مجلة ساحل المعرفة للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Sahel Almarifah Journal of Humanities and Applied Sciences
تصدر عن الاكاديمية الليبية فرع الساحل الغربي
المجلد الثاني–عدد خاص-S1
الصفحات (E-796 - E-765)

نحو نظم زراعية مستدامة ومرنة: تقييم دور أكساد في تطبيق التقانات الذكية مناخياً (الأصناف المُحسّنة، والزراعة الحافظة) في إدارة الموارد الطبيعية الزراعية في ظل التغيرات المناخية

أيمن الشحاذه العوده
قسم المحاصيل الحقلية – كلية الهندسة الزراعية الزراعة – جامعة دمشق
دمشق – الجمهورية العربية السورية
خبير بيئة وفيزيولوجيا المحاصيل الحقلية – أكساد
aymanalouda@ymail.com

Towards Sustainable and Resilient Agricultural Systems: Assessing the Role of ACSAD in Applying Climate-Smart Technologies (Improved Varieties and Conservation Agriculture) in the Management of Agricultural Natural Resources under Climate Change

Ayman Al-Shahadeh Al-Ouda[1,2]
[1]Department of Field Crops, Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University,
[2]Damascus, Syrian Arab Republic Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD)

الملخص

تواجه البيئات العربية تحدياتٍ بيئيةٍ كبيرة، تتمثل بشح الموارد المائية، وتراجع مساحة الأراضي الصالحة للزراعة، والجفاف المتزامن مع موجات الحر الشديد، وتراجع خصوبة الترب الزراعية، وتدهور النظم الزراعية والطبيعية، وتراجع التنوع الحيوي، بسبب التغيرات المناخية، الأمر الذي أثّر سلباً في الإنتاج الزراعي وتحقيق الأمن الغذائي العربي. وفي ظل النمو السكاني المتزايد، وتغيير العادات الاستهلاكية التفضيلية، فقد تفاقمت مشكلتي الفاقة والجوع، وازدادت نسبة العجز الغذائي، ولا سيّما في المجتمعات الريفية في البيئات الجافة وشبه الجافة العربية، فأصبحت هناك حاجة ملحة لإيجاد حلول عملية وتطبيقية مبتكرة وذكية مناخياً على مستوى القطاع الزراعي، تضمن زيادة إنتاجية الأنواع المحصولية الغذائية الاستراتيجية، لتقليل الهوة بين الإنتاج والاستهلاك، وتحسين مستوى التكيف، والتخفيف من التأثيرات السلبية الناجمة عن التغيرات المناخية. عملت المؤسسات الأكاديمية والهيئات البحثية الوطنية على موضوع تحسين مستوى التكيف مع ظروف البيئات الجافة، وندرة الموارد المائية، وتحسين قدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية، ورأب الفجوتين الإنتاجية والغذائية، من خلال تقييم دور الأصناف

المعتمدة في سورية، ونظام الزراعة الحافظة، كتقانات ذكية مناخياً في المحافظة على استقرار الإنتاج الزراعي، وزيادة غلّة محصول القمح بنوعيه الطري والقاسي بنحو 25 – 30% تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وتحسين إنتاجية مياه الأمطار بنحو 25%، وكفاءة استعمال الأسمدة المعدنية بنحو 22%، وزيادة هامش الربح للمزارعين نتيجة تحسين كفاءة العملية الزراعية (نسبة المخرجات/المدخلات) بنحو 33%، بالإضافة إلى تحسين محتوى التربة من المادة العضوية بنسبة 65%، من خلال زيادة مقدرة الترب الزراعية على احتجاز الكربون العضوي، وزيادة محتوى التربة المائي في منطقة انتشار الجذور بنحو 36%، وبخاصةٍ تحت ظروف الزراعة المطرية، في المنطقة الجنوبية من سورية (محطة بحوث إزرع)، الأمر الذي أسهم في تقليص الفجوتين الإنتاجية والغذائية، وتحسين مقدرة النظم الزراعية التكيفية في ظل التغيرات المناخية.

الكلمات المفتاحية: الأمن الغذائي، الأصناف المُحسّنة، التغيرات المناخية، الزراعة الحافظة، إنتاجية المياه.

.

Abstract

Arab environments face significant environmental challenges, including water scarcity, declining areas of arable land, drought coinciding with extreme heatwaves, decreasing soil fertility, degradation of agricultural and natural ecosystems, and loss of biodiversity due to climate change. These factors have negatively affected agricultural production and the realization of Arab food security. Against a backdrop of increasing population growth and changing consumer preferences, the problems of poverty and hunger have intensified, and the food deficit has widened, particularly in rural communities in arid and semi-arid Arab regions. Hence, there is an urgent need to develop innovative, practical, and climate-smart solutions for the agricultural sector that enhance the productivity of strategic food crops, reduce the gap between production and consumption, improve adaptation capacity, and mitigate the negative impacts of climate change.

National academic institutions and research bodies have worked on improving adaptation to dry environments and water scarcity, enhancing the adaptive capacity of agroecosystems, and bridging production and food gaps. This has been achieved by evaluating the role of improved varieties approved in Syria and conservation agriculture systems as climate-smart technologies in sustaining agricultural production stability. The results showed an increase in wheat yield (both bread and durum wheat) by approximately 25–30% under conservation agriculture compared to conventional tillage, an improvement in rainwater productivity by about 25%, a 22% increase in the efficiency of mineral fertilizer use, and a 33% increase in farmers' profit margins due to improved agricultural process efficiency (output/input ratio). Additionally, soil organic matter content improved by 65% through enhanced soil organic carbon sequestration, and soil water content in the root zone increased by about 36%, particularly under rainfed conditions at the Izra' Research Station in southern Syria. These contributions have helped narrow production and food gaps and improve the adaptive capacity of agricultural systems under climate change.

Keywords: climate change, conservation agriculture, food security, improved varieties, water productivity.

مقدمة

منذ فجر التاريخ، ارتبطت نشأة الحضارات واستقرارها بزراعة محاصيل الحبوب، وفي مقدمتها القمح(.Triticum spp) ، الذي ظلّ ولا يزال يشكّل العمود الفقري للأمن الغذائي العالمي. يُقدَّر أنّ القمح وحده يُؤمّن الغذاء لأكثر من مليار نسمة، أي ما يُعادل نحو 35% من سكان العالم (FAO, 2022). ولا يقتصر دوره على تصنيع الخبز والمعجنات والمعكرونة، بل يُستخدم كذلك في إنتاج النشا Starch والمشروبات وبعض الصناعات الغذائية والدوائية، ما يجعله محصولاً استراتيجياً فريداً يجمع بين القيمة الغذائية والاقتصادية، إذْ يوفّر الطاقة والبروتين، ونحو 6% من الدهون في النظم الغذائية (FAO, 2024). يحتل القمح أهمية استثنائية في الوطن العربي، حيث يشغل ما يُقارب 30% من مساحة الحبوب الكلية، ويُسهم بما يقارب نصف الإنتاج العربي من الحبوب، أي نحو 3% من الإنتاج العالمي، الذي بلغ 797 مليون طن عام 2024 (FAO, 2024). ومع ذلك، لا يزال الإنتاج المحلي عاجزاً عن سد الفجوة الغذائية المتنامية، بسبب تزايد الضغوط الديموغرافية والمناخية، إذْ تعتمد المنطقة بشكلٍ متزايد على الاستيراد لتلبية احتياجاتها، فتستورد أكثر من نصف احتياجاتها الغذائية، وهو أعلى معدّل اعتماد على الخارج في العالم (The World Bank, 2024; FAO, 2022).

تتفاقم هذه التحديات في ظلّ تغيّر المناخ، الذي يُعدّ من أخطر مهدّدات القرن الحادي والعشرين، فقد شهدت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا قرابة 12 شتاءً جافاً منذ عام 1902، منها عشرة خلال العقدين الماضيين (Hoerling et al., 2011). وتُشير تقديرات البنك الدولي إلى أنّ معدّلات هطول الأمطار قد تنخفض بنسبة تصل إلى 40% بحلول عام 2050 في السيناريو المتفائل، وما يقارب 60% في السيناريو الأسوأ، ما سيؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل الحقلية بنسبة قد تصل إلى 60% في دول حوض المتوسط (The World Bank, 2022). يُضاف إلى ذلك التدهور المستمر للتربة نتيجة الانجرافين الريحي والمائي، وانضغاط الطبقات تحت السطحية، وازدياد وتيرة تكرار موجات الجفاف، مما قلّل من خصوبتها وقدرتها على الاحتفاظ بالمياه (FAO, 2023). إنّ الممارسات الزراعية التقليدية القائمة على الفلاحة المكثفة وإزالة بقايا المحاصيل، سرّعت من فقدان المادة العضوية للتربة، وزادت من معدّلات التبخر Evaporation، وأدّت إلى تراجع إنتاجية العديد من المحاصيل الغذائية الاستراتيجية (Das et al., 2023). وتزامن ذلك مع ازدياد الطلب على الغذاء نتيجة النمو السكاني المتسارع، حيث يتوقع أن يتجاوز عدد سكان العالم 9.7 مليار نسمة بحلول عام 2050 (UNDESA, 2022) . وفي هذا السياق، تُشير تقديرات منظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO) إلى أنّ الإنتاج العالمي من الحبوب يجب أن يرتفع بنسبة 50% لتلبية الاحتياجات المستقبلية، وهو ما يُحتم ضرورة العمل على تحسين الإنتاجية (التوسع الرأسي) بدلاً من توسيع الرقعة الزراعية (التوسع الأفقي) (FAO, 2022).

في مواجهة هذه التحديات، يبرز نظام الزراعة الحافظة (Conservation Agriculture) كخيار استراتيجي لتحقيق الاستدامة، إذْ يُحسّن بناء التربة وخصوبتها، ويرفع قدرتها على الاحتفاظ بالمياه Water holding capacity (WHC)، ويزيد من إنتاجية المحاصيل بالمقارنةً مع النظم الزراعية التقليدية (FAO, 2024; Gonzalez-Sanchez et al., 2023). كما تُعد التغطية المتجانسة لسطح التربة ببقايا المحاصيل، أحد ركائز هذا النظام، حيث تُسهم في تعزيز كفاءة استخدام المياه والآزوت، وتقلّل من مخاطر الانجرافين الريحي والمائي، وتُساعد على تحقيق إنتاجية اقتصادية أكثر استدامة(Kassam and Derpsch, 2023) . إضافةً إلى ذلك، تكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها تأتي في سياقٍ يزداد فيه الضغط على الموارد الطبيعية، ويُطرح فيه سؤال جوهري حول كيفية تحقيق التوازن بين الأمن الغذائي وحماية البيئة.

أثبتت العديد من الدراسات العالمية جدوى الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية المحاصيل في البيئات الجافة وشبه الجافة، غير أنّ الأبحاث التطبيقية في البيئات العربية، ولا سيّما في الزراعة المطرية التي تُعد الأكثر هشاشةً في مواجهة الإجهادات اللاأحيائية،

ما زالت محدودة. وهنا تكمن أهمية هذه الدراسة، إذْ تُعنى بتقييم أصناف محلية من القمح والعدس - ضمن دورةٍ زراعية - تحت ظروف بيئية حقيقية في المنطقة الجنوبية من سورية (إزرع)، ما يجعل نتائجها ذات قيمة عملية مباشرة للمزارعين، وقابلة للتعميم على بيئات مشابهة في الوطن العربي. وتفتح هذه الدراسة آفاقاً جديدة لفهم الدور التكاملي للزراعة الحافظة ليس فقط في زيادة الغلّة الزراعية، بل أيضاً في تحسين خصوبة التربة على المدى الطويل، وزيادة كفاءتها في احتجاز الكربون، وتقليل معدّلات انبعاثات غازات الدفيئة. وبذلك، فهي تُسهم في دعم التوجهات العالمية نحو الزراعة الذكية مناخياً، وتعزز من قدرة الدول العربية على مواجهة تحديات الأمن الغذائي والمائي في آنٍ واحد.

1.1.1 أهداف البحث

1. تقييم استجابة أصناف القمح الطري (دوما4، شام6) والقاسي (دوما3، شام5) والعدس (إدلب3) للزراعة الحافظة تحت ظروف الزراعة المطرية في المنطقة الجنوبية من سورية (إزرع).
2. دراسة تأثير الزراعة الحافظة في تحسين خصوبة التربة، وزيادة قدرتها على احتجاز الكربون العضوي.
3. تحليل كفاءة الزراعة الحافظة في تحسين الاستفادة من مياه الأمطار والآزوت مع المحافظة على الإنتاجية المحصولية.
4. مقارنة فعّالية تغطية التربة بمحصول أخضر (الذرة البيضاء) مقابل بقايا المحاصيل السابقة في الحفاظ على رطوبة التربة وتحسين نوعيتها.

المواد والطرائق (Materials and Methods)

1.1.2 المادة النباتية (PLANT MATERIAL): تمّ تقييم أداء أصناف القمح القاسي ([دوما3، شام5]) وأصناف القمح الطري ([دوما4، شام6]) المعتمدة محلياً في المنطقة الجنوبية من سورية (إزرع) تحت ظروف الزراعة المطرية، بهدف دراسة استجابتها لنظام الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة بالمقارنة مع النظام التقليدي. ويهدف هذا التقييم إلى تحديد مدى ملاءمة هذه الأصناف لتطبيق نظام الزراعة الحافظة من حيث الإنتاجية وكفاءة استخدام مدخلات الإنتاج الزراعي (المياه، والأسمدة المعدنية). تمّ الحصول على البذار من بنك الأصول الوراثية للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (الجدول 1).

الجدول (1): توصيف المادة النباتية المدروسة.

الصنف	الصفات
شام5 (قمح قاسي)	عدد الأيام حتى الإسبال 144 يوماً، عدد الأيام حتى النضج 181 يوماً، ارتفاع النبات 56 سم، وزن الألف حبة 36.25غ، الإنتاجية بعلاً 1847 كغ. هكتار$^{-1}$.
شام6 (قمح طري)	عدد الأيام حتى الإسبال 144 يوماً، عدد الأيام حتى النضج 183 يوماً، ارتفاع النبات 65-85 سم، وزن الألف حبة 31.2غ، الإنتاجية بعلاً 2525 كغ. هكتار$^{-1}$.
دوما3 (قمح قاسي)	عدد الأيام حتى الإسبال 90 يوماً، عدد الأيام حتى النضج 131 يوماً، ارتفاع النبات 78 سم، وزن الألف حبة 36.4غ، الإنتاجية بعلاً 2328 كغ. هكتار$^{-1}$.
دوما4 (قمح طري)	عدد الأيام حتى الإسبال 119 يوماً، عدد الأيام حتى النضج 163 يوماً، ارتفاع النبات 69سم، وزن الألف حبة 34.6غ، الإنتاجية بعلاً 2375 كغ. هكتار$^{-1}$.

المصدر: دليل زراعة محصول القمح في سورية.

1.1.3 **موقع تنفيذ البحث** (SITE OF EXPERIMENTATION): نُفذ البحث في محطة بحوث إزرع التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بمحافظة درعا، خلال الموسمين الزراعيين 2022/2021 و2023/2022. تقع المحطة على بُعد

حوالي 80 كم جنوب مدينة دمشق، عند خط طول 36.15° شرقًا وخط عرض 32.51° شمالاً، على ارتفاع يقارب 575 متراً عن سطح البحر. تتميز تربة الموقع بأنّها طينية ثقيلة حمراء تتشقق عند الجفاف، وتُعد فقيرة بالمادة العضوية (0.7094%)، تميل إلى القلوية (PH = 8.4)، منخفضة في محتوى الآزوت الكلي (0.07027%)، ومتوسطة في محتوى الفوسفور والبوتاسيوم (10.67 و390.1 مغ·كغ$^{-1}$ تربة على التوالي). تُصنّف منطقة إزرع ضمن مناطق الاستقرار الثانية، حيث يتراوح معدّل الهطل المطري السنوي بين 250 و300 ملم. كان متوسط الهطل المطري خلال الموسم الزراعي الأوّل (2021 – 2022) قرابة 238.5 مم، في حين كان قرابة 219.1 مم خلال الموسم الزراعي الثاني (2022 – 2023). وكان متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى خلال الموسم الزراعي الأوّل نحو 22.69 و 8.67 مْ على التوالي، في حين كان قرابة 24.01 و 10.44 مْ خلال الموسم الزراعي الثاني.

1.1.4 **طريقة الزراعة** (PLANTING METHOD)**:** زُرعت الأصناف المدروسة من القمح الطري والقاسي في ثلاثة مكررات، بهدف تقييم أدائها ضمن ظروف نظام الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة [عدم الفلاحة وتغطية سطح التربة بنسبة نحو 50% من بقايا المحصول السابق مقارنةً بمحصول التغطية الأخضر (الذرة البيضاء)، المزروع مباشرة بعد حصاد المحصول الرئيس ضمن دورة زراعية ثنائية: قمح–عدس]، بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (فلاحة تقليدية، إزالة كامل بقايا المحصول، غياب محصول التغطية، وغياب الدورة الزراعية: قمح–قمح). تضمن كل مكرر قطعتين: واحدة للزراعة التقليدية وواحدة للزراعة الحافظة، وقُسمت قطعة الزراعة الحافظة إلى قسمين، أحدهما تُرك فيه 50% من بقايا المحصول السابق، والقسم الثاني تمّت تغطية سطح التربة بمحصول التغطية الأخضر. زُرعت قطع الزراعة الحافظة بواسطة بذارة خاصة تعمل على إحداث شقوق في التربة ووضع السماد على عمق 7 سم والبذار على عمق 5 سم، مع ضبط المسافة بين السطور بنحو 17 سم. أمّا القطع التقليدية، فتمت فلاحتها فلاحة أولى عميقة (25 سم) بالمحراث المطرحي، تلتها فلاحة على عمق 20 سم بالمحراث القرصي، ثمّ تمّ تنعيم التربة بالكالتفاتور، وزُرعت بالطريقة التقليدية بنثر السماد والبذار يدوياً ثمّ تغطيتهما سطحياً. تمّت الزراعة خلال الموسم الزراعي الأوّل بتاريخ 11/20 والموسم الزراعي الثاني بتاريخ 12/23، والحصاد بتاريخ 2022/6/10 و2023/6/8 على التوالي. تمّت المكافحة الكيميائية للأعشاب الضّارة/الحشائش باستخدام مبيد الأعشاب "أتلنتس" وفق المعدّل الموصى به من الشركة المُصنّعة. بلغ معدّل البذار تحت ظروف الزراعة الحافظة نحو 12 كغ/دونم للقمح، و8 كغ/دونم للعدس، و15 و12 كغ/دونم على التوالي تحت ظروف الزراعة التقليدية. أضيف السماد الآزوتي (يوريا 46%) بمعدّل 150 كغ·N هكتار$^{-1}$ على ثلاث دفعات، والسماد الفوسفاتي (سوبر فوسفات ثلاثي 46%) بمعدّل 50 كغ·P_2O_5 هكتار$^{-1}$ دفعة واحدة وقت الزراعة.

1.1.5 المؤشرات المدروسة INVESTIGATED PARAMETERS

1.1.5.1 الصفات المرتبطة بالغلّة الحبية (YIELD-ASSOCIATED TRAITS): لتحقيق فهم شامل لاستجابة الأصناف المختلفة من القمح والعدس لنظام الزراعة الحافظة، تمّ تقييم مجموعة من الصفات المرتبطة بالإنتاجية:

1. **متوسط عدد الحبوب في المتر المربع (حبة·م$^{-2}$)** :تمّ حصاد جميع النباتات في مساحة 1 م^2، ودُرست السنابل، ثم سُجل عدد الحبوب لكل نبات وحُسب مجموعها في وحدة المساحة.
2. **متوسط وزن الألف حبة (غ) (1000-KERNEL WEIGHT)**: تمّ وزن كمية من الحبوب بعد إزالة الشوائب والحبوب المكسورة، ثمّ قُسّم الوزن على العدد الكلي للحبوب وضُرب الناتج بـ1000
3. **متوسط الغلّة الحيوية (كغ·هكتار$^{-1}$) (BIOLOGICAL YIELD)**: يمثل متوسط وزن الأجزاء الهوائية الجافة مع الحبوب في المتر المربع، ثم حُوّل إلى كغ/هكتار.

4. **متوسط الغلّة الحبية (كغ·هكتار$^{-1}$)**: حُسب متوسط وزن الحبوب في المتر المربع، ثم حُوّل إلى كغ/هكتار.
5. **كفاءة استعمال مياه الأمطار (كغ حبوب·مم$^{-1}$·هكتار$^{-1}$) (WUE)**: تمّ حساب كفاءة استعمال مياه الأمطار بقسمة الغلّة الحبية على كمية الأمطار خلال موسم النمو، ويعكس هذا المؤشر كفاءة النباتات في تحويل المياه إلى مادة جافة (Bashour et al., 2016; Araus et al., 2016).
6. **كفاءة استعمال الآزوت (كغ حبوب·كغN^{-1} هكتار$^{-1}$) (NUE)**: تمّ حساب كفاءة استعمال الآزوت من المعادلة الرياضية الآتية (Moll et al., 1982):

كفاءة استعمال الآزوت = الغلّة الحبية/كمية السماد الآزوتي المضافة

1.1.5.2 المؤشرات الأرضية (EDAPHIC PARAMETERS): نظراً لأنّ صحة التربة وجودتها هما الأساس في تحسين الإنتاجية، تمّ تقييم مجموعة من المؤشرات الأرضية التي تؤثر مباشرةً في صفات الغلّة:

1. محتوى المادة العضوية (%): حُدد بطريقة المعايرة باستخدام محلول ديكرومات البوتاسيوم وحمض الكبريت، والمعايرة بسلفات الحديدوز (Abonuqta, 1987).

2. محتوى التربة المائي خلال الإزهار (%): أُخذت عينة مركبة من التربة بشكلٍ عشوائي من كل قطعة تجريبية بواسطة الأوكر. وأُخذ 10 غ من العينة الترابية المجففة هوائياً ونُقلت إلى طبق من السليكا الموزون بشكلٍ مسبق وجُففت في الفرن مدّة 16 ساعة عند درجة حرارة 105°. ثمّ أُخذت العينة وبُردت في مجفف زجاجي يحتوي على مادة كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) الشرهة للماء، ثمّ وُزنت العينة. ويُمثل الفاقد في الوزن محتوى التربة المائي (Chopra and Anwar, 1991):

محتوى التربة المائي (%) = (الوزن الرطب للتربة – الوزن الجاف)/ الوزن الجاف × 100

يمكن من خلال الربط بين المؤشرات الأرضية والمحصولية، تقييم مدى تأثير نظم الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية النباتات عن طريق تعزيز خصوبة التربة، وقدرتها على الاحتفاظ بالمياه، وتحسين كفاءة استخدام المياه والعناصر الغذائية.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي (Experimental Design and Statistical Analysis)

نُفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)، بترتيب القطع المنشقة، حيث شكّل نوع الزراعة (حافظة، أو تقليدية) القطع الرئيسة، ووجود الدورة الزراعية أو غيابها القطع المنشقة من الدرجة الأولى، ونوع التغطية (بقايا المحصول السابق أو محصول التغطية الأخضر) القطع المنشقة من الدرجة الثانية، والأصناف القطع المنشقة من الدرجة الثالثة، مع ثلاثة مكررات لكل معالجة. سُجلت القراءات من السطور الوسطية لكل قطعة، وتمّ تحليل البيانات باستخدام برنامج M-STAT-C (Russell, 1996)، لحساب أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى 5%، ومعامل التباين (CV%) بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات بينها.

1.2 النتائج والمناقشة (Results and Discussion)

1.2.1 المؤشرات المرتبطة بالغلّة الحبية

1.2.1.1 متوسط عدد الحبوب في المتر المربع (NO. OF GRAINS PER M²)

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة متوسط عدد الحبوب في المتر المربع بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة فيما بينها باستثناء المواسم الزراعية. كان متوسط عدد الحبوب في المتر المربع الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (2813 حبة. م$^{-2}$) بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (2547 حبة. م$^{-2}$) (الجدول، 2). توافقت هذه النتائج مع ما دراسةٍ حديثة، بيّنت أنّ نظام الزراعة الحافظة قد زاد من عدد الحبوب في المتر المربع بنسبة 15% بالمقارنة

مع الزراعة التقليدية، بسبب تحسين محتوى التربة المائي في منطقة انتشار الجذور (Hernández et al., 2023). كان متوسط عدد الحبوب في المتر المربع الأعلى معنوياً في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية (2729 حبة. م$^{-2}$)، بالمقارنة مع القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (2630 حبة. م$^{-2}$). أشارت دراسة (Martínez et al., 2023) إلى أنّ تطبيق الدورة الزراعية تحت نظام الزراعة الحافظة قد ساهم في زيادة عدد الحبوب بمقدار 8%، بسبب كسر دورة الأمراض وتحسين خصوبة التربة وتوافر العناصر الغذائية. وكان متوسط عدد الحبوب في المتر المربع الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي شام$_5$ (3070 حبة. م$^{-2}$)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية صنف القمح الطري دوما$_4$ (2822 حبة. م$^{-2}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري شام$_6$ (2273 حبة. م$^{-2}$)، تلاه صنف القمح القاسي دوما$_3$ (2555 حبة. م$^{-2}$) (الجدول، 2). يُعزى تفوق أداء الصنفين شام$_5$، ودوما$_4$ إلى كفاءتهما الفسيولوجية في تحويل الماء والمواد الغذائية إلى حبوب، وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة (Cicek et al., 2025) التي بيّنت تفوق بعض الطرز الوراثية للقمح في الاستجابة لممارسات الإدارة المستدامة للمياه. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل التجميعي أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، في حال ترك 50% من البقايا النباتية للمحصول السابق، لدى صنف القمح القاسي شام$_5$ (3516 حبة. م$^{-2}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً، تحت ظروف الزراعة التقليدية، بغياب الدورة الزراعية، في حال زراعة محصول التغطية الأخضر، لدى صنف القمح الطري دوما$_4$ (2484 حبة. م$^{-2}$) (الجدول، 2). يُعزى ذلك إلى تقليل معدّل فقد المياه بالتبخر، ما يؤدي إلى زيادة كفاءة استعمال المياه ومن ثمّ زيادة كمية المياه المتاحة للنباتات، ولا سيّما خلال المراحل المتقدمة الحرجة (مرحلة الإزهار، وامتلاء الحبوب)، ما يُساعد في امتصاص كمية من المياه كافية إلى حدٍ ما لتعويض المياه المفقودة بالنتح، ما يُسهم في المحافظة على جهد الامتلاء (Ψp) داخل خلايا الأوراق واستمرار استطالة الخلايا النباتية، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة المسطح الورقي الأخضر الفعَّال في عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis (Kassam et al., 2019)، فتزداد تبعاً لذلك كمية الطاقة الضوئية الممتصة والمحولة إلى طاقةٍ كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية المصنَّعة (الكربوهيدرات)، فتزداد كمية المادة الجافة المتاحة خلال مرحلة تشكل الزهيرات وتطورها، ما يؤدي إلى زيادة عدد الزهيرات الخصبة Fertile florets ومن ثمّ عدد الحبوب المتشكلة في النبات ووحدة المساحة من الأرض (Gonzalez-Sanchez et al., 2020). ما يؤكد أنّ التفاعل بين العوامل الوراثية (الصنف) والبيئية (هطول الأمطار) والإدارية (نظام الزراعة، وإدارة البقايا النباتية) من العوامل الحاسمة في تحديد الإنتاجية (Stagnari et al., 2023).

الجدول رقم 2. تأثير نظام الزراعة الحافظة والمعاملات المدروسة في متوسط عدد الحبوب في المتر المربع (حبة. م$^{-2}$) خلال موسمي الزراعة.

المواسم			الموسم الزراعي الأوّل 2021 - 2022 م					الموسم الزراعي الثاني 2022 - 2023 م						المتوسط العام
المتغيرات / الأصناف			شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط	شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط		
زراعة حافظة	بوجود الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	3190	2442	2680	3017	2832	3141	2392	2631	2967	2783		**2807**
		بوجود البقايا النباتية	3516	2552	2667	3020	2939	3467	2502	2617	2970	2889		**2914**
	بغياب الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	3175	2315	2718	3326	2883	3125	2265	2669	3276	2834		**2859**
		بوجود البقايا النباتية	3051	2127	2635	2970	2696	3001	2077	2585	2920	2646		**2671**
المتوسط			3233	2359	2675	3083	2837	3183	2309	2626	3034	2788		**2813^{A}**
زراعة تقليدية	بوجودالدورة الزراعية		2972	2292	2536	2687	2622	2925	2244	2488	2639	2574		**2598**
	بغياب الدورة الزراعية		2939	2180	2430	2532	2520	2891	2132	2382	2484	2472		**2496**
المتوسط			2955	2236	2483	2609	2571	2908	2188	2435	2561	2523		**2547^{B}**
المتوسط العام			**3094**	**2297**	**2579**	**2846**	**2704^{A}**	**3046**	**2248**	**2530**	**2798**	**2655^{A}**		**2680**

المواسم الزراعية (A)، نظم الفلاحة (B)، الدورة الزراعية (C)، نوع التغطية (D)، الأصناف (E).

المتغير	A	B	C	D	E	AB	AC	BC	AD	BD	CD
LSD (0.05)	54.2 ns	54.2	54.2	54.2 ns	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7	76.7
المتغير	AE	BE	CE	DE	ABC	ABD	ACD	BCD	ABE	ACE	BCE
LSD (0.05)	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	153.4	153.4	153.4
المتغير	ADE	BDE	CDE	ABCD	ABCE	ABDE	ACDE	BCDE	ABCDE	-	-
LSD (0.05)	153.4	153.4	153.4	153.4	217.0	217.0	217.0	217.0	306.9	-	-
C.V (%)	6.1										

1.2.2 متوسط وزن الألف حبة (1000-KERNEL WEIGHT)

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة متوسط وزن الألف حبة بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها، باستثناء نوع التغطية. كان متوسط وزن الألف حبة الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً (32.69غ) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (29.84غ). وكان الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (32.99غ) بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (29.575غ). وكان متوسط وزن الألف حبة الأعلى معنوياً في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية (32.47غ) بالمقارنة مع القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (30.09غ). وكان الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (33.54غ)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما$_4$ (29.07غ) (الجدول، 3). يُعزى التباين في متوسط وزن الألف حبة إلى زيادة عدد الحبوب في المتر المربع لدى صنفي القمح القاسي والطري (شام$_5$، دوما$_4$) بالمقارنة مع صنفي القمح القاسي والطري (دوما$_3$، شام$_6$)، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حدّة المنافسة على نواتج التمثيل الضوئي بين الحبوب المتشكلة خلال فترة امتلاء الحبوب، بسبب عدم كفاية نواتج التمثيل الضوئي لملئ جميع الحبوب المتشكلة، أو بسبب زيادة نسبة الحبوب الصغيرة الطرفية على طول محور السنبلة (Gifford et al., 1984). يُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل التجميعي، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، بوجود الدورة الزراعية، في حال ترك 50% من البقايا النباتية للمحصول السابق، ولدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (38.37غ)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة التقليدية، بغياب الدورة الزراعية، ولدى صنفي القمح الطري والقاسي دوما$_4$ وشام$_5$ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (25.27، 25.46 غ على التوالي) (الجدول، 3). تُشير هذه البيانات إلى أهمية عدم فلاحة التربة وتطبيق الدورة الزراعية المناسبة وترك أكبر كمية ممكنة من بقايا المحصول السابق، أو زراعة محاصيل التغطية الخضراء في المحافظة على محتوى التربة المائي لفترةٍ زمنيةٍ أطول، وبخاصةٍ خلال فترة إمتلاء الحبوب لزيادة كمية نواتج التمثيل الضوئي Photo-assimilates الواصلة إلى الحبوب، لأنّ الماء هو الناقل الوحيد لنواتج التمثيل الضوئي من المصدر (الأوراق، والسوق) إلى المصب (الحبوب)، ما يؤدي إلى زيادة متوسط وزن الألف حبة (Farooq et al., 2014). عموماً، يُعزى تراجع متوسط وزن الألف حبة تحت ظروف الإجهاد المائي خلال الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً بالمقارنة مع الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً، إلى تأثير الجفاف سلباً في كلٍ من حجم المصدر والمصب، حيث يؤدي تعرّض النباتات إلى ظروف الإجهاد المائي إلى تقصير أطوال المراحل التطورية المختلفة، وبالتالي تقصير طول

الجدول رقم (3): تأثير نظام الزراعة الحافظة والمعاملات المدروسة في متوسط وزن 1000 حبة (غ) خلال موسمي الزراعة.

المواسم		الموسم الزراعي الأوّل 2021 - 2022 م					الموسم الزراعي الثاني 2022 - 2023 م					المتوسط العام
الأصناف / المتغيرات		شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط	شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط	
زراعة حافظة	بوجود الدورة الزراعية	34.37	35.78	36.82	32.65	34.90	31.27	32.77	33.94	29.69	31.91	**33.41**
	بغياب الدورة الزراعية	35.40	36.64	38.37	34.11	36.13	32.40	33.72	35.36	31.14	33.15	**34.64**
	بوجود الدورة الزراعية	34.26	35.44	36.55	31.65	34.47	31.32	32.58	33.55	28.73	31.54	**33.01**
	بغياب الدورة الزراعية	30.65	34.78	35.66	28.62	32.43	27.53	31.80	32.55	25.73	29.40	**30.91**
المتوسط		33.67	35.66	36.85	31.76	34.48	30.63	32.72	33.85	28.82	31.50	**32.99 A**
زراعة تقليدية	بوجودالدورة الزراعية	31.01	32.69	34.84	30.35	32.22	28.29	29.92	32.37	27.83	29.60	**30.91**
	بغياب الدورة الزراعية	28.19	31.00	31.20	27.95	29.58	25.46	28.20	28.55	25.27	26.87	**28.23**
المتوسط		29.60	31.85	33.02	29.15	30.90	26.88	29.06	30.46	26.55	28.24	**29.57 B**
المتوسط العام		**31.63**	**33.75**	**34.93**	**30.45**	**32.69 A**	**28.75**	**30.89**	**32.15**	**27.68**	**29.87 B**	**31.28**

مرحلة النمو الخضري، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي (Sallam et al., 2019)، ومن ثُمّ كفاءة النبات التمثيلية وكمية المادة الجافة المُصنّعة والمتاحة خلال فترتي الإزهار وامتلاء الحبوب، الأمر الذي يؤثر سلباً في عدد الحبوب المتشكلة، ومتوسط وزن الألف حبة، اللتان تُعدان من أهم مكونات غلّة محصول القمح الحبية العددية (Gifford et al., 1984). تختلف هذه النتائج عمّا توصل إليه كلٌّ من Sakine (2005)، وقنبر (2011)، و Pittelkow et al. (2015)، الذين بيّنت دراساتهم أنّ نظام الفلاحة لم يكن له تأثير معنوي في متوسط وزن الألف حبة.

المواسم الزراعية (A)، نظم الفلاحة (B)، الدورة الزراعية (C)، نوع التغطية (D)، الأصناف (E).

المتغير	A	B	C	D	E	AB	AC	BC	AD	BD	CD
LSD (0.05)	0.3041	0.3041	0.3041	0.3041 ns	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301
المتغير	AE	BE	CE	DE	ABC	ABD	ACD	BCD	ABE	ACE	BCE
LSD (0.05)	0.6083	0.6083	0.6083	0.6083	0.6083	0.6083	0.6083	0.6083	0.8602	0.8602	0.8602
المتغير	ADE	BDE	CDE	ABCD	ABCE	ABDE	ACDE	BCDE	ABCDE	-	-
LSD (0.05)	0.8602	0.8602	0.8602	0.8602	1.2166	1.2166	1.2166	1.2166	1.7205	-	-
C.V (%)	3.4										

متوسط الغلّة الحيوية (كغ . هكتار$^{-1}$)

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة متوسط الغلّة الحيوية بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها، باستثناء نوع التغطية. كان متوسط الغلّة الحيوية الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً (5781 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (4576 كغ. هكتار$^{-1}$). عموماً، يؤدي تعرّض النباتات للجفاف خلال الموسم الزراعي الثاني إلى تراجع جهد الأوراق المائي، ما يؤدي إلى انغلاق المسامات (ازدياد المقاومة المسامية)، الأمر الذي يؤثر سلباً في معدّل انتشار غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) عبر المسامات أثناء عملية التبادل الغازي، فتقل كفاءة النباتات التمثيلية، وكمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة والمتاحة لنمو أجزاء النبات المختلفة وتطورها (Li et al., 2023). كان متوسط الغلّة الحيوية الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (5634 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (4723 كغ. هكتار$^{-1}$) (الجدول، 4). ويُعزى ذلك إلى دور الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة في تقليل الفواقد المائية غير المنتجة (التبخر، والجريان السطحي، والرشح العميق)، وزيادة محتوى التربة المائي في منطقة الجذور، ما يزيد من معدّل امتصاص المياه، ومن ثمّ معدّل فقد المياه بالنتح (الفوافد المنتجة)، ما يؤدي إلى زيادة تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكربون المتاح في مراكز التثبيت في الصّانعات الخضراء، ومن ثمّ زيادة معدّل التمثيل الضوئي Assimilation rate وإنتاج وتراكم المادة الجافة (Kassam et al., 2018). كان متوسط الغلّة الحيوية الأعلى معنوياً بوجود الدورة الزراعية (5342 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع غياب الدورة الزراعية الزراعية (5015 كغ. هكتار$^{-1}$). كان متوسط الغلّة الحيوية الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (5846 كغ. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما$_4$ (4435 كغ. هكتار$^{-1}$ (الجدول، 4). يمكن أن يُعزى التباين بين الأصناف إلى التباين في حجم المجموع الجذري، ومن ثمّ كفاءة النباتات في امتصاص كمية أكبر من المياه والعناصر المغذية، أو التباين في استدامة اخضرار الأوراق، أو التباين في الناقلية المسامية، أو حتى التباين في معدّل التمثيل الضوئي (Fahad et al., 2021). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل التجميعي، أنّ متوسط الغلّة الحيوية كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت نظام الزراعة الحافظة، بوجود الدورة الزراعية، في حال ترك 50% من البقايا النباتية للمحصول السابق فوق سطح التربة، ولدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (8060 كغ. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال

الموسم الزراعي الثاني، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية، ولدى صنف القمح الطري دوما4 (3353 كغ. هكتار-1 على التوالي) (الجدول، 4). عموماً، يُعزى التباين في الغلّة الحيوية إلى التباين في جميع الصفات الشكلية والكمية المدروسة. وتؤدي زيادة الغلّة الحيوية عند النضج إلى زيادة الغلّة الحبية نتيجة زيادة كمية المادة الجافة المُصنّعة والمتاحة لنباتات المحصول خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات، وبخاصةٍ لدى الطرز الوراثية التي تكون فيها كفاءة توزيع Partitioning efficiency، ونقل Translocation efficiency، نواتج التمثيل الضوئي باتجاه الأجزاء الاقتصادية نسبياً أكبر، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة ودرجة إمتلائها ومن ثمّ الغلّة الحبية، وبخاصةٍ في حال توافر المياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب Grain

الجدول رقم (4): تأثير نظام الزراعة الحافظة والمعاملات المدروسة في متوسط الغلّة الحيوية (كغ. هكتار-1) خلال موسمي الزراعة.

المواسم		الموسم الزراعي الأوّل 2021 - 2022 م					الموسم الزراعي الثاني 2022 - 2023 م						المتوسط العام
الأصناف / المتغيرات		شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط	شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط		
زراعة حافظة	بوجود الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	6165	6658	6872	5753	6362	4915	5407	5620	4502	5111	**5736**
		البقايا النباتية	5517	7169	8060	5498	6561	4267	5918	6810	4248	5311	**5936**
	بغياب الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	5983	6610	6730	5345	6167	4732	5360	5480	4095	4917	**5542**
		البقايا النباتية	6081	6196	6381	5128	5946	4831	4946	5131	3878	4696	**5321**
المتوسط			5936	6658	7010	5431	6259	4686	5408	5760	4181	5009	**5634A**
زراعة تقليدية	بوجودالدورة الزراعية		5033	5667	6223	4773	5427	3875	4518	5066	3615	4269	**4848**
	بغياب الدورة الزراعية		5285	5372	5547	4512	5179	4126	4212	4388	3353	4020	**4599**
المتوسط			5159	5524	5885	4643	5303	4000	4365	4727	3484	4144	**4723B**
المتوسط العام			**5548**	**6091**	**6448**	**5037**	**5781A**	**4343**	**4886**	**5244**	**3832**	**4576B**	**5179**

filling stage (Ding et al., 2020).

المتغير	A	B	C	D	E	AB	AC	BC	AD	BD	CD
LSD (0.05)	12.60	12.60	12.60	12.60 ns	17.82	17.82	17.82	17.82	17.82	17.82	17.82
المتغير	AE	BE	CE	DE	ABC	ABD	ACD	BCD	ABE	ACE	BCE
LSD (0.05)	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	35.64	35.64	35.64
المتغير	ADE	BDE	CDE	ABCD	ABCE	ABDE	ACDE	BCDE	ABCDE	-	-
LSD (0.05)	35.64	35.64	35.64	35.64	50.40	50.40	50.40	50.40	71.28	-	-
C.V (%)	8.5										

المواسم الزراعية (A)، نظم الفلاحة (B)، الدورة الزراعية (C)، نوع التغطية (D)، الأصناف (E).

1.2.3 متوسط الغلّة الحبية (كغ. هكتار$^{-1}$)

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة متوسط الغلّة الحبية بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها، باستثناء نوع التغطية. كان متوسط الغلّة الحبية الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً (2607 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (1704 كغ. هكتار$^{-1}$). يؤدي الجفاف المتزامن مع الحرارة المرتفعة خلال المراحل التطورية المتقدمة الحرجة (الإزهار، وامتلاء الحبوب) إلى تقصير طول المراحل الفينولوجية، الأمر الذي يؤثر سلباً في مدّة الإزهار، وطول فترة امتلاء الحبوب، ما يؤدي إلى انخفاض كلٍ من عدد الحبوب المتشكلة في السنبلة/النبات، ومتوسط وزن الألف حبة (Patil et al., 2023). كان متوسط الغلّة الحبية معنوياً أعلى تحت نظام الزراعة الحافظة (2560 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (1751 كغ. هكتار$^{-1}$) (الجدول، 5). ويُعزى ذلك إلى دور الزراعة الحافظة في تحسين محتوى التربة من المادة العضوية (OM)، ومقدرتها على الاحتفاظ بالمياه ، والعناصر المعدنية المغذية (WHC) (Jat et al., 2020). كان متوسط الغلّة الحبية الأعلى معنوياً بوجود الدورة الزراعية (2351 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع غيابها (1960 كغ. هكتار$^{-1}$). وكان متوسط الغلّة الحبية الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (2561 كغ. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما$_4$ (1724 كغ. هكتار$^{-1}$ (الجدول، 5). يُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل التجميعي للمتغيرات المدروسة، أنّ متوسط الغلّة الحبية كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، في حال ترك 50% من البقايا النباتية للمحصول السابق، لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (4533 كغ. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت نظام الزراعة التقليدية، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية، ولدى صنف القمح الطري دوما$_4$ (1054 كغ. هكتار$^{-1}$) (الجدول، 5). يُعزى تفوق الغلّة الحبية خلال الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً وتحت ظروف الزراعة الحافظة وبوجود الدورة الزراعية، لدى نباتات صنفي القمح القاسي والطري (دوما$_3$، شام$_6$) إلى تفوقهما معنوياً في صفتي متوسط وزن الألف حبة، والكتلة الحيوية عند النضج. عموماً، تؤدي زيادة الكتلة الحية عند النضج إلى زيادة الغلّة الحبية من خلال زيادة متوسط وزن الألف حبة، نتيجة زيادة كمية المادة الجافة المتاحة خلال فترة امتلاء الحبوب، حيث تُعد صفة الكتلة الحية عند النضج Biomass من الصفات الفيزيولوجية المحددة لغلّة محصول القمح الحبية (Gifford et al., 1984). تُشير النتائج إلى أنّ التباين في صفة متوسط وزن الألف حبة أكثر أهمية من التباين في صفة متوسط عدد الحبوب في وحدة المساحة، في تحديد الغلّة الحبية النهائية استجابةً للممارسات الزراعية المدروسة. توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Mrabet, 2011)، حيث بلغت إنتاجية محصول القمح تحت نظام الزراعة الحافظة نحو 2.21 طن. هكتار$^{-1}$، في حين بلغت 1.90 طن. هكتار$^{-1}$ تحت نظام الزراعة التقليدية. وتوافقت أيضاً مع نتائج (AL-

(Ouda, 2013، الذي بيّن أنّ غلّة محصول القمح الحبية المزروع في دورة زراعية مع البيقية، كانت الأعلى معنوياً عند معاملة الزراعة بدون فلاحة (5.57 كغ . هكتار$^{-1}$)، بالمقارنة مع نظامي الفلاحة بالديسك مرتين، والفلاحة التقليدية (4821، و4683

الجدول رقم (5): تأثير نظام الزراعة الحافظة والمعاملات المدروسة في متوسط الغلة الحبية (كغ. هكتار$^{-1}$) خلال موسمي الزراعة.

المواسم		الموسم الزراعي الأوّل 2021 - 2022 م					الموسم الزراعي الثاني 2022 - 2023 م					المتوسط العام
الأصناف / المتغيرات		شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط	شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط	
زراعة حافظة	بوجود الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	2760	3562	3792	2614	3182	1764	2561	2795	1612	2183	**2682**
		البقايا النباتية	2480	3736	4533	2611	3340	1481	2740	3534	1611	2341	**2841**
	بغياب الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	2852	3223	3419	2388	2970	1854	2224	2422	1387	1972	**2471**
		البقايا النباتية	2758	3012	2897	2310	2744	1755	2014	1892	1312	1743	**2244**
المتوسط			2713	3383	3660	2481	3059	1713	2385	2661	1481	2060	**2560^{A}**
زراعة تقليدية	بوجودالدورة الزراعية		2270	2593	2711	2039	2403	1341	1667	1782	1113	1476	**1940**
	بغياب الدورة الزراعية		1870	2000	2096	1661	1907	1274	1286	1262	1054	1219	**1563**
المتوسط			2070	2297	2403	1850	215.5	1308	1477	1522	1084	1347	**1751^{B}**
المتوسط العام			**2391**	**2840**	**3032**	**2165**	**2607 A**	**1511**	**1931**	**2091**	**1282**	**1704 B**	**2155**

كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي). وتوافقت أيضاً مع ما توصل إليه (قنبر، 2015؛ Ding et al., 2020) في محصول القمح

المتغير	A	B	C	D	E	AB	AC	BC	AD	BD	CD
LSD (0.05)	8.42	8.42	8.42	8.42 ns	11.91	11.91	11.91	11.91	11.91	11.91	11.91
المتغير	AE	BE	CE	DE	ABC	ABD	ACD	BCD	ABE	ACE	BCE
LSD (0.05)	16.84	16.84	16.84	16.84	16.84	16.84	16.84	16.84	23.81	23.81	23.81
المتغير	ADE	BDE	CDE	ABCD	ABCE	ABDE	ACDE	BCDE	ABCDE	-	-
LSD (0.05)	23.81	23.81	23.81	23.81	33.67	33.67	33.67	33.67	47.62	-	-
C.V (%)	13.6										

المواسم الزراعية (A)، نظم الفلاحة (B)، الدورة الزراعية (C)، نوع التغطية (D)، الأصناف (E).

1.2.4 متوسط كفاءة استعمال مياه الأمطار (كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$)

كان متوسط كفاءة استعمال مياه الأمطار الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً (10.943 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (7.757 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$). وكان الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (11.114 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (7.586 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$). وكان الأعلى معنوياً بوجود الدورة الزراعية (10.199 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع غياب الدورة الزراعية (8.501 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$). وكان متوسط كفاءة استعمال مياه الأمطار الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (11.125 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما$_4$ (7.462 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) (الجدول، 6). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل التجميعي، أنّ متوسط كفاءة استعمال مياه الأمطار كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت نظام الزراعة الحافظة، بوجود الدورة الزراعية، في حال ترك 50% من البقايا النباتية، ولدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (19.00 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة التقليدية، بغياب الدورة الزراعية، ولدى صنف القمح الطري دوما$_4$ (4.77 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) (الجدول، 6). يُعزى تفوق متوسط كفاءة استعمال مياه الأمطار إلى تقليل الفواقد المائية غير المنتجة (التبخر، والجريان السطحي) نتيجة عدم فلاحة التربة وتعريض طبقات التربة تحت السطحية الرطبة بشكلٍ مباشر إلى أشعة الشمس، وتقي البقايا النباتية التربة من التأثير المباشر للإشعاع الشمسي ما يُقلل من التبخر، وتؤدي دور حاجز فيزيائي يُقلل من الجريان السطحي للمياه، وتزيد معدّل رشح المياه، ما يُسهم في المحافظة على مخزون التربة المائي، ومن ثمّ كمية المياه الكلية المتاحة في منطقة انتشار الجذور، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الفواقد النتحية المنتجة على حساب الفواقد المائية غير المُنتجة، فتزداد قيمة كفاءة استعمال مياه الأمطار (RWUE) (Cárceles Rodríguez et al., 2022). ويحول إدخال المحاصيل البقولية في الدورة الزراعية دون استنفاد محتوى التربة المائي على أعماق محددة ضمن قطاع التربة، بالإضافة إلى أهميتها في إغناء التربة بعنصر الآزوت (Zou et al., 2024). وتُسهم المحاصيل البقولية في زيادة الإفرازات الجذرية Root exudates، التي تعمل على تثبيت المجاميع الترابية، ما يُحسّن

بشكل غير مباشر من قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه (Iheshiulo et al.,2024). ويُساعد عنصر الآزوت مع توافر كمياتٍ أكبر من المياه في منطقة انتشار الجذور في زيادة إنتاجية المياه، من خلال زيادة معدّل نمو الأجزاء الهوائية وتطورها، وتحسين كفاءة النباتات التمثيلية وبالتالي زيادة عدد الزهيرات الخصبة Fertile florets في السنبلة، وعدد الحبوب المتشكلة في السنبلة والنبات، ووحدة المساحة من الأرض، بالإضافة إلى زيادة متوسط وزن الحبة الواحدة، الأمر الذي يؤدي بالمحصلة إلى زيادة غلّة محصول القمح الحبية، ومن ثمَّ إنتاجية المياه (Lynch et al., 2023; Iheshiulo et al., 2024). توافقت هذه النتائج مع نتائج (Jat et al., 2020 ؛Bashour et al., 2016)، حيث عزوا تفوق كفاءة استعمال مياه الأمطار إلى دور الزراعة الحافظة في تقليل معدّل فقد المياه بالتبخر (E) المباشر نتيجة عدم قلب التربة، بالإضافة إلى دور بقايا المحصول المتروكة فوق سطح التربة في تقليل معدّل فقد المياه بالجريان السطحي، وزيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، ما يزيد من كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور.

الجدول رقم (6): تأثير نظام الزراعة الحافظة والمعاملات المدروسة في كفاءة استعمال مياه الأمطار (كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$).

المواسم			الموسم الزراعي الأوّل 2021 - 2022 م					الموسم الزراعي الثاني 2022 - 2023 م					المتوسط العام
المتغيرات / الأصناف			شام5	شام6	دوما 3	دوما 4	المتوسط	شام5	شام6	دوما 3	دوم ا4	المتوسط	
زراعة حافظة	بوجود الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	11.57	14.93	15.89	10.96	13.34	8.05	11.69	12.75	7.35	9.96	**11.65**
		البقايا النباتية	10.39	15.66	19.00	10.94	14.00	6.75	12.50	16.12	7.35	10.68	**12.34**
	بغياب الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	11.95	13.51	14.33	10.01	12.45	8.46	10.15	11.05	6.33	9.000	**10.72**
		البقايا النباتية	11.56	12.62	12.14	9.68	11.50	8.012	9.19	8.63	5.98	7.957	**9.73**
المتوسط			11.37	14.18	15.34	10.40	12.82	7.82	10.88	12.14	6.75	9.40	**11.11^{A}**
زراعة تقليدية	بوجودالدورة الزراعية		9.54	10.89	11.39	8.57	10.10	6.08	7.57	8.09	5.04	6.69	**8.40**
	بغياب الدورة الزراعية		7.86	8.41	8.81	6.98	8.01	5.77	5.83	5.72	4.77	5.52	**6.77**
المتوسط			8.70	9.65	10.10	7.78	9.05	5.931	6.70	6.90	4.90	6.11	**7.58^{B}**
المتوسط العام			**10.03**	**11.91**	**12.72**	**9.09**	**10.94^{A}**	**6.876**	**8.79**	**9.52**	**5.83**	**7.75^{B}**	**9.35**

المتغير	A	B	C	D	E	AB	AC	BC	AD	BD	CD

LSD (0.05)	0.3691	0.3691	0.3691	0.3691	0.3691	0.3691	0.3691	0.3691	0.3691	0.3691	0.3691
	ns	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
المتغير	DE	CE	BE	AE	BCD	ACD	ABD	ABC	ABE	ACE	BCE
LSD (0.05)	0.7383	0.7383	0.7383	0.7383	0.7383	0.7383	0.7383	0.7383	1.0441	1.0441	1.0441
المتغير	ABCD	CDE	BDE	ADE	BCDE	ACDE	ABDE	ABCE	ABCDE	-	-
LSD (0.05)	1.0441	1.0441	1.0441	1.0441	1.4766	1.4766	1.4766	1.4766	2.0882	-	-
C.V (%)	13.8										

المواسم الزراعية (A)، نظم الفلاحة (B)، الدورة الزراعية (C)، نوع التغطية (D)، الأصناف (E).

1.2.5 كفاءة استعمال الآزوت (كغ حبوب. كغ $.N^{-1}$ هكتار$^{-1}$)

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة متوسط كفاءة استعمال الآزوت بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة فيما بينها باستثناء المواسم الزراعية، نوع التغطية، وتفاعل المواسم الزراعية مع نوع التغطية. كان متوسط كفاءة استعمال الآزوت الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (29.48 كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (20.67 كغ حبوب. كغ N. م$^{-2}$). وكان الأعلى معنوياً بوجود الدورة الزراعية (26.12 كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع غيابها (24.03 كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$). وكان متوسط كفاءة استعمال الآزوت الأعلى معنوياً لدى صنفي القمح القاسي شام$_5$ (27.41، كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري شام$_6$ (23.51 كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$)، (الجدول، 7). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل التجميعي، أنّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، بوجود الدورة الزراعية، بوجود محصول التغطية الأخضر، ولدى صنف القمح الطري دوما$_3$ (39.26 كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة التقليدية، بغياب الدورة الزراعية، ولدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (16.05 كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$) (الجدول، 7). عموماً، تُسهم التغطية ببقايا المحصول السابق أو محاصيل التغطية الخضراء في جعل التربة أكثرة برودة ورطوبة، وتحول دون ارتفاع درجة حرارتها، ما يحفز نشاط الميكروبات المشاركة في دورة الآزوت/النيتروجين، حيث أظهرت دراسة نفذها Li et al. (2018) أنّ تقليل فلاحة التربة يزيد بشكلٍ ملحوظ من تكاثر فطريات الميكوريزا الشجرية (Arbuscular mycorrhizal fungi)، والبكتيريا المثبتة للنيتروجين، التي تؤدي دوراً حاسماً في تحسين محتوى التربة من النيتروجين وامتصاصه من قبل النباتات، مما يزيد من كفاءة استخدام الآزوت (NUE). عموماً، يُعزى التباين في صفة كفاءة استعمال الآزوت إلى التباين في محتوى التربة المائي أولاً، وإلى التباين في الغلّة الحبية أو مكوناتها ثانياً. وتُقلل الزراعة الحافظة بشكل فعّال من فقدان الآزوت/ النيتروجين عن طريق الرشح Leaching والتطاير/التبخير Volatilization. وتعمل البقايا النباتية كحاجز فيزيائي يُبطئ عملية تمعدن النيتروجين Mineralization، مما يُزامن بين تحرير وإتاحة عنصر النيتروجين واحتياج نباتات المحصول له، الأمر الذي يزيد من كفاءة استعمال الأسمدة الآزوتية (Maher et al., 2023). يُعزى تفوق صنف القمح القاسي دوما$_3$ بصفة كفاءة استعمال الآزوت إلى تفوقه في كلٍ من الغلّة الحبية، ومتوسط وزن الألف حبة، في

الجدول رقم (7): تأثير نظام الزراعة الحافظة والمعاملات المدروسة في متوسط كفاءة استعمال الآزوت (كغ حبوب. كغ N. هكتار-1).

المواسم			الموسم الزراعي الأول 2021 - 2022 م						الموسم الزراعي الثاني 2022 - 2023 م						المتوسط العام
المتغيرات		الأصناف	شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط	شام5	شام6	دوما3	دوما4	المتوسط	
زراعة حافظة	بوجود الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	27.97	20.45	39.26	29.63	29.33	30.82	16.45	30.74	29.63	26.91	**28.12**
		البقايا النباتية	31.90	34.85	33.33	29.18	32.31	29.91	28.80	34.69	27.87	30.32	**31.32**
	بغياب الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	31.57	33.48	37.25	27.22	32.38	32.73	22.12	36.62	26.93	29.60	**30.99**
		البقايا النباتية	35.15	23.38	24.65	32.45	28.91	30.95	21.94	22.46	28.90	26.06	**27.49**
المتوسط			31.65	28.04	33.62	29.62	30.73	31.10	22.33	31.13	28.33	28.22	**29.48 A**
زراعة تقليدية	بوجودالدورة الزراعية		27.09	27.09	18.59	16.99	21.75	27.04	26.44	21.49	18.16	23.28	**22.51**
	بغياب الدورة الزراعية		21.74	14.70	17.46	21.72	18.91	20.66	19.09	16.05	19.18	18.75	**18.83**
المتوسط			23.02	20.89	18.03	19.36	20.33	23.85	22.76	18.77	18.67	21.01	**20.67 B**
المتوسط العام			**27.34**	**24.47**	**25.82**	**24.49**	**25.53 A**	**27.48**	**22.55**	**24.95**	**23. 50**	**24.62 A**	**25.07**

حين يُعزى تفوق صنف القمح القاسي شام5 في كفاءة استعمال الآزوت إلى تفوقه في صفة متوسط عدد الحبوب في وحدة المساحة من الأرض. عموماً، تُعد أصناف القمح القاسي أكثر كفاءة في استعمال الآزوت بالمقارنة مع أصناف القمح الطري المدروسة. ومن المرجح أن ارتفاع كفاءة استخدام النيتروجين في أصناف القمح القاسي يعود إلى تفوقها في كفاءة إعادة توزيع الآزوت Nitrogen remobilization efficiency (NRE) داخلها، وهي القدرة على نقل النيتروجين من الأنسجة الخضرية إلى الحبوب أثناء تكوينها (Lupini et al., 2021)، مما يفسر سبب قدرة أصناف مثل شام5 على تحقيق غلة حبوب أعلى لكل وحدة من النيتروجين الممتص. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Tyagi et al. (2024) هو نتيجة تفاعل مجموعة من العوامل (الوراثية، والممارسات الزراعية).

المواسم الزراعية (A)، نظم الفلاحة (B)، الدورة الزراعية (C)، نوع التغطية (D)، الأصناف (E).

المتغير	A	B	C	D	E	AB	AC	BC	AD	BD	CD
LSD (0.05)	1.70 ns	1.709	1.709	1.709 ns	2.417	2.417	2.417	2.417	2.417 ns	2.417	2.417
المتغير	AE	BE	CE	DE	ABC	ABD	ACD	BCD	ABE	ACE	BCE
LSD (0.05)	3.418	3.418	3.418	3.418	3.418	3.418	3.418	3.418	4.834	4.834	4.834
المتغير	ADE	BDE	CDE	ABCD	ABCE	ABDE	ACDE	BCDE	ABCDE	-	-
LSD (0.05)	4.834	4.834	4.834	4.834	6.837	6.837	6.837	6.837	9.669	-	-
C.V (%)	23.8										

محتوى التربة من المادة العضوية (%)

كان محتوى التربة من المادة العضوية الأعلى معنوياً ($P\leq0.05$) خلال الموسم الزراعي الثاني (0.5229%) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الأوّل (0.4748%) (الجدول، 8). ويُعزى ذلك إلى أنّ الرطوبة المرتفعة، وارتفاع درجات الحرارة خلال الموسم الزراعي الأوّل قد أدّت إلى تسريع معدّل تفكك المادة العضوية بفضل الكائنات الحية الدقيقة إلى عناصر معدنية مغذية بسيطة قابلة للامتصاص من قبل جذور النباتات، وهذا ضروري جداً لتأمين احتياجات النباتات من العناصر المغذية، لأنّ نمو النباتات كان أكبر خلال الموسم الزراعي الأوّل بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني. كان محتوى التربة من المادة العضوية الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (0.5988%) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (0.3990%). تتوافق هذه النتائج مع نتائج Xue et al. (2015)، حيث بيّنوا أنّ عملية الحراثة المتكررة والمكثفة Intensive soil tillage أدّت إلى تهديم بناء التربة، وقلّلت من حجم الكتل الترابية، الأمر الذي زاد من حساسيتها للانجرافين الريحي والمائي، وسرّعت من معدّل فقدان كربون التربة، نتيجة زيادة وتيرة أكسدة المادة العضوية. وكان محتوى التربة من المادة العضوية معنوياً أعلى بوجود الدورة الزراعية (0.5454 %) بالمقارنة غياب الدورة الزراعية (0.4523%). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Blanco-Canqui (2018) ، حيث بيّن أنّ تطبيق الدورة الزراعية وزراعة محاصيل التغطية يُساعد في زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، وتحد من الإنجرافين الريحي والمائي، وتحافظ على رطوبة التربة، وتُساعد التربة على استعادة نشاطها الحيوي Biological activity. وكان الأعلى معنوياً في حال ترك 50% من البقايا النباتية للمحصول السابق (0.5946%) بالمقارنة مع زراعة محصول التغطية الأخضر (0.4031%). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Boulal et al. (2011)، ومع نتائج Powlson et al. (2016)، حيث بيّنوا جميعاً أنّ ترك أكبر كمية من البقايا النباتية أدّى إلى تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، الأمر الذي أدّى إلى زيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها، وزاد مقاومة التربة للإنجراف، وحسّن من خصوبتها وساعد التربة على استعادة نشاطها الحيوي (Singh, 2011) . وكان محتوى التربة من المادة العضوية الأعلى معنوياً عند العمق الأوّل (0-20 سم) (0.5510%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند العمق الثاني (20-40 سم) (0.4467%). ويُلاحظ أنّ محتوى التربة من المادة العضوية يتناقص بشكلٍ معنوي وطردي مع زيادة عمق قطاع التربة، وهذا شيء طبيعي لأنّ المادة العضوية عادةً ما تتركز ضمن طبقات التربة السطحية، وبخاصة تحت ظروف الزراعة الحافظة، نتيجة عدم قلب بقايا المحصول السابق وطمرها على أعماقٍ كبيرة (Kaye and Quemada, 2017). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل التجميعي، أنّ محتوى التربة من المادة العضوية كان الأعلى معنوياً خلال الموسمين الزراعيين الثاني والأوّل، بوجود الدورة الزراعية، في حال ترك 50% من البقايا النباتية للمحصول السابق، عند

العمق الأوّل (0.7983، 0.7483% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة التقليدية، بغياب الدورة الزراعية، عند العمق الثاني (0.35%) (الجدولين، 16؛ 17). عموماً، يُعد محتوى التربة من المادة العضوية من أهم العوامل المحددة لثباتية الكتل الترابية (Le Bissonnais et al., 2007). فقد أدّت زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، وتحسين نوعية المادة العضوية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية إلى زيادة حجم الكتل الترابية Aggregates size، وثباتيتها، ما أدّى إلى زيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، والحد من الجريان السطحي للمياه Surface run-off، الأمر الذي يّقلل من إمكانية حدوث الإنجراف المائي للتربة.

الجدول رقم (8): تأثير نظام الزراعة الحافظة والمعاملات المدروسة في متوسط محتوى التربة من المادة العضوية (%) خلال موسمي الزراعة.

المواسم			الموسم الزراعي الأوّل 2021 - 2022 م			الموسم الزراعي الثاني 2022 - 2023 م			المتوسط العام
المتغيرات		الأعماق	العمق الأوّل (0 – 20 سم)	العمق الثاني (20 – 40 سم)	المتوسط	العمق الأوّل (0 – 20 سم)	العمق الثاني (20 – 40سم)	المتوسط	
زراعة حافظة	بوجود الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	0.5167	0.4600	0.4883	0.5667	0.5100	0.5383	**0.5133**
		البقايا النباتية	0.8800	0.6567	0.7683	0.9300	0.7067	0.8183	**0.7933**
	بغياب الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	0.4600	0.4500	0.4550	0.4967	0.5000	0.4983	**0.4766**
		البقايا النباتية	0.6533	0.5200	0.5867	0.7033	0.5700	0.6367	**0.6117**
المتوسط			0.6275	0.5217	0.5746	0.6742	0.5717	0.6229	**0.5988^{A}**
زراعة تقليدية	بوجودالدورة الزراعية		0.4667	0.3583	0.4125	0.5167	0.4083	0.4625	**0.4375**
	بغياب الدورة الزراعية		0.3900	0.2850	0.3375	0.4317	0.3350	0.3833	**0.3604**
المتوسط			0.4283	0.3217	0.3750	0.4742	0.3717	0.4229	**0.3990^{B}**
المتوسط العام			**0.5279**	**0.4217**	**0.4748^{B}**	**0.5742**	**0.4717**	**0.5229 A**	**0.4989**

المواسم الزراعية (A)، نظم الفلاحة (B)، الدورة الزراعية (C)، نوع التغطية (D)، الأعماق (E).

المتغير	A	B	C	D	E	AB	AC	BC	AD	BD	CD
LSD (0.05)	0.02435	0.02435	0.02435	0.02435	0.02435	0.03443	0.03443	0.03443	0.03443	0.03443	0.03443
المتغير	AE	BE	CE	DE	ABC	ABD	ACD	BCD	ABE	ACE	BCE
LSD (0.05)	0.03443	0.03443	0.03443	0.03443	0.04870	0.04870	0.04870	0.04870	0.04870	0.04870	0.04870
المتغير	ADE	BDE	CDE	ABCD	ABCE	ABDE	ACDE	BCDE	ABCDE	-	-
LSD (0.05)	0.04870	0.04870	0.04870	0.06887	0.06887	0.06887	0.06887	0.06887	0.09739	-	-
C.V (%)	12.0										

1.2.6 محتوى التربة المائي خلال مرحلة الإزهار(%)

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في محتوى التربة المائي خلال مرحلة الإزهار بين جميع العوامل المدروسة والتفاعلات المتبادلة فيما بينها. فقد كان محتوى التربة المائي خلال مرحلة الإزهار الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الأوّل (17.87%) بالمقارنة مع الموسم الثاني (14.67%) (الجدول، 9). كما تفوق نظام الزراعة الحافظة (17.99%) على النظام التقليدي (14.55%). تنسجم هذه النتائج مع ما ذكره Abdallah et al. (2021) حول دور الزراعة الحافظة في الحد من الفواقد المائية وتحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، مما يرفع كفاءة استخدام المياه. ارتفع محتوى التربة المائي أيضاً في القطع التي طُبقت فيها الدورة الزراعية (16.54%) مقارنةً بغيابها (16.00%). أما من حيث التغطية، فقد كانت القيم الأعلى معنوياً عند ترك 50% من بقايا المحصول السابق (17.23%) بالمقارنة مع زراعة محصول التغطية الأخضر (15.31%). ويُعزى ذلك إلى أن التغطية بالبقايا النباتية تُقلل التبخر بشكلٍ مباشر، في حين أنّ الغطاء الأخضر قد يستهلك جزءاً من الماء عبر النتح. وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Sharma El-Beltagi et al. (2022) من أنّ استخدام البقايا النباتية (Mulching) يُعد استراتيجية فعّالة للتقليل من الإجهاد المائي في البيئات الجافة وشبه الجافة. أمّا بالنسبة لأعماق التربة، فقد كان المحتوى المائي أعلى معنوياً عند العمق (20–40 سم) (17.57%) بالمقارنة مع العمق (0–20 سم) (14.87%) (الجدول، 9). ويُعزى ذلك إلى انخفاض معدّلات التبخر في الطبقات العميقة نسبياً بالمقارنة مع السطحية. وفيما يخص التفاعل التجميعي لكل المتغيرات، فقد تحقق أعلى محتوى مائي خلال الموسم الأوّل تحت ظروف الزراعة الحافظة عند العمق السطحي (0–20 سم) بوجود الدورة الزراعية (21.8%) أو غيابها (20.75%)، في حين سُجلت أدنى القيم خلال الموسم الثاني تحت الزراعة التقليدية، عند العمق (20–40 سم) سواء بوجود الدورة الزراعية أو غيابها (12.17%). وتدعم هذه النتائج ما توصل إليه Jug et al. (2018) الذين أوضحوا أنّ الزراعة الحافظة مع ترك نسب متفاوتة من بقايا المحاصيل (100، 75، 50%) تُحافظ على مستويات أعلى من الرطوبة في طبقات التربة الأعمق (40–60 سم) خلال مرحلة الإزهار.

الجدول رقم (9): تأثير نظام الزراعة الحافظة والمعاملات المدروسة في متوسط محتوى التربة المائي (مرحلة الإزهار) (%).

المواسم			الموسم الزراعي الأوّل 2021 - 2022 م			الموسم الزراعي الثاني 2022 - 2023 م			المتوسط العام
المتغيرات / الأعماق			العمق الأوّل (0 – 20 سم)	العمق الثاني (20 – 40 سم)	المتوسط	العمق الأوّل (0 – 20 سم)	العمق الثاني (20 – 40 سم)	المتوسط	
زراعة حافظة	بوجود الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	17.10	20.63	18.87	13.70	17.00	15.35	**17.11**
		البقايا النباتية	19.47	22.97	21.22	16.00	19.67	17.83	**19.53**
	بغياب الدورة الزراعية	محصول التغطية الأخضر	17.40	19.50	18.45	14.00	16.00	15.00	**16.73**
		البقايا النباتية	18.70	22.00	20.35	15.00	18.67	16.83	**18.59**
المتوسط			18.17	21.28	19.72	14.67	17.83	16.25	**17.99^{A}**
زراعة تقليدية	بوجودالدورة الزراعية		14.85	17.68	16.27	12.17	14.33	13.25	**14.76**
	بغياب الدورة الزراعية		14.87	16.68	15.77	12.17	13.67	12.92	**14.35**
المتوسط			14.86	17.18	16.02	12.17	14.00	13.08	**14.55^{B}**
المتوسط العام			**16.51**	**19.23**	**17.87^{A}**	**13.42**	**15.92**	**14.67^{B}**	**16.27**

المتغير	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	BC	BD	CD
LSD (0.05)	0.413	0.413	0.413	0.413	0.413	0.584	0.584	0.584	0.584	0.584	0.584
المتغير	AE	BE	CE	DE	ABC	ABD	ACD	ABE	BCD	ACE	BCE
LSD (0.05)	0.584	0.584	0.584	0.584	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825
المتغير	ADE	BDE	CDE	ABCD	ABCE	ABDE	ACDE	BCDE	ABCDE	-	-
LSD (0.05)	0.825	0.825	0.825	1.167	1.167	1.167	1.167	1.167	1.650	-	-
C.V (%)	6.2										

المواسم الزراعية (A)، نظم الفلاحة (B)، الدورة الزراعية (C)، نوع التغطية (D)، الأعماق (E).

1.2.7 الاستنتاجات

1. أظهر نظام الزراعة الحافظة (CA) كحزمة زراعية متكاملة فعّالية واضحة في تحسين مكونات الغلّة، من خلال زيادة متوسط عدد الحبوب في وحدة المساحة، ووزن الألف حبة، والغلتين الحيوية والحبية.
2. أسهمت الزراعة الحافظة في تعزيز قدرة نباتات القمح التكيفية عبر تقليل الفواقد المائية غير المنتجة وزيادة الفواقد النتحية المنتجة، مما انعكس إيجاباً على كفاءة استخدام مياه الأمطار.
3. يُعزى تفوق صنف القمح القاسي دوما3 في كفاءة استخدام مياه الأمطار إلى تفوقه في الغلّة الحبية.
4. يُعد كل من صنف القمح القاسي دوما3 وصنف القمح الطري شام6 الأكثر ملاءمة لنظام الزراعة الحافظة في المنطقة الجنوبية (إزرع – سورية)، حيث سجلا أعلى القيم في الغلّة الحبية والحيوية.
5. يعتمد نجاح نظام الزراعة الحافظة على تكامل الممارسات الزراعية (الدورة الزراعية، ترك بقايا المحصول، أو زراعة محاصيل التغطية) واختيار الأصناف الملائمة لتحقيق الفوائد المرجوة.
6. كان للتباين في وزن الألف حبة تأثير أكبر من التباين في عدد الحبوب في وحدة المساحة في تحديد الغلّة الحبية النهائية تحت تأثير الممارسات الزراعية المدروسة.
7. عزز نظام الزراعة الحافظة محتوى التربة المائي عبر زيادة معدّل الرشح إلى باطن التربة، وخفض الفواقد بالتبخر والجريان السطحي، وحسّن قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه والتوصيل المائي، مما يفسر ارتفاع كفاءة استخدام المياه (إنتاجية المياه)، ما يزيد من قدرة النظم الزراعية التكيفية في ظل التغيرات المناخية، ويحافظ على استقرار الإنتاج الزراعي، وتعزيز الأمن الغذائي.

1.2.8 التوصيات RECOMMENDATIONS

1. يُوصى بزراعة صنف القمح القاسي دوما3، وصنف القمح الطري شام6 في المنطقة الجنوبية من سورية (إزرع)، كونهما الأكثر استجابةً لنظام الزراعة الحافظة، حيث تفوقا معنوياً في الغلتين الحبية والحيوية مقارنةً مع الأصناف الأخرى المدروسة، مما يُسهم في تعزيز الأمن الغذائي الوطني والعربي.
2. يُوصى باستبدال نظام الزراعة التقليدية القائم على الحراثة المكثفة وإزالة بقايا المحصول السابق، بنظام الزراعة الحافظة كحزمة متكاملة، ولاسيما في البيئات الجافة وشبه الجافة، وذلك للحصول على أعلى غلّة حبية، وزيادة كفاءة استعمال مياه الأمطار والسماد الآزوتي، وتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية للتربة.
3. يُوصى بإدخال المحاصيل البقولية في الدورة الزراعية لما لها من دور في تحسين دورة العناصر المعدنية المغذية، وزيادة محتوى التربة من الآزوت المثبَّت حيوياً بواسطة العقد البكتيرية المتعايشة مع جذور النباتات البقولية.
4. يُوصى بترك نسبة مناسبة من بقايا المحصول السابق (50% كحدٍ أدنى) أو زراعة محاصيل التغطية الخضراء، لما لذلك من دور في تحسين خصوبة التربة وزيادة محتواها من المادة العضوية، وتعزيز احتفاظها بالمياه، والحد من الانجراف المائي والريحي، الأمر الذي يُسهم في استدامة الإنتاج الزراعي.

المراجع References:

1. Abdallah, A., Jat, H. S., Choudhary, M., & Abdelaty, E. F. (2021). Conservation agriculture effects on soil water holding capacity and water-saving varied with management practices and

agroecological conditions: A review. Agronomy, 11(9), 1681. https://doi.org/10.3390/agronomy11091681

2. Abunqta, M. (1987). Methods for determining soil organic matter in arid regions (Unpublished doctoral dissertation). Damascus University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science.

3. Al-Ouda, A. (2013). Effect of tillage systems on wheat productivity and precipitation use efficiency under dry farming system in the North East of Syria. The Arab Journal for Arid Environments, 6(2), 3–11.

4. Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C., & Serret, M. D. (2008). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences, 27(5–6), 377–412. https://doi.org/10.1080/07352680802467701

5. Bashour, I., Al-Ouda, A., Kassam, A., Bachour, R., Jouni, K., Hansmann, B., & Estephan, C. (2016). An overview of conservation agriculture in the dry Mediterranean environments with a special focus on Syria and Lebanon. AIMS Agriculture and Food, 1(1), 67–84. https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.1.67

6. Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. In A. Klute (Ed.), Methods of soil analysis, Part 1: Physical and mineralogical methods (2nd ed., pp. 363–375). American Society of Agronomy.

7. Blanco-Canqui, H. (2018). Cover crops and water quality. Agronomy Journal, 110(5), 1633–1647.

8. Boulal, H., Gómez-Macpherson, H., Gómez, J. A., & Mateos, L. (2011). Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops. Soil & Tillage Research, 115–116, 62–70.

9. Bouzza, A. (1990). Water conservation in wheat rotation under several management and tillage systems in semiarid areas (Doctoral dissertation). University of Nebraska, Lincoln, NE, USA.

10. Cárceles Rodríguez, B., Durán-Zuazo, V. H., Soriano Rodríguez, M., García-Tejero, I. F., Gálvez Ruiz, B., & Cuadros Tavira, S. (2022). Conservation agriculture as a sustainable system for soil health: A review. Soil Systems, 6(4), 87. https://doi.org/10.3390/soilsystems6040087

11. Chopra, S. L., & Anwar, J. (1991). Soil science (6th ed.). New Delhi: Oxford & IBH Publishing Co.

12. Cicek, H., Schoeber, M., Gültekin, I., Kim, T. H., Heer, A., Partigöç, F., Arısoy, R. Z., Aksoyak, Ş., Özdemir, F., & Riar, A. (2025). Superior wheat yield and profitability in conservation agriculture with diversified rotations vs. conventional tillage in cold arid climates. Land, 14(7), 1331. https://doi.org/10.3390/land14071331
13. Das, S., Chatterjee, S., Raj, R., Singh, S., & Kushwaha, K. K. (2023). Tillage and crop residue management practices affect soil biological indicators in a rice-wheat cropping system in India. Applied Soil Ecology, 192, 105093. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105093
14. Ding, Z., Ali, E. F., Elmahdy, A. M., Abdelhamid, M. T., Kheir, A. M., & Eissa, D. (2020). Modeling the combined effect of water and nitrogen on the growth and yield of wheat in arid regions. Agronomy, 10(9), 1283.
15. El-Beltagi, H. S., Basit, A., Mohamed, H., & Ali, I. (2022). Mulching as a sustainable water and soil saving practice in agriculture: A review. Agronomy, 12(8), 1881. https://doi.org/10.3390/agronomy12081881
16. Fahad, S., Sonmez, O., Saud, S., Wang, D., Wu, C., Adnan, M., & Turan, V. (Eds.). (2021). Engineering tolerance in crop plants against abiotic stress. CRC Press.
17. FAO. (2020). The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/land-water/resources/fao-publications/en/
18. FAO. (2021). The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/land-water/resources/fao-publications/en/
19. FAO. (2022). The future of food and agriculture – Drivers and triggers for transformation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cc0959en
20. FAO. (2022). The state of agricultural commodity markets 2022. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/
21. FAO. (2022). World food and agriculture – Statistical yearbook 2022. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
22. FAO. (2022). World food and agriculture – Statistical yearbook 2022. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

23. FAO. (2023). AQUASTAT – FAO's global information system on water and agriculture: Country profiles – Regional overview – Near East and North Africa. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/aquastat/en/
24. FAO. (2023). The state of food and agriculture 2023: Water use efficiency in agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/publications/sofa/2023
25. FAO. (2023). The state of food and agriculture 2023: Water use efficiency in agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/publications/sofa/2023
26. FAO. (2024). Conservation agriculture: Approaches for wider adoption – A status report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc7237en
27. FAO. (2024). Conservation agriculture: Approaches for wider adoption – A status report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc7237en
28. FAO. (2024). The future of food: Emerging trends in grain processing. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
29. FAO. (2024). The future of food: Emerging trends in grain processing. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
30. Farooq, M., Hussain, M., & Siddique, K. H. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. Critical Reviews in Plant Sciences, 33(4), 331–349. https://doi.org/10.1080/07352689.2014.907377
31. Gifford, R. M., Thorne, J. H., Hitz, W. D., & Giaquinta, R. D. (1984). Crop productivity and photo-assimilate partitioning. Science, 225, 801–808.
32. González-Sánchez, E. J., Veroz-Gonzalez, O., Blanco-Roldán, G. L., Marquez-García, F., & Carbonell-Bojollo, R. (2015). A renewed view of conservation agriculture and its evolution over the last decade in Spain. Soil and Tillage Research, 146(Part B), 204–212. https://doi.org/10.1016/j.still.2014.10.016
33. González-Sánchez, E. J., Veroz-González, O., Blanco-Roldán, G. L., Márquez-García, F., & Carbonell-Bojollo, R. (2020). Soil conservation practices and water use efficiency in rainfed agriculture: A review. Agronomy for Sustainable Development, 40(4), 38. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00642-2

34. González-Sánchez, E. J., Veroz-González, O., Blanco-Roldán, G. L., Marquez-Garcia, F., & Carbonell-Bojollo, R. (2020). Soil conservation practices and water use efficiency in rainfed agriculture: A review. Agronomy for Sustainable Development, 40(4), 38.
35. Hernández, J., Parras, L., & Lozano, D. (2023). Long-term impact of conservation agriculture on yield and water productivity in Mediterranean rainfed wheat systems. Agricultural Water Management, 276, 108075.
36. Hoerling, M., Hurrell, J., Eischeid, J., & Phillips, A. (2011). On the increased frequency of Mediterranean drought. Journal of Climate, 25(6), 2146–2161. https://doi.org/10.1175/2011JCLI4084.1
37. Iheshiulo, E. M.-A., Larney, F. J., Hernandez-Ramirez, G., St. Luce, M., Chau, H. W., & Liu, K. (2024). Crop rotations influence soil hydraulic and physical quality under no-till on the Canadian prairies. Agriculture, Ecosystems & Environment, 361, 108820. https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108820
38. Jat, H. S., Kumar, P., Sutaliya, J. M., Kumar, S., Choudhary, M., Singh, Y., & Jat, M. L. (2020). Conservation agriculture-based sustainable intensification in cereal systems of Indo-Gangetic plains: Advancements and future challenges. Indian Journal of Agricultural Sciences, 90(11), 2041–2054.
39. Jat, H. S., Kumar, P., Sutaliya, J. M., Kumar, S., Choudhary, M., Singh, Y., & Jat, M. L. (2020). Conservation agriculture-based sustainable intensification in cereal systems of Indo-Gangetic plains: Advancements and future challenges. Indian Journal of Agricultural Sciences, 90(11), 2041–2054.
40. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., & Vukadinović, V. (2018). The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change. Poljoprivreda, 24(1), 35–44. https://doi.org/10.18047/poljo.24.1.5
41. Kanbar, O., Al-Shahadeh, A., & Hadeed, M. (2015). Role of conservation agriculture in improving wheat productivity and soil chemical properties under rainfed conditions in the southern region of Syria. Arabian Journal of Arid Environments, 8(1–2), 15–25.
42. Kassam, A., & Derpsch, R. (2023). Achievements and future challenges in conservation agriculture. Soil and Tillage Research, 234, 105850. https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105850
43. Kassam, A., Friedrich, T., & Derpsch, R. (2018). Global spread of conservation agriculture. International Journal of Environmental Studies, 76(1), 29–51. https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927

44. Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R., & Kienzle, J. (2019). Conservation agriculture: Global adoption and impact on crop yields, water, and soil. Agriculture, Ecosystems & Environment, 269, 132–140. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.12.004
45. Kaye, J. P., & Quemada, M. (2017). Using cover crops to mitigate and adapt to climate change: A review. Agronomy for Sustainable Development, 37(1), 4.
46. Lal, R. (2020). Soil organic carbon and climate change. Geoderma, 367, 114257. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114257
47. Le Bissonnais, Y., Blavet, D., De Noni, G., Laurent, J. Y., Asseline, J., & Chenu, C. (2007). Erodibility of Mediterranean vineyard soils: Relevant aggregate stability methods and significant soil variables. European Journal of Soil Science, 58, 188–195.
48. Li, Q., Gao, Y., Hamani, A. K. M., Fu, Y., Liu, J., Wang, H., & Wang, X. (2023). Effects of warming and drought stress on the coupling of photosynthesis and transpiration in winter wheat (Triticum aestivum L.). Applied Sciences, 13(5), 2759. https://doi.org/10.3390/app13052759
49. Li, Y., Chang, S. X., Tian, L., & Zhang, Q. (2018). Conservation agriculture practices increase soil microbial biomass carbon and nitrogen in agricultural soils: A global meta-analysis. Soil Biology and Biochemistry, 121, 50–58. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.024
50. Lupini, A., Preiti, G., Badagliacca, G., Abenavoli, M. R., Sunseri, F., Monti, M., & Bacchi, M. (2021). Nitrogen use efficiency in durum wheat under different nitrogen and water regimes in the Mediterranean Basin. Frontiers in Plant Science, 11, 607226. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607226
51. Lynch, J. P., et al. (2023). Root phenotypes for improved water capture and productivity under drought. Plant, Cell & Environment, 46(4), 1087–1105.
52. Maher, H., Moussadek, R., Zouahri, A., Douaik, A., Amenzou, N. E., Benmansour, M., Iaaich, H., Dakak, H., El Mouridi, Z., Bellaouchou, A., & Ghanimi, A. (2023). Nitrogen use efficiency using the 15N dilution technique for wheat yield under conservation agriculture and nitrogen fertilizer. Nitrogen, 4(4), 369–381. https://doi.org/10.3390/nitrogen4040026
53. Martínez, D. A., et al. (2023). Superior wheat yield and profitability in conservation agriculture with diversified rotations vs. conventional tillage in cold arid climates. Land, 14(7), 1331. https://doi.org/10.3390/land14071331
54. Martínez-Mena, M., et al. (2024). Restoring soil quality of woody agroecosystems in Mediterranean drylands through regenerative agriculture. Plant and Soil.

https://www.researchgate.net/publication/344770565_Restoring_soil_quality_of_woody_agroecosystems_in_Mediterranean_drylands_through_regenerative_agriculture
55. Moll, R. H., Kamprath, E. J., & Jackson, W. A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal, 74(3), 562–564. https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400030015x
56. Mrabet, R. (2011). Effects of residue management and cropping systems on wheat yield stability in a semiarid Mediterranean clay soil. American Journal of Plant Sciences, 2(2), 202–216. https://doi.org/10.4236/ajps.2011.22027
57. Othman, M. (2015). Evaluation of durum wheat and lentil performance under conservation agriculture compared to conventional agriculture in the northeastern region of Syria (Master's thesis). University of Damascus, Faculty of Agriculture, Syrian Arab Republic.
58. Patil, S., Pawar, A., Bisarya, D., Kumar, V., Kumar, S., & Jadhav, V. (2023). Mulching: A sustainable solution for soil and water conservation. Biological Forum – An International Journal, 14(4a), 619–623.
59. Pittelkow, C. M., Liang, X., Linquist, B. A., van Groenigen, K. J., Lee, J., Lundy, M. E., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R. T., & van Kessel, C. (2015). Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. Nature, 517(7534), 365–368. https://doi.org/10.1038/nature13809
60. Powlson, D. S., et al. (2016). Does conservation agriculture deliver climate change mitigation through soil carbon sequestration in tropical agro-ecosystems? Agriculture, Ecosystems & Environment, 220, 164–174.
61. Russell, D. F. (1996). MSTAT-C: A microcomputer program for the design, arrangement, and analysis of agronomic research experiments (Version 4.2). Michigan State University, Department of Crop and Soil Sciences.
62. Sakine, O. (2005). Effects of tillage on productivity of a winter wheat-vetch rotation under dryland Mediterranean conditions. Soil and Tillage Research, 82, 1–8.
63. Sallam, A., Alqudah, A. M., Dawood, M. F., Baenziger, P. S., & Börner, A. (2019). Drought stress tolerance in wheat and barley: Advances in physiology, breeding and genetics research. International Journal of Molecular Sciences, 20(13), 3137. https://doi.org/10.3390/ijms20133137
64. Singh, S. P. (2011). Conservation agriculture and water productivity. Pantnagar: G. B. Pant University of Agriculture & Technology.

65. Stagnari, F., Ramazzotti, S., & Pisante, M. (2023). Conservation agriculture: A paradigm shift for sustainable production intensification. In Sustainable Agriculture Reviews (Vol. 58). Springer.
66. Tyagi, V., Nagargade, M., Govindasamy, P., & Babu, S. (2024). Precision nitrogen management strategies and high-yielding genotypes for enhanced growth, yield, economics, and nitrogen use efficiency in wheat. Journal of Plant Nutrition, 47(4), 1–20. https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2380788
67. UN Water. (2021). Summary progress update 2021 – SDG 6: Water and sanitation for all. United Nations. https://www.unwater.org/publications/
68. UNDESA. (2022). World population prospects 2022: Summary of results. United Nations. https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022
69. UNEP. (2024). World Environment Day 2024: Accelerating land restoration to combat drought and desertification. Nairobi: United Nations Environment Programme. https://www.unep.org/news-and-stories/statements/world-environment-day-2024-accelerating-land-restoration-drought
70. World Bank Group. (2024). Water for food: Modernizing agriculture for a climate-smart future. Washington, DC: World Bank. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099121924041510940
71. World Bank. (2022). Driving transformational climate action and green recovery in MENA. Washington, DC: World Bank. https://thedocs.worldbank.org/en/doc/6f868d4a875db3ef23ef1dc747fcf2ca-0280012022/original/MENA-Roadmap-Final-01-20.pdf
72. World Bank. (2023). Agriculture and food: Development news, research, data. https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture
73. World Bank. (2024). Climate and development in the Middle East and North Africa: Roadmap 2021–2025. Washington, DC: World Bank. https://www.worldbank.org/en/region/mena/brief/climate-and-development-in-the-middle-east-and-north-africa
74. Xue, J.-F., Pu, C., Liu, S.-L., Chen, Z.-D., Chen, F., Xiao, X.-P., Lal, R., & Zhang, H.-L. (2015). Effects of tillage systems on soil organic carbon and total nitrogen in a double paddy

cropping system in Southern China. Soil and Tillage Research, 153, 161–168. https://doi.org/10.1016/j.still.2015.08.005

75. Zdruli, P., & Kapur, S. (2022). Soil organic matter in the soils of Southern Europe. Mediterranean Agronomic Institute of Bari. https://www.researchgate.net/publication/395448142_Soil_Analytical_Capabilities_for_Sustainable_Land_Management_Across_National_Soil_Services_in_the_Mediterranean.