دراسة تأثير الري الناقص والتسميد الآزوتي في بعض المؤشرات الإنتاجية لنبات الذرة الصفراء وتحديد العامل الأكثر تأثيراً بالإنتاجية باستخدام أسلوب تحليل المسار

م. جوليانا حسن[1] أ.د. أحمد الجردي[2] د. أيمن حجازي[3]

(1). طالبة دكتوراه في قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص.

(2). أستاذ دكتور في قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص.

(3). باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إدارة بحوث الموارد الطبيعية، دمشق.

الملخص

أجري البحث في دائرة بحوث الموارد الطبيعية /مركز بحوث حمص/ في المدخل الشمالي لمدينة حمص خلال الموسم الزراعي 2023 –2024، بهدف دراسة تأثير معاملات الري (الري الناقص) والتسميد الآزوتي في بعض المؤشرات الإنتاجية للذرة الصفراء صنف (غوطة 82)، في منطقة حمص، وتحديد أكثر عامل يؤثر بالإنتاجية.

تم تطبيق أربع معاملات ري: الشاهد100%(I_1) من السعة الحقلية، بالإضافة إلى 80% (I_2) ،70% (I_3) ،60% (I_4)) من الشاهد. وإضافة أربع معدلات من السماد الآزوتي الشاهد، (50% (N3) ،75% (N2) ،100% (N1)) من كمية السماد الأزوتي المحسوبة حسب تحليل التربة والتوصية السمادية، والمعاملة (N4) بدون أي كمية مضافة من السماد الأزوتي.

بينت النتائج أن المعاملة I1N1 أعطت أعلى إنتاجية حبية بالمقارنة بين بقية المعاملات، وبفروق معنوية حيث أعطت (4.817) طن/هـ، في حين أعطت المعاملة I4N4 أقل إنتاجية بالمقارنة بين كافة المعاملات بإنتاجية قدرها (1.89) طن/هـ، وانخفضت الإنتاجية بانخفاض

معدلات الري والتسميد. كما وجد أنه بتطبيق المعاملة I2N1 يمكن توفير 20% من كمية مياه الري مع إعطائها إنتاجية (4.37) طن/هـ، وبتطبيق المعاملة I1N2 يمكن توفير 25% من السماد الآزوتي مع إعطاء إنتاجية (4.107) طن/هـ.

كما تم حساب معامل المسار بين المتغيرات المستقلة (الصفات المدروسة) مع المتغير التابع (الغلة الحبية)، ووجد أن أعلى معامل مسار كان لصفتي عدد الحبوب بالصف ووزن مئة حبة، بقيم مقدارها (0.473 و 0.383) على التوالي، أي أن هاتين الصفتين الأكثر تأثيراً بالغلة. كما وجد أن حجم التأثير (f^2) لصفتي عدد الحبوب بالصف ووزن مئة حبة بالغلة كان قوياً، بقيم قدرها (36.3 و42.7%) على التوالي.

كلمات مفتاحية: الري الناقص، التسميد الآزوتي، الذرة الصفراء، المؤشرات الإنتاجية، تحليل المسار.

A study of the effect of deficit irrigation and nitrogen fertilization on some productivity indicators of maize crop and identifying the most influential factor on productivity using path analysis.

Abstract

The research was conducted at the Natural Resources Research Department /Homs Research Center/ at the northern entrance to the city of Homs during the 2023-2024 agricultural season, with the aim of studying the effect of irrigation treatments (deficient irrigation) and nitrogen fertilization on some productivity indicators of yellow corn variety (Ghouta 82), in the Homs region, and identifying the most influential factor on productivity.

Four irrigation treatments were applied: control (100% I1) of field capacity, plus 80% I2, 70% I3, and 60% I4 of the control. Four rates of nitrogen fertilizer were added: control (50% N3), 75% N2, and 100% N1 of the nitrogen fertilizer quantity calculated according to soil analysis and fertilizer recommendation, and treatment (N4) without any added nitrogen fertilizer.

The results showed that treatment I1N1 yielded the highest grain productivity compared to the other treatments, with a significant difference of 4.817 tons/ha. Treatment I4N4 yielded the lowest productivity compared to all treatments, at 1.89 tons/ha. Productivity decreased with decreasing irrigation and fertilization rates. It was also found that applying treatment I2N1 could save 20% of irrigation water while yielding 4.37 tons/ha, and applying treatment I1N2 could save 25% of nitrogen fertilizer while yielding 4.107 tons/ha.

The path coefficient was also calculated between the independent variables (the studied traits) and the dependent variable (grain yield). The highest path coefficients were found for the traits of number of grains per row and hundred-grain weight, with values of 0.473 and 0.383, respectively, indicating that these two traits had the greatest impact on yield. The effect size (f^2) for the traits of number of grains per row and hundred-grain weight on yield was also found to be strong, with values of 36.3% and 42.7%, respectively.

Key words: Deficit irrigation, Nitrogen fertilization, maize, productivity indicators, path analysis.

مقدمة:

يُعد الماء من أهم عناصر الإنتاج الزراعي، ويمثل عنصر التحدي الأكبر في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تتسم هذه المناطق بندرة الأمطار وارتفاع معدلات التبخر، مما يقلل من فرص الزراعة التقليدية، ويستدعي البحث عن استراتيجيات ذكية وفعّالة لإدارة المياه . في هذا الإطار، يُعتبر نظام الري الناقص (Deficit Irrigation) إحدى الاستراتيجيات الهامة التي تهدف إلى زيادة كفاءة استخدام المياه، من خلال تزويد النباتات بكميات أقل من احتياجاتها من المياه خلال مراحل نموها المختلفة، بحيث تتعرض هذه النباتات إلى درجة بسيطة من الإجهاد المائي، يكون تأثيره في المردود ونوعية الناتج الزراعي في حدود مقبولة، أي القبول بانخفاض معين في المردود، مقابل الحفاظ على الموارد المائية المتاحة (حسن وآخرون،2022). وقد أظهرت العديد من الدراسات أن تطبيق الري الناقص بشكل مدروس، يمكن أن يحافظ على إنتاجية مقبولة للمحاصيل، ويوفر كميات كبيرة من المياه، يمكن استخدامها في ري محاصيل إضافية أو في مواسم جفاف لاحقة (Geerts & Raes, 2009 ؛ Sadras & Angus, 2006).

تتعلق الاحتياجات المائية للمحصول بعدة عوامل، منها الظروف المناخية السائدة، وطبيعة المحصول، والصنف ونوع التربة وقابلية التربة على مسك الماء وخصائصها الأخرى، وتؤثر رطوبة التربة ضمن المنطقة الجذرية في مقدار التبخر- نتح، فنظراً لأهمية الماء القصوى في الإنتاج الزراعي، فإنه لاستمرار الزراعة المنتظمة لابد من المحافظة على مستوى الرطوبة الأرضية داخل منطقة الانتشار الجذري عند الحدود الملائمة لنمو وإنتاج المحصول (عبد المنعم، 2001).

يعد محصول الذرة الصفراء مناسباً لتطبيق الري الناقص، إما خلال موسم النمو أو في مراحل نمو محددة مسبقاً، كونه محصول صيفي يتطلب كمية زائدة من مياه الري، وتختلف استجابة الغلة اعتماداً على حساسية المحصول في مرحلة النمو المحددة تلك، لذلك فإن توقيت تطبيق الري الناقص بشكل مناسب، هو أداة لجدولة الري عندما تكون إمدادات المياه محدودة (FAO.2002).

وبالإضافة لإدارة المياه، لا يقل عنصر التسميد، وتحديدًا التسميد الأزوتي، أهمية عن الماء في تحديد إنتاجية المحاصيل. فالنيتروجين يُعد عنصرًا أساسياً في بناء الأحماض الأمينية

والبروتينات، ويلعب دورًا مركزيًا في نمو النبات وتطوره. إلا أن الكفاءة المنخفضة لاستخدام النيتروجين في الأنظمة الزراعية التقليدية، قد تؤدي إلى خسائر كبيرة، سواء من الناحية الاقتصادية أو البيئية، حيث يؤدي الإفراط في التسميد إلى تسرب النترات إلى المياه الجوفية، وتزايد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (Hatfield and Prueger, 2004 ؛ Zhang *et al.*, 2023 ؛ Li *et al.*, 2021). لذلك، فإن تحسين كفاءة استخدام النيتروجين من خلال التسميد المتوازن والمناسب للظروف البيئية، يعتبر من الإجراءات الأساسية في الإدارة المستدامة للزراعة.

يعد نبات الذرة الصفراء من المحاصيل المهمة، وهو ينتمي إلى العائلة الفصيلة النجيلية Poaceae التي تضم عدداً من الأجناس أكثرها أهمية الجنس *zea* الذي يضم نوعاً مزروعاً هو الذرة الصفراء *Zea mays L.* (OECD,2003)، وتعد أمريكا الجنوبية والوسطى الموطن الأصلي لهذا النبات (Rhodes,2006). يحتل محصول الذرة الصفراء المرتبة الثالثة على مستوى العالم بعد القمح والأرز من حيث المساحة المزروعة والانتاج، حيث قدرت المساحة المزروعة عالمياً عام 2012 بنحو 177 مليون هكتار بإنتاج بلغ 875 مليون طن، وبغلة بنحو4.944 طن/هكتار (نمر والحصري،2015).

وتحتل الذرة الصفراء في سوريا المركز الثالث بعد القمح والشعير من حيث المساحة المزروعة، ومن حيث الإنتاج حيث بلغت عام 2023 نحو(78) ألف هكتار بإنتاج بلغ(562) ألف طن والإنتاجية نحو(7.1) طن/هكتار (المجموعة الاحصائية الزراعية،2023).

بين (Igbadun *et al.*,2008) إن تطبيق الري الناقص على محصول الذرة (قطع الري في بعض مراحل النمو للمحصول) في أي مرحلة من مراحل النمو، أثر على إنتاج الحبوب ولم يظهر تأثيراً كبيراً على إنتاج الكتلة الحيوية، حيث تراوحت غلة المادة الجافة بين 6966 و 12672 كغ/ هكتار. في حين أثر الري الناقص الذي امتد عبر مرحلتين أو أكثر من مراحل النمو، على كل من الكتلة الحيوية وإنتاج الحبوب بشكل كبير، حيث أدى إلى انخفاض الكتلة الحيوية والإنتاجية، لم تلاحظ فروق معنوية في إنتاجية المادة الجافة، حيث تراوحت القيم بين (11939.2 و10361.2 كغ/ هـ مادة جافة) وبدون فروق معنوية في المعاملات (الشاهد بدون قطع ريات

وإيقاف الري كل أسبوعين في المرحلة الخضرية، وإيقاف الري كل أسبوعين في مرحلة الإزهار، و إيقاف الري كل أسبوعين في مرحلة امتلاء الحبوب)، بينما وجدت فروق معنوية بين كافة المعاملات في متوسط إنتاجية الحبوب، حيث تراوحت القيم بين (3831.7 و1709.5 كغ/هـ إنتاجية حبوب). كما أن كفاءة استخدام مياه الري تأثرت بشدة بعدد مراحل النمو التي تم فيها تطبيق الري الناقص، وقد تحسنت كفاءة استخدام مياه الري في مرحلة النمو الخضري.

بينت نتائج (زينو وآخرون،2007) في بحث أجري في سورية في منطقة حمص، لدراسة تأثير مستويات مختلفة من الري(100 و75 و 50 و25% من الاحتياج المائي) في الغلة الحبية ودليل المسطح الورقي لبعض الطرز الوراثية من الذرة الصفراء، أن أعلى قيمة لدليل المسطح الورقي كانت لمعاملة الري 100% بقيمة (5.474)، وتناقصت القيمة بانخفاض مستوى الري، حيث في المعاملة 75% كان دليل المسطح الورقي فيها(4.796) وبقية المعاملات أعطت (3.798 و 3.048) للمعاملات (50% و 25%) على التوالي وكانت الفروق معنوية بين كافة المعاملات، وتبين أن إعطاء محصول الذرة الصفراء 75% من احتياجه المائي، يوفر كمية من المياه يمكن استخدامها في أغراض التوسع الزراعي.

أظهرت نتائج (شعبان ومهنا،2016) بحث أجري في محافظة طرطوس بمنطقة الشيخ بدر، لدراسة تأثير الكثافة النباتية والتسميد الأزوتي في نمو وإنتاجية طرز من الذرة الصفراء، زيادة الغلة الحبية مع زيادة معدلات التسميد الأزوتي، حيث بلغت عند الشاهد 5.73 طن/هـ وارتفعت إلى 7.26 طن/هـ، كما وجد أن ارتفاع النبات اختلف تبعاً لمعدلات التسميد الأزوتي، إذ لوحظ ازدياد الارتفاع مع تزايد معدلات التسميد الأزوتي.

وجد باحثون (Li *et al.*,2022) عند تطبيق مستويات مختلفة من الري والتسميد الأزوتي، أن الري بـ 300 مم والتسميد الأزوتي 150 كغN/هـ، يعتبر نهجاً واعداً لتقليل كميات المياه والأزوت المضافة والحصول على إنتاجية مقبولة.

كما أظهرت نتائج (Ran *et al.*,2023) عند قياس إنتاجية المياه والنتروجين للذرة الصفراء تحت ظروف الإجهاد المائي والأزوتي، أن الإجهاد المائي كان تأثيره أكبر من الإجهاد الآزوتي على نمو وإنتاجية الذرة الصفراء.

أظهر (Hatfield and Dold, 2018) أن تحليل العوامل التي تسبب فجوة الغلة، يمكن أن تكون أداة قيمة لتقييم العوامل المؤثرة على الإنتاجية، وتحسين استراتيجيات الإدارة لزيادة الغلة على مستوى الحقل.

مبررات البحث وأهدافه:

يعد نبات الذرة الصفراء من المحاصيل المحبة للماء ويحتاج لكميات كبيرة من المياه، ونتيجة أزمة المياه التي تمر بها المنطقة، لابد من تبني تقانات الري الحديث والري الناقص الذي يعد أمراً ضرورياً لعملية التنمية الزراعية المستدامة، كما ويعد السماد الآزوتي من أكثر الأسمدة استخداماً في الزراعة لزيادة إنتاج المحاصيل. على الرغم من ارتباط الإضافات الكبيرة بتلوث التربة والمياه والبيئة، فاستعمال الأسمدة يجب أن يخضع لمعايير علمية محسوبة، فلكل محصول حاجة معينة من العناصر المغذية، ويعتبر الري والتسميد الآزوتي من أهم عمليات الإدارة التي تؤثر في إنتاجية محصول الذرة الصفراء، إلا أن سوء الإدارة يؤدي إلى انخفاض الكفاءة الإنتاجية وزيادة الهدر في الموارد.

يهدف البحث إلى دراسة تأثير معاملات الري والتسميد الآزوتي في إنتاجية محصول الذرة الصفراء باستخدام تحليل المسار، لتحديد العوامل الأكثر تأثيراً في الغلة، وبالتالي تقليص فجوة الغلة.

مواد البحث وطرائقه:

نفذ البحث في الموسم الزراعي 2023 في دائرة بحوث الموارد الطبيعية /مركز بحوث حمص/، التي تقع في المدخل الشمالي لمدينة حمص، على ارتفاع 490 متر عن سطح البحر، وعلى خط طول 36:43 شرقاً وخط عرض 34:45 شمالاً، ويبلغ معدل الأمطار فيها بحدود 470 مم سنوياً، وتبلـغ مساحتها الإجمالية 42 دونماً، ويعرض الجدول رقم(1) بعض العناصر المناخية السائدة خلال موسم الدراسة.

الجدول (1): المعطيات المناخية خلال موسم الدراسة.

الشهر	درجة الحرارة العظمى مْ	درجة الحرارة الدنيا مْ	الرطوبة النسبية العظمى%	الرطوبة النسبية الدنيا%
تموز	34.70	22.20	77.77	30.90
آب	34.97	23.00	87.03	37.84
أيلول	32.70	20.36	88.20	30.93
تشرين الأول	28.29	16.73	87.29	41.13

مديرية الأرصاد في محطة الدوير بحمص (2023).

تتصف تربة موقع الدراسة بأنها طينية، وذات pH قلوي، غير مالحة ومتوسطة المحتوى من الكربونات الكلية، وجيدة المحتوى من المادة العضوية، وذات محتوى متوسط– جيد من الأزوت المعدني والبوتاسيوم المتاح وغنية بالفوسفور والجدول رقم (2) يبين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

الجدول (2): يبين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع العمق (0–30 سم).

التركيب الميكانيكي %			قوام التربة	pH (1:5)	EC (dS/m)	كربونات الكالسيوم%	مادة عضوية%	أزوت معدني مغ/كغ	فوسفور متاح مغ/كغ	بوتاسيوم متاح مغ/كغ
رمل	سلت	طين								
27.6	13.2	59.2	طيني	8.37	0.2	20.34	2.45	17.71	17.4	222.25

المعاملات المدروسة:

تم تنفيذ التجربة وفق تصميم قطع منشقة بثلاثة مكررات، تكون فيها معاملات الري (مستويات الري الأربع) الشريط الرئيسي للتصميم وتتوزع ضمن كل شريط من شرائط الري معاملات السماد وفق أربعة مستويات من السماد الآزوتي كمايلي:

(I1) معامل الري الكامل(100%) بدون إجهاد مائي حيث تم تعويض كامل الرطوبة المستنزفة من التربة عند انخفاض رطوبة السعة الحقلية إلى 80% .

(I2) معامل الري الناقص حيث تم تعويض(80%) من قيمة الرية الكاملة.

(I3) معامل الري الناقص حيث تم تعويض(70%) من قيمة الرية الكاملة.

(I4) معامل الري الناقص حيث تم تعويض(60%) من قيمة الرية الكاملة.

(N1) 100% والتي تمثل كامل كمية السماد الأزوتي المحسوبة حسب تحليل التربة والتوصية السمادية.

(N2) 75% من كمية السماد الأزوتي المحسوبة من المعاملة الأولى.

(N3) 50% من كمية السماد الأزوتي المحسوبة من المعاملة الأولى.

(N4) تبقى بدون أي كمية مضافة من السماد الأزوتي.

حيث تم دراسة التداخل بين عاملي الري والتسميد، وتمثل معاملة الشاهد (الري الكامل مع كمية السماد الموصي بها) حالة النمو بدون أي إجهاد مائي أو آزوتي، وهي المعاملة التي تعطي معايير النمو لمحصول الذرة غير المقيد بأي إجهاد.

تم زراعة صنف الذرة الصفراء المحلي (غوطة82)، وهو صنف تركيبي متوسط التبكير في النضج يصلح للزراعة التكثيفية، عمر النبات الكامل 115–125 يوم للحصول على انتاج حبي (عويل، 2008).

تم زراعة البذور بتاريخ 2023/7/4، وتم تقسيم المساحة المخصصة للتجربة والمحضرة تحضيراً جيداً للزراعة إلى (48) قطعة تجريبية، حيث كانت مساحة القطعة التجريبية (3.5x4) م2، تم زراعة الذرة الصفراء بواقع خمسة خطوط لكل قطعة تجريبية والمسافة بين الخط والآخر 70 سم والمسافة بين النباتات 30 سم، تم ترك مسافات حماية 3 م بين القطع التجريبية وترك نطاق خارجي حول التجربة 3 م.

كما تم القيام بالعمليات الزراعية الأساسية من حراثة الأرض وتخطيطها ثم زراعة البذار يدوياً وتم ري رية إنبات، وبعد انبات البذور تم القيام بترقيع النباتات غير النابتة، ومن بعدها تم القيام بعملية العزيق والتعشيب والتحضين، وتم مكافحة الآفات والتسميد حسب التوصية السمادية، وتم الحصاد بتاريخ 2023/10/17.

تم ري المعاملات من مياه بئر موجود بمكان تنفيذ التجربة، وتم تقدير رطوبة التربة بالطريقة الوزنية وتم جدولة الري على أساس حوض التبخر كلاس A حيث تم تتبع التبخر بشكل يومي، وعند وصول الرطوبة في معاملة الشاهد لمستوى أدنى مقداره 80% من السعة الحقلية تم ري كافة المعاملات المائية بوقت واحد وكل منها حسب النسبة المقررة.

طريقة الري: تم تركيب شبكة تنقيط من النموذج GR من البولي إيتيلين قطره 16 مم، والمصمم بنقاطات داخلية تصريف الواحدة منها نظرياً 4 ل/سا، وبتباعد 40 سم بين النقاطة والأخرى، حيث تم تركيب على كل صف من النباتات خط ري واحد، وتم فصل المعاملات المائية عن بعضها بصمامات بولي إيتيلين من قياس الشبكة تفتح وتغلق عند الحاجة، حيث يتم فتح الصمامات الخاصة لكل معاملة حسب المدة المقررة للري والتي يتم حسابها بالشكل التالي:

حساب كمية المياه اللازمة:

تم حساب كمية مياه الري اللازمة لري الشاهد (100%) من العلاقة:

$$\boldsymbol{m = 100 \times h \times \alpha \times (w_1 - w_2)}$$

حيث:

$\boldsymbol{m}$: كمية مياه السقاية مقدرة ($م^3/هـ$)

$\boldsymbol{h}$: العمق الفعال لجذور النبات (م)(العمق 45 سم بداية عمر النبات ثم بعد شهر للعمق 75 سم)

$\boldsymbol{\alpha}$: الكثافة الظاهرية للعمق المطلوب

$\boldsymbol{w_1}$: رطوبة السعة الحقلية (% وزناً)

$\boldsymbol{w_2}$: الرطوبة الحالية للتربة (رطوبة الحد الأدنى للشاهد) (% وزناً)

وتحسب كميات مياه الري اللازمة لري باقي المعاملات بضرب كمية الري اللازمة للشاهد بالنسبة المئوية المقررة لكل معاملة (0.8 – 0.7 – 0.6).

القراءات والمؤشرات المدروسة:

- دليل المسطح الورقي: تم حسابها وفق المعادلة التالية (بله،1996):

$$\text{دليل المسطح الورقي} = \frac{\text{طول الورقة} \times \text{عرض الورقة} \times \text{عدد الأوراق} \times 0.75}{\text{المساحة التي يشغلها النبات}}$$

علماً أن 0.75 ثابت تحويل ورقة الذرة الصفراء، وقد أخذت القراءة لمتوسط خمس نباتات عدا النباتات الطرفية وذلك بقياس العرض الأعظمي للورقة وقياس طول الورقة من الساق حتى قمة الورقة.

- ارتفاع النبات (سم): قياس ارتفاع النبات من قاعدة النبات عند سطح التربة وحتى بداية قاعدة النورة المذكرة، وأخذ متوسط خمسة نباتات بالقطعة مع استبعاد النباتات الطرفية.

- طول العرنوس (سم): حسب طول العرنوس من قاعدته حتى قمته.

- قطر العرنوس (سم): حسب باستخدام جهاز (البيكوليس) وأخذ القياس على الثلث السفلي من العرنوس (من جهة القاعدة).

- وزن 100 حبة (غ): تم وزن مئة حبة لثلاثة مكررات من كل معاملة وحساب المتوسط.

- الغلة الحبية (طن/هكتار): تم حصاد النباتات الناضجة باليد عندما ظهرت علامات نضج المحصول، وذلك عند اصفرار الأوراق والساق، وجفاف الحبوب وتصلبها ومقاومتها للضغط بالظفر، وظهور طبقة سوداء عند اتصال قمة الحبوب بالقولحة، من ثم تم تقشير العرانيس وتجفيفها بأشعة الشمس، ثم فرطت الحبوب يدوياً وتم غربلتها وتنقيتها، ووزنت الحبوب النظيفة، بعدها قدرت الغلة الحبية بـ (طن/هكتار).

تحليل النتائج:

تم تحليل التجربة إحصائياً باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (12th Edition Genstat) في تحليل التباين للبيانات ومقارنة المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي L.S.D 5%، كما تم استخدام أسلوب تحليل المسار Path analysis باستخدام البرنامجين الإحصائيين Smart–PLS و Amos، والذي يعتمد فيهما أسلوب تحليل المسار على وجود نماذج سببية، ويفترض كل منهما وجود علاقة خطية بين السبب والنتيجة من خلال تحليل معاملات الارتباط بين أي متغيرين، إلى تأثيرات مباشرة وغير مباشرة يبينان التأثير الكلي المشترك للصفات المستقلة على الغلة الحبية، مما يمكن من إعطاء تفسيرات أكثر وضوحاً وأهمية من خلال نتائجه. حيث تم فحص فرضيات العلاقات بين الصفات المستقلة المكونة للغلة الحبية، مع الغلة الحبية عن طريق حساب معامل المسار وفق تقنية بوتستراب Hypotheses Test of Path Analysis لحساب: معامل التحديد Coefficient of determiniation(R^2) ، وحساب حجم التأثير Effect size (f^2) ، قدرة موديل معامل المسار على التنبؤ في قياس الغلة الحبية Predictive Relevance(Q^2).

وتعتبر تقنية بوتستراب أسلوب إحصائي لإعادة أخذ العينات (مثل التأثيرات المباشرة وغير المباشرة)، دون افتراض التوزيع الطبيعي للبيانات، مما يعطي فترات ثقة أكثر دقة (Confindence Intervals)، وطور هذه التقنية العالم (Efron) عام (1979)، كما تم استخدام هذه التقنية في عدة أبحاث حيث وجد (Dalposso *et al.*,2016) أنه عند استخدامها في مجال تحليل إنتاجية المحاصيل لتحسين نماذج الانحدار الإحصائي، ساعدت في اختيار المتغيرات الأكثر تأثيراً في الإنتاجية، بالإضافة إلى تقدير فترات الثقة بشكل أدق.

النتائج ومناقشتها:

1- تأثير معاملات الري والتسميد في إنتاجية الذرة الصفراء:

يبين الجدول (3) أن المعاملة I1N1 أعطت أعلى إنتاجية حبية بالمقارنة بين بقية المعاملات وبفروق معنوية حيث أعطت (4.817) طن/هـ، في حين أعطت المعاملة I2N1 إنتاجية وقدرها (4.37) طن/هـ وبفروق معنوية مع بقية المعاملات، أما المعاملة I4N4 فقد أعطت أقل إنتاجية بالمقارنة بين كافة المعاملات. كما لوحظ أن الإنتاجية تنخفض بانخفاض معدل التسميد الآزوتي وذلك لكل مستوى من الري.

الجدول (3): تأثير معاملات الري والتسميد في الإنتاجية.

المعاملات		الإنتاجية (طن/هـ)
الري الناقص	التسميد الآزوتي	
I100	N100	4.817^{a}
	N75	4.107^{c}
	N50	3.85^{d}
	N0	3.24^{h}
I80	N100	4.37^{b}
	N75	3.70^{de}
	N50	3.483^{fg}
	N0	2.91^{i}
I70	N100	4.18^{c}
	N75	3.55^{ef}
	N50	3.34^{gh}
	N0	2.79^{i}
I60	N100	2.837^{i}
	N75	2.397^{j}
	N50	2.277^{j}
	N0	1.89^{k}
L.S.D 5%		**0.1849**
C.V		**3.3**

2- علاقة الصفات المكونة للغلة بتغير مستويات الري والتسميد الآزوتي:

يبين الجدول (4) تأثير الري الناقص ومستويات من التسميد الآزوتي في المؤشرات الإنتاجية المكونة للغلة، حيث وجد أنه بزيادة كميات الري تزداد الغلة، حيث يعتبر الري من أهم العوامل المحددة للإنتاج، كما أن زيادة معدل التسميد الآزوتي المضاف يلعب دوراً أيضاً في زيادة الغلة، حيث لوحظ انخفاض الإنتاجية بانخفاض معدلات الري والتسميد الآزوتي، وكانت استجابة النبات لمعدلات التسميد الآزوتي المضاف أعلى عند مستويات الري العالية، وذلك مقارنة مع مستويات الري المنخفضة.

الجدول (4): تأثير مستويات الري والتسميد الآزوتي في الصفات المكونة للغلة.

المعاملات		دليل المسطح الورقي	ارتفاع النبات (سم)	طول العرنو س (سم)	عرض العرنو س (سم)	عدد الصفوف	عدد الحبوب بالصف	وزن مئة حبة (غ)
الري الناقص	التسميد الآزوتي							
I100	N100	3.50^{a}	179^{a}	22^{a}	4.170^{a}	18.3^{a}	41.3^{a}	29.1^{a}
	N75	3.21^{bc}	178.7^{a}	21^{ab}	4.173^{a}	17.7^{a}	40.3^{a}	26.2^{bc}
	N50	2.87^{efg}	172.7^{ab}	20.3^{b}	4.170^{a}	16.7^{b}	40.7^{a}	24.2^{de}
	N0	2.78^{fgh}	170.7^{ab}	20^{bc}	3.7^{b}	16.3^{b}	40.3^{a}	19.5^{ij}
I80	N100	3.36^{ab}	172.5^{ab}	22^{a}	4.003^{a}	16.5^{b}	40^{a}	27.6^{b}
	N75	3.077^{cd}	171^{ab}	20^{bc}	4^{a}	16^{b}	38^{b}	25.2^{cd}
	N50	2.75^{gh}	166.2^{bcd}	20^{bc}	3.2^{c}	15^{c}	37^{bc}	23.4^{ef}
	N0	2.65^{hi}	164.5^{bcd}	19^{cd}	3^{cd}	14^{d}	34^{ef}	19^{ij}
I70	N100	3.20^{bc}	168^{bc}	22^{a}	4^{a}	16^{b}	38^{b}	27.2^{b}
	N75	2.937^{def}	165^{bcd}	21^{ab}	4^{a}	15^{c}	36^{cd}	24^{de}
	N50	2.61^{hij}	160^{cde}	20^{bc}	3^{cd}	14^{d}	35^{de}	23^{ef}
	N0	2.52^{ij}	158^{def}	18.8^{d}	3^{cd}	14^{d}	33^{fg}	18.1^{j}
I60	N100	3.00^{de}	158^{def}	20^{bc}	3.5^{b}	14^{d}	32^{gh}	22^{fg}
	N75	2.75^{gh}	155^{efg}	19^{cd}	3.5^{b}	14^{d}	31^{h}	21.3^{gh}
	N50	2.45^{jk}	150^{fg}	16^{e}	2.997^{cd}	13^{e}	29^{i}	20^{hi}
	N0	2.30^{k}	148^{g}	15^{e}	2.803^{d}	12^{f}	28^{i}	15^{k}
L.S.D 5%		**0.1716**	**9.102**	**1.1087**	**0.2214**	**0.8512**	**1.911**	**1.436**
C.V		**3.6**	**3.3**	**3.4**	**3.7**	**3.4**	**3.2**	**3.8**

3- تحليل مسار غلة الذرة الصفراء (غوطة 82):

تقوم فكرة معامل المسار على حساب نسبة التباين في المتغير التابع (الغلة الحبية)، الذي قامت بتفسيره الصفات المستقلة عن طريق قياس الأثر المباشر للصفة المستقلة، بجزء الانحراف المعياري للمتغير التابع والذي يعود للصفة المستقلة، يقوم البرنامج الاحصائي Amos بحساب معامل المسار وفق مخطط المسار الموضح بالشكل رقم (1)، الذي يمثل العلاقات السببية بين الصفات المستقلة مع المتغير التابع، وكذلك علاقات الارتباط بين الصفات المستقلة بعضها ببعض، في نموذج افتراضي يمثل حالة من حالات نمذجة المعادلات الهيكلية بصورة رسم بياني.

الشكل (1): يبين شكل معامل المسار بين مكونات الغلة والانتاج الحبي ببرنامج Amos.

حيث الإنتاجية Y، دليل المسطح الورقي FB، ارتفاع النبات H، طول العرنوس LC، عرض العرنوس WC، عدد الصفوف NOR، عدد الحبوب بالصف NOP، وزن مئة حبة W.

على الرغم من أن نتائج اختبار الفرضية الصفرية الواردة في الجدول رقم (4) أشارت إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات الصفات المدروسة، وهذه الفروق لا تعزى الى الصدفة أو خطأ المعاينة، أي أن المتغيرات المستقلة (الصفات المدروسة) لها أثر في المتغير التابع (الغلة الحبية)، لكن و بسبب علاقة الدلالة الإحصائية بحجم العينة من جهة وارتباط الصفات المستقلة ارتباطاً خطياً ببعضها mulicollinerity، فإن اختبار الدلالة الإحصائية ليس مقياساً كافياً لقياس مدى تأثير الصفات المستقلة بالصفة التابع (الغلة الحبية)، وبالتالي قد تكون تلك الفروقات دالة من الناحية الإحصائية لكنها غير دالة من الناحية العملية، مم استوجب بالضرورة استخدام مفهوم آخر وهو الدلالة العملية للنتائج أو ما يسمى بحجم الأثر، حيث تم فحص الدلالة العملية من خلال أساليب إحصائية معينة بالبرنامج الاحصائي (Smart–PLS) لفحص الدلالة العملية للنتائج، بحيث تكون مكملة لتلك النتائج التي تم الحصول عليها من الاختبارات الإحصائية، في البداية تم حساب أوزان الانحدار القياسية لتلك الصفات بعد عزل الارتباط الخطي بين الصفات المستقلة، عن طريق حساب معامل المسار باستخدام البرنامج الاحصائي (Amos)، وقد بينت نتائج تحليل المسار في الجدول رقم (5) قبول الفرضيات H1 و H4 و H7 والتي تؤكد وجود علاقات معنوية بين صفة كل من عدد الحبوب بالصف و وزن مئة حبة مع الغلة الحبية. وعدم وجود علاقة معنوية بين بقية الصفات مع الغلة الحبية، رغم كون الفرق بين المتوسطات دال إحصائيا، حيث أظهرت نتائج نموذج المعادلات الهيكلية (SEM) أن متغير عدد الحبوب بالصف، سجل أعلى معامل تأثير معياري موجب على الغلة، حيث بلغ (ß=0.473) مما يشير إلى دوره المحوري في تفسير التباين في الإنتاجية. كما أظهر متغير وزن مئة حبة تأثيراً إيجابياً قوياً نسبياً (ß=0.383).

في المقابل لوحظ أن متغيري ارتفاع النبات وعدد صفوف العرنوس سجلا أقل معامل تأثير، مما يدل على أن تأثيرهما على الغلة يصبح ثانوياً عند إدراجهما ضمن نموذج متعدد المتغيرات يحتوي على خصائص فيزيولوجية وبنيوية أكثر ارتباطاً مباشرة بالإنتاج.

الجدول (5): معامل المسار لفرضيات الدراسة التي تبين علاقة الصفات المستقلة وتأثيرها على الغلة الحبية.

الفرضية	العلاقات بين الصفات المستقلة والغلة الحبية	معامل المسار STD ß	الانحراف المعياري STD dev	Tالجدولية T value	الاحتمالية P value	النتيجة
H1	دليل المسطح الورقي	0.217	0.12	1.806	0.071	رفض
H2	ارتفاع النبات (سم)	0.018	0.085	0.206	0.837	رفض
H3	طول العرنوس (سم)	0.069	0.093	0.743	0.457	رفض
H4	عدد الحبوب بالصف	0.473	0.137	3.461	0.001	قبول
H5	عدد صفوف العرنوس	0.03	0.154	0.196	0.844	رفض
H6	عرض العرنوس (سم)	−0.146	0.088	1.669	0.095	رفض
H7	وزن مئة حبة (غ)	0.383	0.09	4.241	0	قبول

ومن ثم تم حساب معامل التحديد Coefficient of determination (R^2)، والمبين في الجدول رقم (6) من خلال برنامج Smart–PLS، حيث قام بقياس قدرة النموذج المعبر عن تفسير معنوية الصفات السابقة في تباين المتغير التابع (الغلة الحبية)، وفق تقنية بوتستراب Bootstrapping وبلغت قيمة معامل التحديد (92.3%)، وهي قيمة عالية حسب Chin (1998).

الجدول (6): قيمة معامل التحديد Coefficient of Determination (R^2).

بناء العلاقات	معامل التحديد R^2	النتيجة
الغلة الحبية (طن/هـ)	0.923	عال

Chin (1998)

R^2 > 0.67: عال / 0.67>R^2 >0.33 متوسط / 0.33> R^2>0.19 ضعيف / 0.19>R^2 غير مقبول

ولحساب حجم تأثير هذه الصفات في تفسير تباين الغلة الحبية، تم حساب حجم التأثير Effect size(f^2) والمبين في الجدول رقم (7)، والذي بين أن حجم الأثر لصفة عدد الحبوب بالصف ووزن مئة حبة، كان الأعلى في تفسير تباين الغلة الحبية ضمن ظروف التجربة نتيجة الاجهاد الرطوبي والخصوبي لصنف الذرة الصفراء (غوطة 82) خلال موسم التجربة، وبلغ حجم تأثيرهما (36.3 و 42.7 %) على التوالي، وكان حجم التأثير لهاتين الصفتين قوياً حسب Cohen (1981).

الجدول (7): قيمة حجم تأثير كل صفة مستقلة على حده مع الغلة.

الفرضية	الصفات المستقلة	حجم التأثير(f^2)	النتيجة
H4	عدد الحبوب بالصف	0.363	قوي
H7	وزن مئة حبة	0.427	قوي

Cohen (1981):

f^2 > 0.35: تأثير قوي / 0.35>f^2>0.15 متوسط / 0.15>f^2>0.02 ضعيف / 0.02>f^2 غير مقبول

وقد بلغت قدرة هذا النموذج والذي يعتبر الغلة الحبية كمتغير تابع تفسره المكونات الإنتاجية (عدد الحبوب بالصف، وزن مئة حبة)، على التنبؤ في قياس التغير في الغلة الحبية وتكرار الصدق لهذا النموذج Goodness of Fit حسب تحليل Blind–folding في Smart–PLS (90.8%)، وهذا ما يتفق مع نتائج أبحاث سابقة (Tollenaar and lee,2002) التي أكدت أن عدد الحبوب بالصف أهم المكونات الإنتاجية المساهمة في تكوين الغلة، وتتفق مع نتائج (Tejaswini *et al*.,2022) الذي وجد ارتباطاً وتأثيراً مباشراً لعدد الحبوب بالصف ووزن مئة حبة بالغلة، مع الإشارة إلى الأهمية الكبيرة لهذه الصفات كمكونات إنتاجية أساسية في الذرة الصفراء.

الاستنتاجات:

1- انخفاض الإنتاجية للذرة الصفراء بانحفاض معدلات الري والتسميد الآزوتي.
2- وجود علاقات ارتباط معنوية بين صفة كل من عدد الحبوب بالصف، وزن مئة حبة مع الغلة الحبية.
3- كانت قدرة النموذج المعبر عن تفسير معنوية صفات عدد الحبوب بالصف، وزن مئة حبة في تباين المتغير التابع (الغلة الحبية) وفق تقنية بوتستراب Bootstrapping عالية بقيمة معامل التحديد وقدرها (92.3%).
4- وجد أن حجم الأثر f^2 لصفة عدد الحبوب بالصف ووزن مئة حبة كان الأعلى في تفسير تباين الغلة الحبية ضمن ظروف التجربة نتيجة الاجهاد الرطوبي والخصوبي لصنف الذرة الصفراء (غوطة 82) بقيم قدرها (36.3 و 42.7 %) على التوالي وكان حجم التأثير لهاتين الصفتين قوياً.

المقترحات:

تحسين صفة عدد الحبوب بالصف ووزن مئة حبة باعتبارهما أكثر مكونات الغلة تأثيراً لمحصول الذرة الصفراء، وذلك من خلال إدارة مثلى للري والتسميد الآزوتي بما يضمن تقليل الإجهاد خلال مرحلتي الإزهار وامتلاء الحبوب.

المراجع:

1- بله، عدنان 1996. فيزيولوجيا نباتات المحاصيل الحقلية – منشورات جامعة تشرين – كلية الزراعة.

2 – حسن، جوليانا والجردي، أحمد وخزام، بشرى 2022. تأثير الري الناقص في بعض المؤشرات الإنتاجية للذرة الصفراء العلفية في منطقة حمص- مجلة جامعة حمص-المجلد44 العدد21-ص102.

3 – المجموعة الاحصائية الزراعية،2023. منشورات وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي.

4 – عبد المنعم، محمد عامر 2001. حركة الماء في الأراضي ومقننات الري- كلية الزراعة – جامعة المنوفية – 473 صفحة.

5- عويل، الياس 2008. دليل زراعة محصول الذرة الصفراء، ادارة بحوث المحاصيل، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

6 – شعبان، رزان، ومهنا، أحمد 2016. تأثير الكثافة النباتية والتسميد الآزوتي في نمو وإنتاجية طرز من الذرة الصفراء. رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية. جامعة حمص. سورية.

7 – زينو، ريم وبكور، فيصل وخوري، عصام 2007. تأثير مستويات مختلفة من الري في الغلة الحبية ودليل المسطح الورقي لبعض الطرز الوراثية من الذرة الصفراء–مجلة جامعة حمص– المجلد29–العدد13–ص115–144.

8 – نمر، يوسف والحصري، يمامة 2015. تأثير الكثافة النباتية في بعض الصفات الإنتاجية والنوعية لصنف الذرة الصفراء غوطة1– مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية –المجلد31 – العدد2 – ص 85.

References:

9- Dalposso, G. H., Uribe-Opazo, M. A., & Johann, J. A. (2016). Soybean yield modeling using bootstrap methods for small samples. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(3), e0207. https://doi.org/10.5424/sjar/2016143-8635

10 -FAO.2002.DEFICIT IRRIGATION PRACTICES. Water reports. ISSN 1020-1203. .Food and Agriculture Organization of the United Nation Rome,2002.

11- Geerts, S., and Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management, 96(9), 1275-1284.

12- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2004). Nitrogen over-use, under-use, and efficiency. *Agronomy Journal*, 96(1), 1–2.

13- Hatfield, J.L., Dold, C. (2018). Agroclimatology and wheat production: coping with climate change. Frontiers in plant science, 9, 224. Doi:10.3389/fpls.2018.00224.

14- Igbadun, H. E., Salim, B. A., Tarimo, A. K., &Mahoo, H. F. (2008). Effects of deficit irrigation scheduling on yields and soil water balance of irrigated maize. Irrigation Science, 27(1), 11-23.

15- Li, C., Zhao, L., & Liu, Y. (2021). Effects of nitrogen application on water use efficiency and crop yield: A meta-analysis. Environmental Research and Public Health, 18(12), 1230.

16- Li, C. Feng, H. Luo, Xiaoqi. Li,Y. Wang, N. Wu ,W. Zhang ,T. Dong,Q. and Siddique,K (2022). Limited irrigation and fertilization in sand-layered soil increases nitrogen use efficiency and economic benefits under film mulched ridge-furrow irrigation in arid areas. Agricultural Water Management. Volume 262, 31 March 2022, 107406. https://www.sciencedirect.com.

17-OECD،2003. Organization for Economic Cooperation and Development. 2003. Series on harmonization of regulatory oversight in biotechnology. Consensus document on the biology of *Zea mays* subsp. *Mays* (maize).

18- Ran, J. Ran, H. Ma, L. Jennings, S. Yu, T. Deng, X. Yao, N and Hu, X (2023). Quantifying water productivity and nitrogen uptake of maize under water and nitrogen stress in arid Northwest China. Agricultural Water Management Volume 285, 1 July 2023, 108370. https://www.sciencedirect.com.

19- Rhodes،2006. Hort 410, Vegetable Crops, Corn Notes, Department of Horticulture & Landscape Architecture, Purdue University.U.S.A.

20− Sadras, V. O., and Angus, J. F. (2006). Benchmarking water-use efficiency of grain crops in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57(8), 847-856.

21- Tejaswini, N., Kumar, G. P., Reddy, M. S., & Kumar, B. (2022). Correlation and path coefficient analysis in maize (*Zea mays L.*). *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(10), 780–787. https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1030864.

22- Tollenaar, M., and Lee, E. A. (2002). Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Research. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00024-2

23- Zhang, Q., Yang, X., & Liu, H. (2023). The impact of nitrogen fertilization rate on crop yield under different irrigation regimes. *Journal of Hydrology*, 620, 129263.