣). واشار (حسن وصديق ، ٢٠١١) بان سبب ارتفاع نسبة (الدرنات المخدوشة بشكل طفيف) في القالعة ذات الناقل السلسلي الى طول الناقل السلسلي فكلما زادت فترة بقاء الدرنات عليها زادت بذلك نسبة (الدرنات المخدوشة بشكل طفيف) بسبب الاهتزازات العمودية الناتجة عن نفض العجلات النج مية الهزازة للناقل السلسلي وبالتالي للدرنات التي هي فوقها ، علما ان هذه الاهتزازات العمودية تكون ذات مدى (سعة اهتزاز) وذلك بسبب نتوءات العجلات النجمية الهزازة . وعلى أساس ما سبق ذكره، كان لابد من ايجاد وسيلة للجمع بين افضل عملية فصل واقل فقد نوعي وضرر في الدرنات ، وذلك من خلال جمع اشكال حركات عمليات الغربلة (x و y و z) في نظام واحد وهو الهدف الرئيس من هذه الدراسة . وعليه فقد تم تصميم نوع جديد لجهاز الفصل في قالعات البطاطا بعد أن الغي فيها الجزء التقليدي لفصل التربة عن الدرنات بواسطة الناقل السلسلي الهزاز (ذات مرحلة واحدة)، واستبدل بجهاز فصل جديد والذي صنع على شكل اسطوانة دوارة ذات قضبان مبرومة على طول الاسطوانة وبارتفاعات متفاوتة بشكل يضمن تكوين أخاديد بريمية ممتدة على طول السطح الداخلي للاسطوانة الدوارة وبواقع ربع دورة لكل قضيب، ويحوي السطح الداخلي أيضا على شريط مطاطي مسطح بريمي بواقع دورتين على طول الاسطوانة . إذ يقوم الشريط البريمي للقضبان بعملية فصل التربة من خلال قضبان الاسطوانة أثناء دورانها فضلا عن عملية نقل بسيطة في الوقت نفسه، والشريط البريمي المطاطي يكون مساعدا في عملية نقل الناتج (الدرنات) إلى مؤخرة الآلة. وتمت مقارنة هذه التقنية مع قالعة (PAM) ذات جهاز فصل سلسي هزاز بمرحلة واحدة ولموقعين مختلفين في النسجة . وصنعت الآلة الجديدة بالتعاون مع شركة الشمال للصناعات الميكانيكية المحدودة في الموصل . ويهدف البحث إلى:-

١- اختبار أداء جهاز الفصل الاسطواني للنموذج التجريبي من خلال حساب نسب الفقد الكمي والنوعي ونسب الدرنات السليمة ومقارنة نتائجها مع قالعة (PAM) ذات جهاز فصل سلسلي هزاز بمرحلة واحدة.
٢- اختبار الحلقات التكنلوجية المضافة في النموذج التجريبي بغية الاستفادة منه في زيادة نسبة الدرنات المقلوعة (درنات غير متضررة + درنات مخدوشة بشكل كبير + درنات مخدوشة بشكل طفيف) على حساب الفقد الكمي والنوعي.
٣- تسهيل عملية جمع الحاصل من قبل للفلاح وتقليل تكاليف الانتاج.

**وتعتمد الأسس النظرية لعمل جهاز الفصل في قالعة البطاطا المصممة على ما يلي:**

**١- وحدة الرفع والفصل الالي (اسطوانة الفصل):** تنقل الدرنات مع كميات التربة المرفوعة الى الخلف وتستلم من قبل اسطوانة الفصل وهي مكونة في الاساس من قضبان اما المسافة بين القضيب والاخر في الاسطوانة فتعتمد على الحجم الاصغر للدرنات (٢.٥ سم).علما بان القضبان مبرومة وبارتفاعات متفاوتة يعلوه شريط مطاطي حلزوني على طول اسطوانة الفصل ، لتحقيق ما يسمى بالحركة الاهليلية لخليط التربة مع الدرنات اثناء مرورها داخل اسطوانة الفصل عند دورانها مما يعمل على تساقط خليط التربة مع الدرنات بعضها فوق الاخر عند بلوغها اعلى نقطة ممكنة من محيط اسطوانة الفصل والتي تساعد بالتالي على فصل التربة وتخليص الدرنات من التربة العالقة بها بتاثير وزنها عند الدحرجة والسقوط بدون تسليط أي قوة نفضية مباشرة عليها . وضع اسطوانة الفصل بشكل عام يكون مستويا . وبهذه الابعاد وهذه المواصفات يكون بامكان اسطوانة الفصل من فصل الاتربة والكتل الترابية من الدرنات ونقلها حتى سقوطها على الارض، وهذا لا يمنع بالطبع من سقوط وفقدان الاحجام الصغيرة من الدرنات المفصولة اما بقية الدرنات الكبيرة والصخور تستمر في الحركة داخل اسطوانة الفصل ، اذ توصف حركة المواد المنقولة داخل اسطوانة الفصل بانها حركة حلزونية وبناءا على ذلك فان هذه الحركة ستعمل على تحسين درجة تفكيك التربة نتيجة تساقطها بعضها فوق بعض، وهذا ما سيتم دراسته من خلال البحث الحالي . علما بان قطر اسطوانة الفصل تم ضبطها بما يتناسب مع عرض خط القلع في الوقت الذي تم اختيار طول الاسطوانة (١.٥م) الشكل (١) لكون اغلب القالعات السلسلية تتراوح اطوالها بين (١ – ١.٥) متر،

(صديق ، ١٩٩٨). وبهذه المواصفات سيتم توفير مساحة سطحية اكبر لعملية فصل التربة اكثر من تلك النواقل السلسلية.

**٢- النقل البريمي للمواد الداخلة في اسطوانة الفصل :** ان عملية نقل المواد داخل الاسطوانة تكون على اساس عمل النواقل البريمية، اذ يوجد العديد من الطرق المستخدمة لنقل المواد الزراعية . ويعتمد اختيار طريقة النقل على طبيعة التطبيق وعلى نوع المادة المنقولة . فقد تكون المادة الزراعية في صورة حبيبية او مسحوق او ليفية او أي توليفة من تلك الصور . وبصفة عامة يتم النقل بواسطة توليفة من القوى الالية (قوى القصور الذاتي وقوى الجاذبية وقوى الاحتكاك).

**٣-حركة الدرنة داخل نظام الفصل الاسطواني :** القوى المؤثرة على حركة ا لدرنة داخل نظام الفصل الاسطواني

**أ- قوة الاحتكاك**

$$F = \mu m g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

F = قوة الاحتكاك (N)

μ = معامل الاحتكاك الحركي (٠.٤ – ٠.٥) (حسين وماجدة ، ٢٠٠٣)

m = كتلة الدرنة (كغم)

g = التعجيل الارضي $m / sec^2$

**ب- قوة الطرد المركزي**

$$Fi = m V^2 / r \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢)$$

Fi = قوة الطرد المركزي (N)

m = كتلة الدرنة (كغم)

V = سرعة الدرنة (m / sec)

r = نصف قطر اسطوانة الفصل (m)

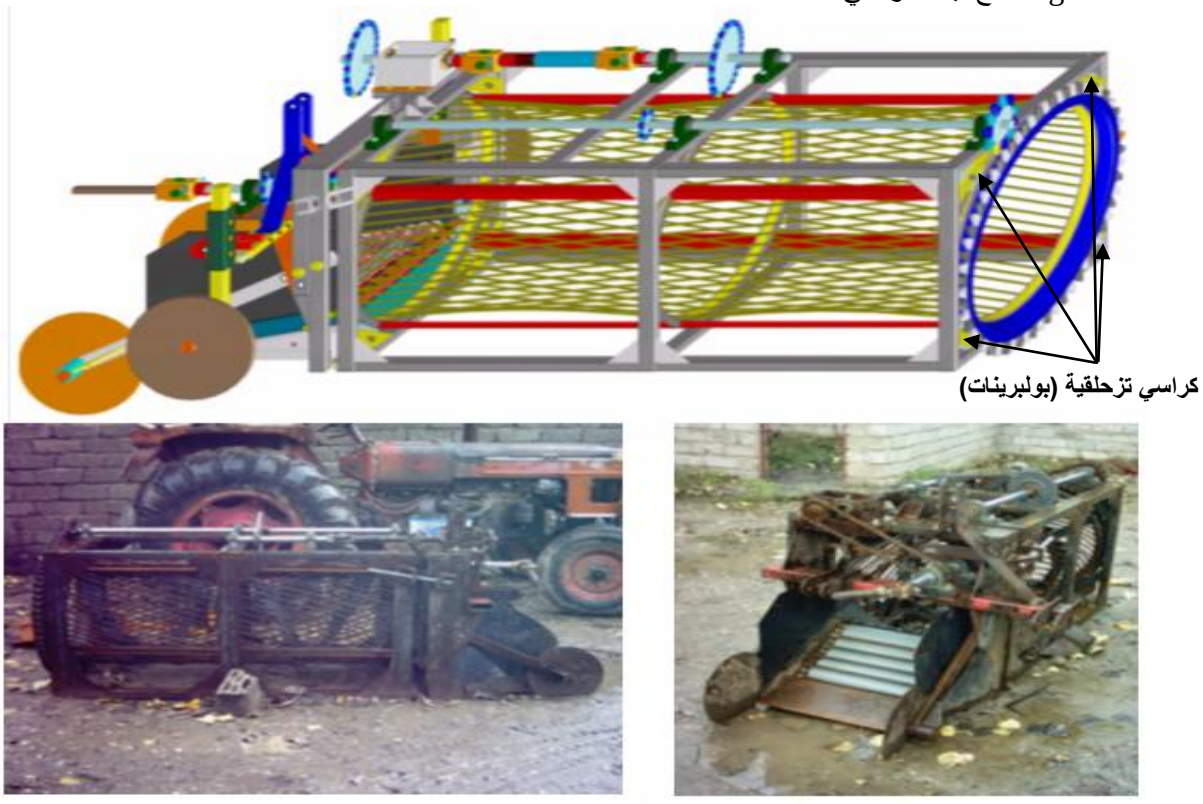
**ج- قوة الجذب الارضي**

$$P_g = m g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣)$$

$P_g$ = قوة الجاذبية الارضية (N)

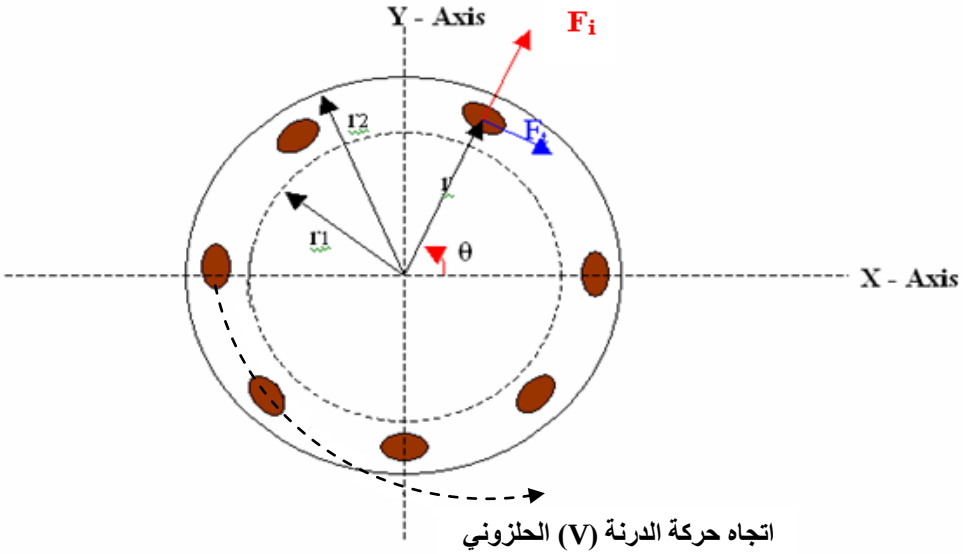
m = كتلة الدرنة (كغم) ،

g = التعجيل الارضي $m / sec^2$

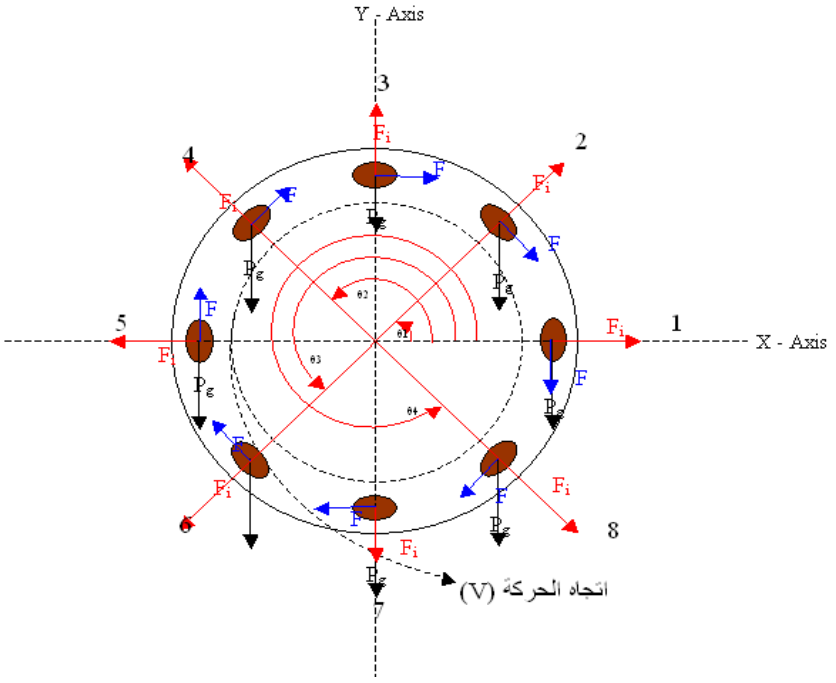


كراسي تزحلقية (بولبرينات)

شكل رقم (1) يوضح رسم متكامل لقالعة البطاطا ذات نظام الفصل الاسطواني




الشكل (٢) تحليل مركبات القوى الاساسية على المحاور العمودية ($F_n$) والمماسية لاسطوانة الصل ($F_t$)




الشكل (٣) يوضح القوى المؤثرة على الدرنة داخل اسطوانة الفصل

وتمثل المعادلة العامة محصلة القوى (R) المؤثرة على الدرنة اثناء حركتها داخل اسطوانة الفصل والتي تعمل على حركتها بصورة حلزونية، حيث تكون الدرنة تحت تأثير حركتين (حركة مستقيمة وحركة دائرية).

$$R = \sqrt{(F_i - P_g \sin\theta)^2 + (F + P_g \cos\theta)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٤)$$

اما بالنسبة لسرعة حركة الدرنة داخل اسطوانة الفصل فيمكن الحصول عليها من تعويض قيم قوى الاحتكاك والجذب الارضي والطرد المركزي بالمعادلة (٤) وكما يلي:

بما ان

$$F = \mu m g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٥)$$

$$Fi = m V^2 / r \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٦)$$

$$P_g = m g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٧)$$

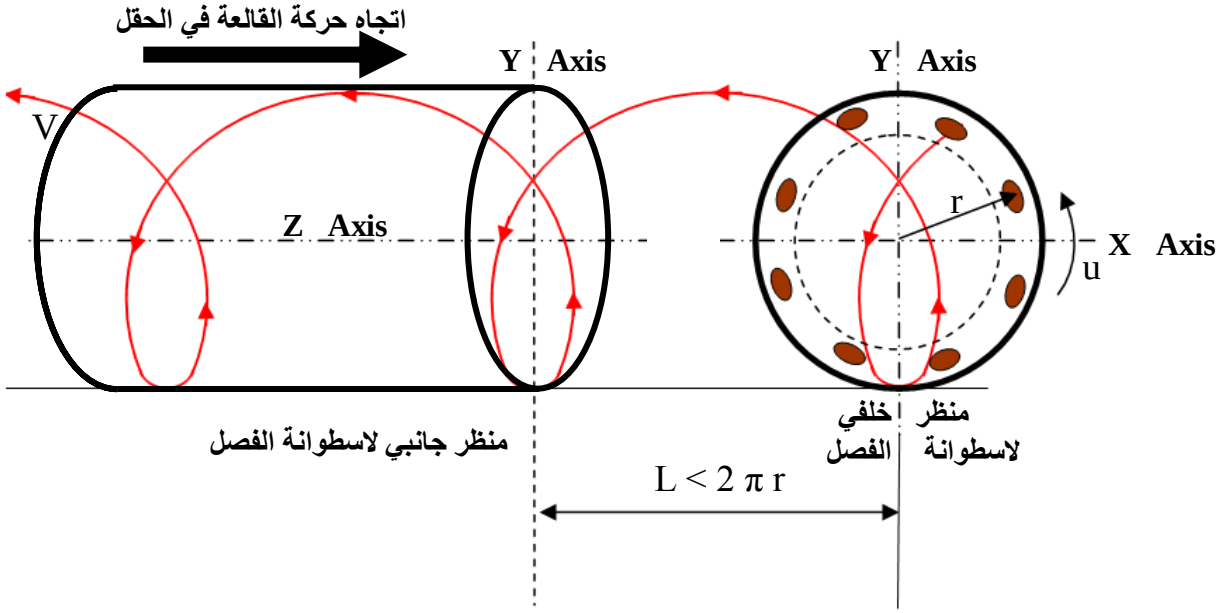
وبما ان

$$R = \sqrt{(F_i - P_g \sin\theta)^2 + (F + P_g \cos\theta)^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٨)$$

إذن

$$R^2 = ((m V^2 / r) - ((m g) \sin\theta))^2 + ((\mu m g) + ((m g) \cos\theta))^2 \quad \ldots..(٩)$$

**٤- كيناماتيكية الدرنات داخل اسطوانة الفصل :** ان الحركة المركبة للاجسام الدورانية مصدرها نوعان من الحركة الاولى تمثل الحركة الخطية المستقيمة للاجزاء من خلال حركية المجموعة الميكنية مجتمعة ، والثانية تمثل الحركة الدورانية للاجزاء الشغالة حول محورها.




الشكل (٤) يوضح منحنى الحركة الحلزونية للدرنة داخل اسطوانة الفصل

## مواد البحث وطرائقه

**١- المواصفات الفنية لقالعة مصممة بنظام فصل على شكل اسطوانة :** اختلفت القالعة المصممة عن القالعة ذات الناقل السلسلي الهزاز بمرحلة واحدة بالمواصفات الآتية:

أ- العرض الشغال لسكة القلع (٦٠) سم، والذي يتكون من شفرة قطع التربة مائلة بزاوية (٢٥) درجة، ويليه ناقل سلسلي للتربة بطول (٤٣)سم، من مركز الترس القائد الى مركز الترس المقاد للناقل السلسلي ،علما بان الناقل السلسلي نسج بحزام مطاطي حول قضبان الناقل والمسافة بين قضبان الناقل السلسلي (٢.٥) سم.

ب- عدد اسنان التروس المخروطية التي تستلم حركتها من عمود ماخذ القدرة للجرار (PTO) وتنقلها الى الناقل السلسلي (٢٠) سن لكل منهما.

ج- عدد اسنان الترس الوسيط (١٢) سن الذي يستلم حركته من التروس المخروطية وينقلها الى الترس المخفض لسرعة الناقل السلسلي للتربة.
د- عدد حلقات الناقل السلسلي الذي ينقل الحركة بين الترس الوسيط والترس المخفض لسرعة الناقل السلسلي للتربة، (٣٠) زوج بحجم (٥٠).
هـ- عدد اسنان الترس المخفض لسرعة الناقل السلسلي للتربة، (١٥) سن.
و- عدد التروس المحركة للناقل السلسلي للتربة (٢) زوج،وعدد اسنان كل منها (٨)سن بقطر (١٠)سم.
ز- حجم حلقات الناقل السلسلي للتربة والذي يحوي على قضيبي الناقل، (٨٠).
ح- ارتفاع هيكل ربط الآلة بالجرار عن سطح سكة القلع (٥٥) سم.
ط- اسطوانة الفصل بقطر (٦٥) سم وبطول (١٥٠) سم. ذات قضبان دائرية المقطع مبرومة على طول الاسطوانة وبارتفاعات (٢.٥) سم متفاوتة من وسط الاسطوانة، والبرم بواقع ربع دورة لكل قضيب على طول الاسطوانة الداخلي، والمسافة بين القضبان (٢.٥) سم. ويحوي السطح الداخلي أيضا على شريط مطاطي مسطح بريمي بواقع دورتين على طول الاسطوانة وبع رض (١٠) سم عن مستوى سطح الاسطوانة الداخلي.
ي- عدد اسنان الترس الاولي المستقبل للحركة من عمود ماخذ القدرة للجرار (PTO) باتجاه اسطوانة الفصل، (١٥) سن.
ك- عدد حلقات الناقل السلسلي الذي ياخذ حركته من الترس الاولي المستقبل للحركة من عمود ماخذ القدرة للجرار (PTO) باتجاه اسطوانة الفصل، (٥٠ و ٥٣.٥) زوج للسرع المسخدمة في التجربة والناقل بحجم (٥٠).
ل- عدد اسنان التروس المستخدمة لتغيير سرع دوران اسطوانة ال فصل (٣٧ و ٤٣) سن والتي تستقبل حركتها من الناقل السلسل ي الذي ياخذ حركته من للترس الاولي المستقبل للحركة من عمود ماخذ القدرة للجرار (PTO) باتجاه اسطوانة الفصل.
م- عدد اسنان التروس الوسطية المخفضة للسرعة (٤٣ و ١٤) سن وعلى التوالي،وهي التي تعمل على نقل الحركة الى الترس المغذي للحركة عبر الناقل السلسلي لترس اسطوانة الفصل.
ن- عدد حلقات الناقل السلسلي للتروس الوسطية المخفضة للسرعة (٤٢) زوج بحجم (٥٠).
س- عدد اسنان الترس المغذي الذي يستلم حركته من التروس الوسطية وينقلها عبر الناقل السلسلي الى ترس اسطوانة الفصل (١١) سن.
ع- عدد حلقات الناقل السلسلي (٣٤.٥) زوج، بحجم (١٢٠)، وهو الذي يعمل على نقل الحركة الى ترس اسطوانة الفصل من الترس المغذي.
ف- عدد اسنان الترس النهائي لاسطوانة الفصل (٦١) سن.
ص- قطر اقراص تحديد المرز (٣٥).
ق- قطر عجلات تحديد عمق القلع (٢١)سم.
ر- نقاط تعيير جانبية بين جزئي القالعة المتمفصلة من اسفل هيكل القلعة(اسطوانة الفصل وسكة القلع مع ناقله)، اذ يتم من خلالها تغيير زاوية القلع وحسب المطلوب (٢٥ ˚).
ش- وزن القالعة (٦٥٠) كغم.

**٢- المواصفات الفنية للقالعة ذات الناقل السلسلي الهزاز بمرحلة واحدة:** اتصفت القالعة ذات الناقل السلسلي الهزاز بمرحلة واحدة بالابعاد الآتية:

أ- العرض الشغال لسكة القلع (٦٠)سم،والذي يتكون من قطعتين مائلتين الى الداخل بزاوية (٢٥)درجة.
ب- المسافة بين الترس القائد والعجلة المقادة للناقل السلسلي (١٠٠) سم.
ج- قطر البكرة القائد للناقل السلسلي (٨) سم ، وقطر الترس القائد (١٤) سم وعدد اسنانه (١٠) سن.
د- عدد العجلات البيضوية النافضة زوجان، وكل عجلتين على جهة من الهيكل.
هـ- طول العجلة البيضوية اللامركزية النافضة من مركز دورانها (٨ ، ٥) سم وعدد اسنانه (٩).
و- المسافة بين قضبان الناقل السلسلي (٢.٥) سم.
ز- عدد اسنان الترسي المخروطيين (بنيون والكراون ) في صندوق تحويل اتجاه الحركة والسرعة، (١٢ و ١٢) سن لكل منهما.

ح- المسافة بين العجلات المقادة للناقل السلسلي والعجلات البيضوية النافضة الاولى (٣٠) سم، والمسافة بين كل عجلتين نافضتين (٣٠) سم ، والمسافة بين العجلة النافضة الاخيرة والترس القائد للناقل السلسلي (٤٠) سم.

ط- قطر البكرة القائدة الناقلة للحركة الى البكرة المقادة (١٠) سم، وقطر البكرة المقادة الناقلة للحركة الى الترس القائد للناقل السلسلي (٢٠) سم. والمسافة بين البكرتين (١٢٣) سم.

ي- ارتفاع هيكل ربط الآلة بالجرار عن سطح سكة القلع (٤٥) سم.

ك- وجود زحافات في مؤخرة القالعة تعمل على اسناد ثقل القالعة فضلا عن دورها الاساسي في اعطاء ميلان لزاوية القلع في الآلة (٢٥) درجة.

ل- وزن القالعة (٢٧٥) كغم.

**٣- صنف البطاطا المقلوع:** اختير الصنف ديزري في البحث، وهو صنف مستورد تركي، هولندي المنشأ ويتميز هذا الصنف بان متوسط الت اخير في النضج ، والنمو الخضري سريع التطور جيد التغطية للتربة ويتحمل الجفاف. اما الدرنات فتكون ملساء ناعمة حمراء اللون واللب اصفر فاتح والقوام معتدل الصلابة . كما تتميز بكون العيون سطحية والسيقان كثيرة العدد وسميكة وذات طول . اما الاوراق فصغيرة والنورات الزهرية كثيرة Nivaa (١٩٩٧).

**٤- حقل البحث :** روعي عند اختيار حقل التجربة عدم استغلال القطعة من قبل الفلاح للموسم السابق بمحصول البطاطا و لكلا الموقعين . تم اختيار الحقل في منطقة حاوي الكنيسة شمال غرب مدينة الموصل على ضفاف نهر دجلة كموقع اول، وحقل آخر في قرية (ديرج) في منطقة خورسيباط (الشلالات) الذي يقع شمال شرق مدينة الموصل بـ (٢٠) كم، وكانت مساحة الحقل (الذي تميز باستوائه ) لكل موقع (٠.٢٨٣٥) هكتار، بطول (٢١٠) متر وعرض (١٣.٥) متر.

**٥- التصميم التجريبي :** لإتمام اجراء البحث بوجه صحيح، فقد استخدمت الطريقة الاحصائية في تنف يذ التجربة ، اذ تم اعتماد تصميم القطاعات العشوائية الكاملة ب تصميم تجربة عاملية باستخدام آلتي القلع (المصممة محليا والقالعة السلسلية) ولكلا الموقعين.

**٦- الصفات المدروسة شملت الاتي:**

أ- نسبة الدرنات السليمة (غير المتضررة) الوزنية (Undamaged tubers (Udt.

ب- نسبة الدرنات المخدوشة بشكل طفيف الوزنية (Slightly Damage tubers (Sldt ، وهي الخدوش التي تكون محصورة في القشرة الخارجية للدرنات وعلى عمق من (الصفر-١)ملمتر.

ج- نسبة الدرنات المخدوشة بشكل كبير الوزنية (Severe Damage tubers (Sdt ، وتمثل الخدوش العميقة دون السطح الخارجي للدرنات واكثر من ١ ملمتر. (Kemp واخرون ،١٩٧٠).

د- نسب ة الفقد الكمي الوزنية (الدرنات المدفونة بعد عملية القلع، او تلك التي لم تقلع اصلا)(Quantitative Loss(QL

**٧- مواصفات الساحبة المستخدمة:** الجرار الذي استخدم في التجربة كان من نوع عنتر زيتور ١١ ٦٩ Z ٧٠ ذو قدرة حصانية ٦٤.٥ حصان بمحرك ديزل رباعي الاشواط باربع اس طوانات ، وعدد السرع الامامية ٨ سرع اربعة اعتيادية واربعة مخفضة وسرعتان خلفيتان (سرعة اعتيادية وسرعة مخفضة ) ، عرض العجلات الخلفية ٣٥سم وحجمها ١٣ – ٢٨/ ١٤.٩ وعرض الامامية ٢٣سم وهذه الابعاد كانت متناسبة مع عرض وقعر المرز والمحور الامامي محمل باثقال الموازنة المانعة للانقلاب وعددها ٤ × ٢٠كغم.

## النتائج والمناقشة

**تاثير انظمة الفصل لآلات القلع في الصفات المدروسة :** تبين من التحليل الاحصائي بان القالعة الاسطوانية تفوقت معنويا على القالعة السلسلية ولكلا الموقعين ومتوسطهما ولجميع الصفات المدروسة.

**أ- الدرنات غير المتضررة (Udt):** يلاحظ من الاشكال (٥ ، ٦ ، ٧ و ٨) بان نسب الدرنات غير المتضررة للقالعة الاسطوانية كانت اعلى من نسب القالعة السلسلية ولكلا الموقعين . ويرجع سبب ذلك الى علاقتها بالمواصفات الهندسية لطريقة ال فصل لكل قالعة ودورها الملحوظ في التاثير على نسب الدرنات غير المتضررة. فقد كان تاثير نظام الفصل بالناقل السلسلي الهزاز في ال قالعة السلسلية كبيرا على نقصان نسبة الدرنات غير المتضررة ، وذلك بسبب تاثير الخط التكنلوجي في عملية فصل الناقل السلسلي للدرنات من

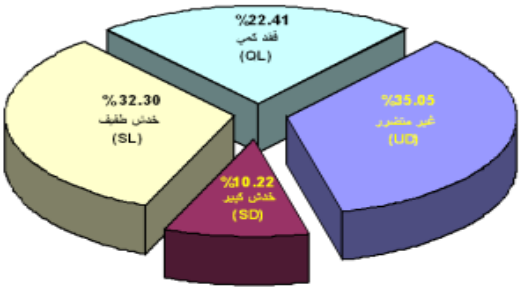
التربة ، علما بان المحاور التي تحقق الحركة العمودية لاهتزاز الناقل السلسلي هي (x و z)، والقوى المؤثرة على حركة الدرنة داخل نظام الفصل بالناقل السلسلي الهزاز من هذين المحورين (x و z) تتمثل بقوى الاحتكاك والجاذبية والاهتزاز (الضربات الموجه من قبل الناقل السلسلي على الدرنات ) (McGechan ،١٩٨٠). وعند مقارنة نتائج نسب الدرنات غير المتضررة لل قالع ة الهسلسلية بالقالعة الاسطوانية ، نجد فرقا ملحوظا وبشكل كبير بسبب نظام ال فصل المختلف عند الـقالعة الاسطوانية . اذ ان الاساس الهندسية في عملية فصل القالعة الاسطوانية للدرنات من التربة كان اقل تاثيرا . اذ ان المحاور (x و y و z) التي تحقق الحركة اللولبية للفاصل الاسطواني في القالعة الاسطوانية يتولد عنها قوى تؤثر على حركة الدرنة داخل نظام الفصل والمتمثلة بمحصلة قو ة الاحتكاك والجاذبية والطرد المركزي . وعند مقارنة تاثير هذه القوى على الدرنات في القالعة الاسطوانية مع تاثير القوى على حركة الدرنة داخل نظام الفصل في القالعة السلسلية، نجد بان نسب تضرر الدرنات في القالعة السلسلية كانت اكبر من تلك في القالعة الاسطوانية ، ويعود السبب الى ان تاثير الاهتزاز في القالعة السلسلية كان اكبر من تاثير سقوط الدرنات داخل نظام الفصل في القالعة الاسطوانية (علما بان قيمة قوة الطرد المركزي كانت اقل من قيمة تاثير الجاذبية لوزن الدرنة) (McGechan ،١٩٧٧). وعليه كانت نتائج متوسطات نسب الدرنات غير المتضررة في القال عة السلسلية اقل من القالعة الاسطوانية. اما بالنسبة لنسب الدرنات غير المتضررة في المواقع المختلفة، فقد كانت النسب في موقع ديرج (الطينية) اعلى من موقع الحاوي (المزيجية الرملية)، ويرجع سبب ذلك لعدة اسباب منها لتعامل الات القلع الخشن مع الدرنات في الترب الخفيفة لسهولة غربلة هذه التربة (عبد الله ،٢٠٠١). والسبب الاخر هو وجود علاقة قوية بين خواص التربة وحجم الدرنات الم تكونة، اذ تبين بان التربة الخفيفة كانت انتاجية البطاطا فيها عالية كماً وحجما، ولكن العمليات الميكانيكية اثناء الحصاد كانت ذات تاثير سلبي عليها مقارنة بالتربة الثقيلة. ويمكن التاكيد على ان درجة مقاومة الدرنات للضرر الميكانيكي يعتمد وبدرجة اساس على حجمها فكلما كان حجم الدرنات صغيرا كانت نسبة الدرنات غير المتضررة كبير (Lulai و Orr ، ١٩٩٥).

**ب- الدرنات المخدوشة بشكل كبير (Sdt ):** يلاحظ من الاشكال (٥ ، ٦ ، ٧ و ٨) بان نسب الدرنات المخدوشة بشكل كبير للقالعة الاسطوانية كانت اقل من نسب القالعة السلسلية ولكلا الموقعين . كما لوحظ بان سبب ارتفاع نسب هذه الصفة في القالعة السلسلية يعود الى تأثير خشونة نظام الفصل بالناقل السلسلي الهزاز وقوة الضربات الموجهة للدرنات من قبل هزازات الناقل السلسلي بشكل رئيس وحوافها الجارحة اثناء عملية الفصل فضلا عن القطع الحاصل او السلخ اكثر من ٢ملم في قشرة الدرنات بسبب مرور سكة القلع للدرنات العميقة جدا والتي اكثر اسبابها تعود لقلة وسادة التربة على سكة القلع التي تحول دون احتكاك مباشر للدرن ات مع سكة القلع. علما بان الوزن الخفيف للقالعة السلسلية كان له علاقة بعدم تمكن القالعة للوصول الى العمق المطلوب. بينما لم تكن هذه الاسباب موجودة في القالعة ا لاسطوانية لعدم وجود ناقل سلسلي او هزازات بل اقتصرت عملية الـفصل على دحرجة لولبية بفعل ال شريط المطاطي المسطح البريمي وقضبان ال فصل المبرومة للدرنات داخل اسطوانة الفصل الدوارة وفصل التربة بدون أي فعل اهتزازي من خلال نفاذها من بين قضبان الفاصل الاسطواني عند الدوران، اما سبب تخدش الدرنات بشكل كبير في الـقالعة الاسطوانية فقد كانت معظمها من نوع الدرنات المقطوعة او المسلخة اكثر من ٢ملم في قشرة الدرنات بسبب فعل سكة القلع عليها لنفس السبب ا لمذكور انفاً (Vatsa واخرون ،١٩٩٣). ان سكة القلع تكون هي المسبب الرئيس في تخدش الدرنات بشكل كبير في حال عدم كون سكة القلع على بعد كاف من منطقة انتشار الدرنات في التربة مما يؤدي ا لى قلة الوسادة للتربة على سكة القلع وبالتالي حصول هذا النوع من التخدش (درنات مخدوشة بشكل كبير ) (صديق ،١٩٩٨). اما بالنسبة لنسب الدرنات المخدوشة بشكل كبير في المواقع المختلفة، فقد كانت النسب في موقع ديرج (الطينية) اقل من موقع الحاوي (المزيجية الرملية) وذلك لكون درجة التصاق التربة الطينية اكبر من درجة التصاق التربة المزيجية الرملية على سطح قشرة الدرنات (حسن ،١٩٩٠)، وهذا الالتصاق يساعد على منع التماس المباشر للدرنات مع الاسطح والاجزاء الشغالة وبالتالي تقلل من احتمالية تخدش الدرنات بشكل كبير، علما بان الدراسات الخاصة المتعلقة بنسجة التربة عند درجة رطوبة معينة ودرجة التصاق الترب بالاسطح تختلف من نسجة الى اخرى والتي تكون اكثر ميلانا للالتصاق في الترب الطينية عن غيرها من الترب (النعيمي ،١٩٩٠). ومن ناحية اخرى وكما ذكر سابقا فان التربة ذات النسجة المزيجية الرملية كانت درناتها اكبر حجما واكثر كما من التربة ذات النسجة الطينية، وعليه فان الدرنات الكبيرة كانت اكثر عرضة من الدرنات الصغيرة لحافة سكة القلع اثناء عملية القلع، ولهذا السبب ايضا دور في رفع نسب الدرنات المخدوشة بشكل كبير وخاصة في التربة المزيجية الرملية.

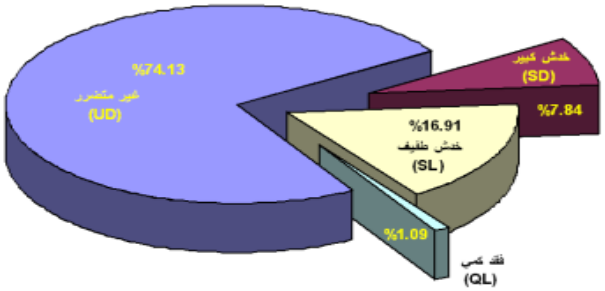
**ج - الدرنات المخدوشة بشكل طفيف (Sldt):** يلاحظ من الاشكال (٥ ، ٦ ، ٧ و ٨) بان نسب الدرنات المخدوشة بشكل طفيف للقالعة الاسطوانية كانت اقل من نسب القالعة السلسلية لكلا الموقعين . اذ لوحظ بان سبب ارتفاع نسب الدرنات المخدوشة بشكل طفيف في القالعة السلسلية يعود لعدة عوامل منها تأثير خشونة نظام الفصل (الناقل السلسلي الهزاز) وقوة الضربات الموجهة للدرنات من قبل هزازات الناقل السلسلي اثناء عملية الفصل فضلا عن اهم عامل مساعد في عملية تخدش الدرنات بشكل طفيف والذي هو ميلان الناقل السلسلي الهزاز بزاوية عن مستوى سطح الارض لما تتطلبه الماكنة في تصميمها التقني والذي يعمل على عرقلة بسيطة وتاخير في انتقال الدرنات على سطح الناقل السلسلي الهزاز لمنح فرصة اكبر للهزازات النافضة من فصل التربة عن الدرنات ومنع التربة من السقوط مع الدرنات مرة اخرى من مؤخرة الناقل السلسلي، ولكن عملية التاخير هذه على الناقل السلسلي له تأثير عكسي على الدرنات، اذ يكون ذلك على حساب تخدش الدرنات بشكل طفيف، فالميلان الموجود في الناقل السلسلي الهزاز يعمل على دحرجة الدرنات ولو بشكل بسيط عكس اتجاه حركة الناقل السلسلي الهزاز مما يجعلها معرضة لضربات الناقل السلسلي بفعل هزازات النفض لطول فترة بقائها على السطح الهزاز للناقل . وعند مقارنة نتائج القالعة السلسلية مع القالعة الاسطوانية نجد فرقا يصل الى حد ١٦ و١٨% بمعدل عام عن القالعة السلسلية ولكلا الموقعين على التوالي . ويعود السبب في ذلك الى عدة عوامل رئيسة ساعدت في الوصول الى هذا الفرق بين القالعتين في صفة الدرنات المخدوشة بشكل طفيف، وهذه العوامل كانت بدرجة اساس معتمدة على الغاء نظام الفصل التقليدي بالناقل السلسلي الهزاز وميلانها المتسبب في الضرر والاستعاضة عنها باسطوانة الفصل الدوارة اللولبية والتي هي بوضع مستوي مع سطح التربة، اذ تم التوصل الى هذا النوع بعد دراسات مسبقة لواقع الات القلع التقليدية ذات النواقل السلسلية الهزازة وتحديد مواضع الضعف في تصميمها الهندسي التي تتسبب في التاثير على العملية الانتاجية وجودة المحصول (McGechan، ١٩٧٧). وبالنتيجة كان مدى تاثير نظام الفصل الاسطواني اقل من سابقتها وذلك لان عملية الفصل خليط التربة مع الدرنات تكون بفعل انسياب التربة من خلال قضبان الفاصل الاسطواني اثناء دورانها وتفتتها بفعل تساقط كتلها بعضها فوق بعض داخل الفاصل الاسطواني دون تسليط أي قوة نفضية على خليط التربة مع الدرنات وفي الوقت نفسه انتقال الدرنات بحركة حلزونية وبدون عملية تاخير داخل اسطوانة الفصل اللولبية بفعل الشريط المطاطي المسطح البريمي وقضبان الفصل المبرومة. ان الناقل السلسلي الهزاز وميلانه هو المسبب الميكانيكي الرئيس في تخدش الدرنات بشكل طفيف (صديق، ١٩٩٨). اما نسبة الدرنات المخدوشة بشكل طفيف في المواقع المختلفة، فقد كانت النسب في موقع ديرج (الطينية) اقل من موقع الحاوي (المزيجية الرملية) وذلك لكون درجة التصاق التربة الطينية اكبر من درجة التصاق التربة المزيجية الرملية على سطح قشرة الدرنات وهذا الالتصاق يساعد على منع التماس المباشر للدرنات مع الاجزاء الشغالة وبالتالي تقلل من احتمالية تخدش الدرنات بشكل طفيف كما ذكر سابقاً. ومن ناحية اخرى فقد لوحظ بان لحجم الدرنة تاثير واضح على خواص التلف النسيجي الحاصل في قشرة الدرنات فقد وجد بانه كلما زاد حجم درنة البطاطا زادت معها درجة التخدش في جلد الدرنة بسبب كون الدرنة الكبيرة الحجم تمتلك طاقة كامنة كبيرة عند اصطدامها بقضبان نظام الفصل اثناء الحصاد (Baritelle و Hyde، ١٩٩٩) اذ تبين من دراساتهم بان الدرنات ذات الاوزان الكبيرة والمحصورة بين ٣٤٠ – ٤٥٤ غم هي اكثر تعرضا للتخدشات والكدمات من الدرنات التي اوزانها تتراوح بين ١٧٠ غم فما دون ، اما الاوزان المحصورة بين هذين المديين فلم تظهر فيها فروق معنوية في درجة الضرر . فضلا عما ذكر فقد وجد الباحثون بان الدرنات التي تكون اوزانها اقل من ١٧٠ غم ذات الاحجام الصغيرة تمتلك نسيج جلدي اقوى من تلك الدرنات ذات الاحجام الاوزان الكبيرة (Baritelle و Hyde، ١٩٩٧). ان حجم الخلية في قشرة جلد الدرنات الكبيرة تكون اكبر وذات جدار رقيق مما يجعلها اكثر عرضه للخدوش مقارنة بالدرنات الصغيرة والتي تمتلك جدار خلية قوي وحجم خلية صغير Edward (٢٠٠٢). وكل هذه الاسباب كانت عوامل مساعدة في زيادة نسبة الدرنات المخدوشة بشكل طفيف في موقع الحاوي والتي امتازت بتربتها المزيجية الرملية.

**د- الفقد الكمي (QL):** يلاحظ من الاشكال (٥ ، ٦ ، ٧ و ٨) بان نسب الفقد الكمي (الدرنات غير المقلوعة او التي دفنت بعد القلع) للقالعة الاسطوانية كانت اقل من نسب القالعة السلسلية الهزاز لكلا الموقعين . ويرجع سبب ارتفاع نسب الفقد الكمي في القالعة السلسلية الى خفة وزن القالعة مما قلل من عمق القلع بسبب مقاومة التربة على السلاح فضلا عن عدم اكتمال عملية الفصل لخليط التربة مع الدرنات على الناقل السلسلي لقصره، مما يؤدي الى سقوط التربة وتراكمها مرة اخرى فوق الدرنات المقلوعة معها، وكل هذا كان سببه قصر الناقل السلسلي الهزاز وقلة قوة نفض الهزازات للتربة على سطح الناقل، علما بانه كانت هناك محاولات لباحثين لتقليل نسب الفقد الكمي وذلك باطالة الناقل السلسلي وزيادة القوة النفضية للهزازات ولكن

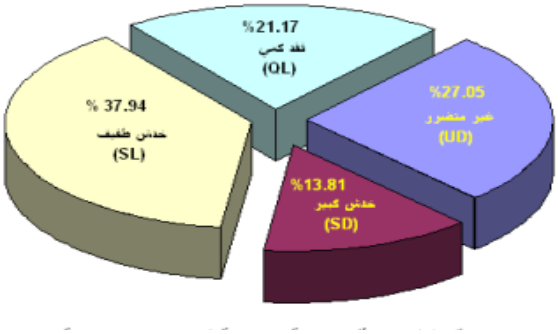
اسفرت عن تلك التحويرات زيادة في قيم الدرنات المخدوشة بشكل طفيف ، ولكن هذا النوع من الضرر كان مقبولا بدلا من فقد الدرنات في الارض (صديق ،١٩٩٨). اما نسب الفقد الكمي في القالعة الاسطوانية فقد كانت اقل من نسب نتائج القالعة السلسلية بفارق يصل الى حد ٢١% و ٢٠% كمعدل عام ولكلا الموقعين على التوالي. ويعود السبب في ذلك الى ثقل وزن القالعة مما ساعد على تثبيت سكة القلع في العمق المطلوب فضلا عن كفاءة نظام الفصل وكبر مساحة الفصل للسطح الداخلي لاسطوانة الفصل مقارنة بمساحة فصل الناقل السلسلي الهزاز للقالعة السلسلية، اذ ان كبر مساحة الفصل للسطح الداخلي لاسطوانة الفصل في القالعة الاسطوانية ساعد على اكتمال عملية فصل التربة عن الدرنات قبل وصول خليط التربة مع الدرنات الى نهاية نظام الفصل الاسطواني الدوار. اما نسب الفقد الكمي في المواقع المختلفة، فقد كانت النسب في موقع ديرج (الطينية) اعلى من موقع ال ح اوي (المزيجية الرملية) وذلك لكون درجة تماسك التربة الطينية مع بعضها البعض او التصاقها مع الدرنات اكبر من درجة تماسك التربة المزيجية الرملية مع بعضها البعض او التصاقها مع الدرنات على سطح الناقل الهزاز فقط عند عملية ال فصل مما يساعد على عدم اكتمال فصل التربة من الدرنات وبالتالي سقوطها مرة اخرى الى الا رض فتعمل على دفن الدرنات التي لم تكتمل فصلها على الناقل السلسلي الهزاز. ومن ناحية اخرى فان حجم الدرنات (الذي امتازت به التربة الطينية في موقع ديرج) كانت صغيرة مما جعلها اكثر عرضة للدفن بعد عملية القلع على عكس صفات الدرنات في التربة المزيجية الرملية (موقع الحاوي ) والتي امتازت بكبر حجمها مما جعلها اقل عرضة للدفن . اما القالعة الاسطوانية فلم تظهر لها أي حالة ملحوظة لدفن الدرنات بعد تركها ال فاصل الاسطواني لكلا الموقعين، وكانت معظم حالات الفقد الكمي بعد عملية القلع ناتجة عن عدم قلع الدرنات اساسا من التربة بسبب تعمق الدرنة داخل التربة دون معدل مستوى القلع التي عيرت عليها الالة، وكانت معظم هذه الدرنات صغيرة الحجم اذ لم تتجاوز نسب الفقد الكمي في أسوأ حالاتها للقالعة الاسطوانية عن ١.٠٩% كمعدل عام في موقع ديرج.



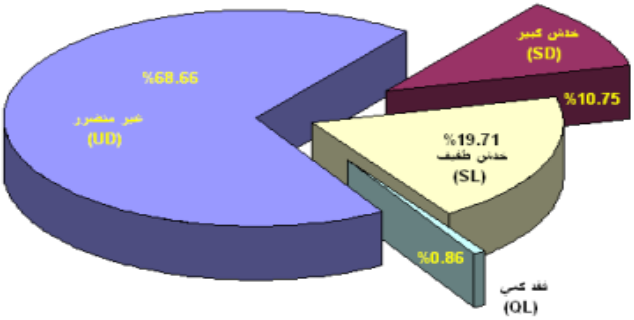

الشكل (٥): يبين تأثير القالعة السلسلية في الصفات المدروسة للدرنات في موقع ديرج (تربة طينية)




الشكل (٦): يبين تأثير القالعة الأسطوانية في الصفات المدروسة للدرنات في موقع ديرج (تربة طينية)




الشكل (٧) : يبين تأثير القالعة السلسلية في الصفات المدروسة للدرنات في موقع الحاوي(تربة مزيجية رملية)




الشكل (٨) : يبين تأثير القالعة الأسطوانية في الصفات المدروسة للدرنات في موقع الحاوي(تربة مزيجية رملية)

١- اظهرت القالعة الاسطوانية فقدا نوعيا اقل من القالعة السلسلية بفارق يصل الى حد (١٨ و ١١%) لكلا الموقعين على التوالي أي ان نسبة الدرنات غير المتضررة في القالعة الاسطوانية اكبر من نسبتها في القالعة السلسلية.

٢- اظهرت القالعة الاسطوانية اقل فقد كمي مقارنة بالقالعة السلسلية بفارق يصل الى حد (٢٠ و ٢١%) لكلا الموقعين على التوالي، أي ان نسبة الدرنات المقلوعة في القالعة الاسطوانية اكبر من نسبها في القالعة السلسلية بنفس الفارق.

٣- توصي الدراسة باستخدام القالعة الاسطوانية بدلا من السلسلية لكفاءة عمل نظام فصلها ولما تحققه من اقل فقد كمي ونوعي ولكلا الموقعين، او باجراء تحويرات اضافية الى القالعة السلسلية لترتقي الى المستوى المطلوب من متطلبات الانتاجية المثالية كما ونوعا.

## DEVELOPING THE SEPARATING MECHANIZATION SYSTEM FOR POTATO TUBERS IN LOCALLY DESIGNED & PRODUCED POTATO LIFTER

Arkan Mohammad Amin* Saad Abdul Jabbar AL-Rajaboo
Dept. of Agric. Machines & Equipment, Coll. of Agric. & Forestry, Univ. of Mosul, Iraq

## ABSTRACT

The purpose of this research is to study the effect of introducing a new technique to the lifter used for root crops on the product through adopting a more efficient separation device than the conventional one. This was achieved by using a soil separation device provided with a rotating spiral cylinder as a prototype for separating device. The crop chosen for testing of this technique was potatoes as it is one of the most important and sensitive product to the mechanical effect. This technique was compared with one stage vibrating chain separation lifter (made by the national institution for farming machine production in Algeria, certified by PAM comp. type 1908 – 1/R). The data were subjected to the statistical analyses by using a Randomized Complete Block Design (RCBD) in factorial experiment with three replications. Results of analyses of variance showed a significant difference between the two separation devices of lifting machines in its effects on all the studied properties with better results obtained by the cylindrical lifter on the chain lifter for both locations (Clay soil & Loamy-Sandy Soil). & it recorded (74.13 , 68.66)% for undamaged tubers , (16.19 , 19.71)% slightly damaged tubers , (7.84 , 10.75)% sever damaged tubers & (0.86 , 1.09)% for quantitative loss for both locations respectively

### المصادر

حسن، ناطق صبري و اركان محمد امين صديق ، (٢٠١١). تأثير بعض انواع آلات القلع الميكانيكي على الفقد الكمي والنوعي لمحصول البطاطا في محافظة نينوى. مجلة زراعة الرافدين ٣٩ (٣) .

حسن ، هشام محمود، (١٩٩٠) . فيزياء التربة . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ١١١ – ١١٤ .

حسين ، عواد وماجدة بهجت، (٢٠٠٣). ممارسات التداول بعد الحصاد لامكانيات المحدودة للمحاصيل البستنية الطبعة الرابعة . مركز تكنلوجيا تداول الحاصلات البستانية . كلية الزراع ة ،جامعة الاسكندرية.

صديق ، اركان محمد امين، (١٩٩٨) . تاثير القلع الميكانيكي على الفقد الكمي والنوعي لمحصول البطاطا في محافظة نينوى . رسالة ماجستير ، قسم المكننة الزراعية ، كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل .

عبدالله ، اسماعيل عبدالله اسماعيل، (٢٠٠١) . الفقد الكمي والنوعي لقلع البطاطا ميكانيكيا . رسالة ماجستير ، قسم المكننة الزراعية ، كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل .

النعيمي ، سعدالله نجم عبدالله، (١٩٩٠) . علاقة التربة بالماء والنبات . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ٦٥ – ٧٠ .

Baritelle, A.I., and G.M. Hyde, (1997). A compression of the impact sensitivity of eight potato tuber cultivars. Presented At The 1997 Washington State Potato Conference, Varietal Seminar. Moses W.A. February.

Baritelle, A.L., G.M. Hyde, (1999). Effect of tuber size on failure properties of potato tissue. American Society of Agricultural Engineering, 42(1) : 159-161.

Brook, R.C., (1993). Impact testing of potato harvesting equipment. American Potato Journal, 70(3) : 234-256.

Dean, B.B., N. Jackowiak, M. Nagel, J. Pavek, and D. Corsini, (1993). Blackspot pigment development of resistance an susceptible *Solanum tuberosum* L. genotype at harvest and during storage measured by three methods of evaluation. Am. Potato J., 70(3) : 201-217.

Edward, C.L., (2002). The roles of phellem (Skin) tensile-related fractures and Phellogen Shear-related fracture in susceptibility to tuber-skinning injury and skin-set development. American Journal of Potato Research, 97(4) : 241-248.

Kemp, J.G., G.C. Misener, and W.S. Roach, (1970). Factors influencing potato damage during harvesting in stony fields. Canadian Agricultural Engineering, 12(2) : 71-75.

McGechan, M. B., (1980). An investigation into the damage sustained by different varieties of potatoes during riddling to remove soil. J. Agric. Eng. Res., 25 : 345-353.

McGechan, M.B., (1977). An investigation into the relative effectiveness of various riddling motions for removal of soil from potatoes. J. Agric. Eng. Res., 22 : 229-245.

Nivaa, (1997). Netherlands Catalogue Of Potato Varieties. Nivaa, The Haguem CPRODLO, Wageningen Holland.

Lulai, E.C., and Orr P.H., (1995). Parametric measurements indicate wound severity and tuber maturity affect the early stages of wound-healing. Amer. Potato J., 72 : 225-241.

Misener, G.C. and G.G.C. Tai, (1993). Relative resistance of potato varieties to serious mechanical injury. Canadian Agricultural Engineering, 35(4) : 289-291.

Vatsa, D.K., T.C. Thakur, and S. Bhagwan, (1993). Effect of speed and shape of shares on performance of oscillatory sieve potato digger. Agricultural Mechanization in ASIA, Africa and Latin America, 24(4) : 51-65.