الزراعة الحافظة

إعداد:

الأستاذ الدكتور أيمن الشحاذه العوده

رئيس برنامج الحبوب والزراعة الحافظة

أكساد 2024

تمهيد

تُعد التغيرات المناخية السبب الرئيس لتباين إنتاجية الأنواع النباتية، وتؤثر سلباً في استقرار الإنتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني، وتُهدد استقرار النظم البيئية الطبيعية (المراعي، والغابات). أدّى ازدياد النشاط البشري خلال العقود الثلاثة المنصرمة إلى ارتفاع تركيز الملوثات الجوية، التي ترافقت مع ارتفاعٍ مضطّرد في درجة حرارة الغلاف الجوي، واستنزاف طبقة الأوزون، الأمر الذي بات يُشكل تهديداً حقيقاً لاستقرار النظم البيئية الزراعية، وسلامة التجمعات البشرية، وأمنهم الغذائي، حيث تؤثر التغيرات المناخية سلباً في كفاءة النظم البيئية، ومقدرتها على توفير السلع الغذائية والخدمات الرئيسة التي تتطلبها التنمية الاقتصادية والاجتماعية، والمياه والهواء النظيفين، والطاقة، والمسكن الآمن. تُعد الدول النامية، والمجتمعات الريفية الفقيرة أكثر حساسيةً للمخاطر البيئية الناجمة عن التبدلات المناخية، وتتوقف مقدرتهم على التعامل مع مثل هذه الأحداث المتطرفة على الخصائص الطبيعية والاجتماعية، والموارد المتاحة لاستخدامها في التخفيف من المخاطر والتكيف مع التغيرات المناخية. يتطلب تأمين الاحتياجات السكانية المتزايدة من الغذاء، ومتطلبات الثروة الحيوانية من الأعلاف ضرورة العمل على زيادة متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال تكثيف الإنتاج الزراعي، الذي يتطلب التحضير الجيد للتربة قبل الزراعة، وزيادة معدّلات الأسمدة المعدنية والمبيدات الكيميائية المُضافة، وإضافة كمياتٍ أكبر من مياه الري، ولكن تؤدي للأسف مثل هذه الممارسات الزراعية إلى زيادة تكاليف الإنتاج الزراعي، وإلحاق الضرر بالنظم البيئية الزراعية. وإنطلاقاً مما سبق، كان لا بدّ من تطبيق التقانات الزراعية المبتكرة والذكية مناخياً، التي تضمن زيادة الإنتاج الزراعي، والحد من معدّلات انبعاثات غازات الدفيئة، وتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، مع المحافظة على استدامة الموارد الطبيعية الزراعية (التربة، والمياه). ويمكن تحقيق ذلك من خلال تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA)، الذي يُسهم في زيادة كفاءة استعمال الموارد المائية المتاحة بكمياتٍ محدودة، ووقف عملية تدهور الأراضي الزراعية، وتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، وزيادة الإنتاجية، وتقليل انبعاث غازات الدفيئة، وزيادة الإنتاج الزراعي، الأمر الذي سيُسهم في تأمين المتطلبات الغذائية المتزايدة للسكان، وصولاً إلى تحقيق الأمن الغذائي.

المدير العام

الأستاذ الدكتور نصر الدين العبيد

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
تمهيد	3
فهرس المحتويات	5
فهرس الأشكال	6
فهرس الجداول	7
فهرس الصور	9
فهرس الاختصارات	10
الفصل الأوّل: مفهوم الزراعة الحافظة وأسس تطبيقها كحزمةٍ زراعية متكاملة.	11
الفصل الثاني: الزراعة الحافظة ومتطلبات التبني في الوطن العربي.	27
الفصل الثالث: إدارة بقايا المحاصيل في حقول الزراعة الحافظة.	35
الفصل الرابع: إدارة الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة.	49
الفصل الخامس: دور الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية الترب الزراعية وإعادة تأهيل الأراضي الزراعية المتدهورة.	61
الفصل السادس: دور الزراعة الحافظة كتقانة مبتكرة وذكية مناخياً في ظل التغيرات المناخية.	77
الفصل السابع: دور منظمة المركز العربي (أكساد) في تطبيق ونشر نظام الزراعة الحافظة في الوطن العربي.	93
الفصل الثامن: دور الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية المياه والأنواع المحصولية في البيئات الجافة وشبه الجافة العربية.	119
الفصل التاسع: الأهمية التطبيقية والجدوى الاقتصادية لنظام الزراعة الحافظة.	137
الفصل العاشر: آلة البذر في نظام الزراعة الحافظة.	151
المراجع	161

فهرس الأشكال

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
1	انبعاثات غاز CO_2 من حرق بقايا المحاصيل.	38
2	فوائد ترك بقايا المحاصيل فوق سطح التربة.	44
3	تأثير نظم زراعية مختلفة في حجم الكتل الترابية وثباتيتها.	68
4	التبدلات الحاصلة في بناء التربة تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية.	69
5	العلاقة بين الكثافة الظاهرية ومسامية التربة تحت نظم زراعية مختلفة.	70
6	أسس تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة وفوائدها.	79
7	الأدوار المهمة التي تؤديها كل من الزراعة الحافظة والذكية مناخياً.	81
8	الارتباط بين التغيرات المناخية والنظم الغذائية.	82
9	مقارنة بين الآلات المستخدمة في الزراعة التقليدية والزراعة الحافظة.	151
10	مقارنة معدّل استهلاك الوقود في ثلاثة أنظمة زراعية مختلفة.	152
11	المكونات الرئيسة لآلة تسطير البذار التقليدية.	153
12	أجهزة التلقيم ومبدأ عملها.	153
13	كيفية توضع السماد والبذار ضمن شق التربة في نظام الزراعة الحافظة.	154
14	توضع وحدات البذر في كلٍ من آلة التسطير التقليدية وآلة الزراعة الحافظة.	155
15	أداة شق التربة الإزميلية.	156
16	أداة شق التربة القرصية.	156
17	نظام الحماية الميكانيكي (النابضي).	157
18	نماذج مختلفة من أدوات التغطية.	158
19	عتلة معايرة معدّلات البذار والأسمدة المعدنية.	159

فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
1	محتوى مختلف مصادر البقايا النباتية من العناصر المغذية.	39
2	الدليل الإرشادي لإدارة بقايا المحصول.	47
3	تطور المساحات المزروعة بنظام الزراعة الحافظة وأعداد المزارعين خلال أربعة مواسم متتالية.	94
4	متوسط إنتاجية محصول القمح (كغ . هكتار$^{-1}$) تحت ظروف الزراعة الحافظة والتقليدية في بعض المحافظات السورية، خلال الموسمين الزراعيين 2010/2009 - 2011/2010.	95
5	متوسط إنتاجية (كغ . هكتار$^{-1}$) محصول القمح تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.	96
6	متوسط إنتاجية (كغ . هكتار$^{-1}$) محصول الشعير تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.	97
7	متوسط إنتاجية (كغ . هكتار$^{-1}$) محصول العدس تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.	97
8	نسبة الزيادة (%) في متوسط الإنتاجية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية لبعض الأنواع المحصولية عبر المواسم الزراعية.	98
9	متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س/هكتار) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول القمح خلال الموسمين الزراعيين 2010/2009 - 2011/2010.	100
10	بعض المؤشرات الاقتصادية للدلالة على الأهمية النسبية لنظام الزراعة الحافظة (محصول القمح).	101
11	متوسط الغلّة الحبية (كغ. هكتار$^{-1}$) لأصناف أكساد من القمح.	103
12	كفاءة استعمال مياه الأمطار (كغ. مم$^{-1}$ أمطار. الموسم$^{-1}$) في أصناف القمح المدروسة.	104
13	متوسط تكاليف وإيرادات وأرباح الهكتار الواحد تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية.	104
14	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في السلمية.	106
15	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محصولي العدس والبيقية في السلمية.	107
16	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في إنتاجية محصول القمح في موقع إزرع.	108
17	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدي في محصولي القمح والحمص في الغاب.	109
18	نتائج تحليل التربة في حقول الزراعة الحافظة والتقليدية لمحصولي الحمص والقمح.	109
19	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية محصول القمح الطري (أكساد$_{1133}$).	111
20	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية الخليط العلفي.	112

تابع فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
21	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محصول الشعير (كفردان$_1$).	112
22	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محصول الفول البلدي.	113
23	تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محصول الحمص.	113
24	تأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محافظتي نينوى والأنبار.	115
25	متوسط إنتاجية محصول القمح (كغ . هكتار$^{-1}$) تحت ظروف الزراعة الحافظة والتقليدية في بعض المحافظات السورية، خلال الموسمين الزراعيين 2010/2009 - 2011/2010.	139
26	متوسط إنتاجية (كغ . هكتار$^{-1}$) بعض الأنواع المحصولية المزروعة تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة، ، خلال الموسم الزراعي 2010/2009.	138
27	متوسط إنتاجية (كغ . هكتار$^{-1}$) محصول القمح تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.	139
28	متوسط إنتاجية (كغ . هكتار$^{-1}$) محصول الشعير تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.	140
29	متوسط إنتاجية (كغ . هكتار$^{-1}$) محصول العدس تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.	141
30	نسبة الزيادة (%) في متوسط الإنتاجية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية لبعض الأنواع المحصولية عبر المواسم الزراعية.	141
31	متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س/هكتار) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول القمح خلال الموسمين الزراعيين 2010/2009 – 2011/2010.	144
32	متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س.هكتار$^{-1}$) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول الشعير خلال الموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2011/2010.	145
33	متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س.هكتار$^{-1}$) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول العدس خلال الموسمين الزراعيين 2010/2009 - 2011/2010.	146
34	متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س.هكتار$^{-1}$) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول القمح في جميع المحافظات السورية المستهدفة خلال الموسمين الزراعيين 2010/2009 - 2011/2010.	147
35	متوسط تكاليف وإيرادات وأرباح ونسبة فرق الربح للهكتار للمحاصيل المختلفة.	148
36	بعض المؤشرات الاقتصادية للدلالة على الأهمية النسبية لنظام الزراعة الحافظة (محصول القمح).	148
37	مقارنة بين أدوات شق التربة الازميلية وأدوات شق التربة القرصية من حيث كفاءة العمل.	149
38	مقارنة بين أدوات شق التربة الازميلية وأدوات شق التربة القرصية من حيث كفاءة العمل.	157

فهرس الصور

رقم الصورة	العنوان	رقم الصفحة
1	تُسبب عملية الفلاحة المكثفة والمتكررة تدهور التربة على المدى البعيد.	13
2	الآلات المستعملة في زراعة الأرض بشكلٍ مباشر (بدون فلاحة)، والتسميد بعملية زراعية واحدة.	15
3	آلات الزراعة الحافظة المستورة والمصنّعة محلياً.	29
4	المبيدات المناسبة لضمان المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة.	30
5	الأنواع المختلفة من نباتات الأعشاب الضّارة رفيعة وعريضة الأوراق.	30
6	المعدّات الضرورية لمكافحة الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة.	31
7	حرق بقايا المحاصيل كممارسةٍ سائدة في بعض المناطق.	35
8	المكافحة اليدوية للأعشاب الضّارة في حقول الذرة الصفراء.	55
9	أهمية الدورة الزراعية وبقايا المحصول في الحد من ظهور نباتات الأعشاب الضّارة.	57
10	يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى زيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها.	67
11	يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى تحسين صحة التربة والنشاط الحيوي فيها.	72
12	يحسّن تطبيق نظام الزراعة الحافظة من مسامية التربة، ومقدرتها على الاحتفاظ بالماء.	96
13	انتشار تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول المزارعين في مختلف المحافظات السورية، وأهمية تشجيع التصنيع المحلي للآلات الزراعية لضمان انتشار هذا النظام الزراعي الواعد.	102
14	حقول الزراعة الحافظة بالمقارنة مع التقليدية خلال مرحلتي التسنبل والحصاد في محطة بحوث إزرع التابعة لأكساد، خلال الموسم الزراعي 2019 - 2020.	104
15	حقول الزراعة الحافظة في كلٍ من محطة بحوث الغاب وإزرع في سورية.	110
16	حقول الزراعة الحافظة في الجمهورية اللبنانية.	114
17	حقول الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في مواقع مختلفة، وخلال مراحل تطورية متباينة في جمهورية العراق.	117
18	انتشار تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول المزارعين في مختلف المحافظات السورية، وأهمية تشجيع التصنيع المحلي للآلات الزراعية لضمان انتشار هذا النظام الزراعي الواعد.	150

فهرس الاختصارات

الاختصار	المرادف العربي	المرادف الإنكليزي
I	الطاقة الضوئية الملتقطة	Intercepted Light Energy
GMCC's	محاصيل التغطية الخضراء	Green Manure Cover Crops
WUE	كفاءة استعمال المياه	Water Use Efficiency
BNF	بتثبيت الآزوت الجوي حيوياً	Biological Nitrogen Fixation
CT	الفلاحة التقليدية	Conventional Tillage
ST	الفلاحة السطحية	Shallow Tillage
DDT	الفلاحة بمحراث قرصي مزدوج	Double Disk Tillage
E	التبخر	Evaporation
CA	نظام الزراعة الحافظة	Conservation Agriculture
IPM	الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية	Integrated Pest Management
WHC	القدرة على الاحتفاظ بالمياه	Water Holding Capacity
FYM	السماد البلدي المتخمر	Farm Yard Manure
RCTs	التقانات المُحافظة على الموارد الزراعية	Resource Conserving Technologies
CEC	سعة التبادل الكاتيوني	Cation Exchange Capacity
GMC	محاصيل الأسمدة الخضراء	Green Manure Crops
IWM	الإدارة المتكاملة للأعشاب الضّارة	Integrated Weed Management
EC_e	الناقلية الكهربائية	Electrical Conductivity
NT	الزراعة بدون فلاحة	No-Tillage
CP	المحراث الحفار	Chisel Plow
ST	الفلاحة الشريطية	Strip-Tillage
MP	المحراث القلاب	Moldboard Plow
GHGE	انبعاثات غازات الدفيئة	Greenhouse Gases Emissions
CSA	الزراعة الذكية مناخياً	Climate Smart Agriculture
RWUE	كفاءة استعمال مياه الأمطار	Rainwater Use Efficiency
SMC	محتوى التربة المائي	Soil Moisture Content
PWP	نقطة الذبول الدائم	Permanent Wilting Point
T_E	التبخر ـ نتح	Evapo-transpiration
$(_{soil}\Psi)$	جهد التربة المائي	Soil Water Potential
(Ψ_p)	ضغط الانتباج	Turgor potential

الفصل الأوّل
مفهوم الزراعة الحافظة وأسس تطبيقها كحزمة زراعية متكاملة
Conservation Agriculture Concept and the principles of Application as a Holistic Approach

يتطلب تأمين الاحتياجات السكانية المتزايدة من الغذاء، ومتطلبات الثروة الحيوانية من الأعلاف ضرورة العمل على زيادة متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية الحبية الغذائية والعلفية (القمح، والشعير، والذرة الصفراء، والذرة البيضاء، والدخن)، والبقولية (الحمص، والعدس، والفول، والبازلاء، والبيقية) في وحدة المساحة من الأرض، بسبب صعوبة التوسع الأفقي، نتيجة محدودية الأراضي الصالحة للزراعة، بسبب التملح (Salinization)، وشح الموارد المائية العذبة السطحية والجوفية (Water scarcity)، وتراجع معدّلات الهطل المطري السنوي، وتذبذب الأمطار عبر المواسم، وسوء توزعها خلال الموسم الزراعي نفسه، بما يضمن تأمين احتياجات النباتات المائية خلال مختلف مراحل النمو، ولا سيّما خلال المراحل المتقدمة الحرجة من دورة حياة المحاصيل النجيلية والبقولية الشتوية (مرحلتي الإزهار، وامتلاء الحبوب) المُحددة لغلّة الأنواع المحصولية المزروعة الاقتصادية. ويمكن تحقيق ذلك من خلال تكثيف الإنتاج الزراعي (Production intensification)، الذي يتطلب التحضير الجيد للتربة قبل الزراعة من خلال عمليات الفلاحة المكثفة والمتكررة (الصورة، 1)، وزيادة معدّلات الأسمدة المعدنية المُضافة، وزراعة البذار المحسّن ذي النوعية العالية، واستعمال كمياتٍ أكبر من مبيدات الآفات، وإضافة كمياتٍ أكبر من مياه الري تحت ظروف الزراعة المروية، وتطبيق تقنية الري التكميلي (Supplementary irrigation) تحت ظروف الزراعة المطرية. تؤدي مثل هذه الممارسات الزراعية إلى زيادة متوسط الإنتاجية، ولكنّها تؤدي بالمقابل إلى زيادة تكاليف الإنتاج الزراعي، ولا سيّما في ظل ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي (الأسمدة المعدنية، والمبيدات الكيميائية، والبذار، والمشتقات النفطية، والعمالة ...إلخ)، بالإضافة إلى إلحاق الضرر بالنظم البيئية الزراعية، حيث تؤدي عملية الفلاحة المكثفة والمتكررة إلى استنفاد محتوى التربة من المادة العضوية (Organic matter) على المدى البعيد، الأمر الذي يؤثر سلباً في خصائص التربة الفيزيائية، والكيميائية، والحيوية، ويُضعف مقدرتها الإنتاجية (Lahmar and Triomphe, 2007).

1.1. الحاجة إلى نظام زراعي مستدام للحد من التأثيرات السلبية لنظام الزراعة التقليدية:

تُعد الحراثة أحد مكونات أنظمة الزراعة التقليدية (Conventional Agriculture)، ومن أهم فوائدها: إعداد المهد المناسب لإنبات البذور واسترساء البادرات، وتحسين تهوية التربة، والتخلص من أكبر نسبةٍ ممكنة من نباتات الأعشاب الضّارة (Weeds)، وإتاحة المواد الغذائية (Nutrients) لنمو المحصول، وتنظيم حركة الهواء والمياه في التربة، وطمر المخلفات العضوية، ولكن للحراثة المكثفة تأثير عكسي في تركيب التربة، حيث تعمل على تفتيت الكتل الترابية، وتزيد من حساسية الترب الزراعية للانجرافين المائي والريحي (Wind and water erosion)، كما تؤثر سلباً في نوعية البيئة عن طريق تسريع فقد الكربون من التربة. تُعد الحراثة العامل الأكثر تكلفة من الناحية الاقتصادية في إنتاج المحاصيل الزراعية، ولا سيّما في ظل زيادة أسعار المشتقات النفطية. ولوحظ في الآونة الأخيرة أنّ نظم الإنتاج الزراعي التقليدية، التي تعتمد على تكثيف الإنتاج الزراعي قد ألحقت أضراراً كثيرة بنظم الإنتاج الزراعي، وسبّبت تدهوراً للترب الزراعية (Soil degradation)، وتراجعاً في كفاءتها الإنتاجية (Production Efficiency).

لم تفلحْ الجهود المبذولة في زيادة هامش الربح الاقتصادي للمزارعين، أو تضمن الحصول على منتجاتٍ زراعيةٍ ذات خصائص كمية كافية، وصفات نوعية مرضية للمستهلكين، أو حتى تُساعد في تحسين الدخل، ومن ثمّ مستوى معيشة العاملين في قطاع الإنتاج الزراعي، لذلك تعالت النداءات في الآونة الأخيرة للحاجة إلى زيادة إنتاجية الأنواع المحصولية الغذائية المهمة، تنبثق من تشجيع تطبيق التقانات الزراعية التي تضمن زيادة إنتاج الغذاء، مع المحافظة على استدامة إنتاجية النظم البيئية الزراعية. إنّ التأثير التجميعي للفلاحة المكثفة والمتكررة للتربة، وفشل المزارعين في إضافة كمياتٍ كافية من العناصر المعدنية المغذية لمنع استنزاف خصوبة التربة، وعدم ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة، عادةً ما يتمخض عنه تدهور مستمر ومتزايد في بناء التربة وخصوبتها، بالإضافة إلى ذلك، فإنّ سوء عوامل إدارة الأرض، وبقايا المحصول السابق، وشح الموارد المائية العذبة، إضافةً إلى سوء استعمال المياه، وتدني إنتاجيتها، وغياب الدورة الزراعية المناسبة (Crop rotation)، قد أدّت إلى ازدياد تكاليف الإنتاج الزراعي وانخفاض هامش الربح الاقتصادي للمزرعة. يُعزى تدهور الترب الزراعية بشكلٍ غير مباشر إلى هدم بناء التربة، وتراجع خصائصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية بفعل التأثير الميكانيكي للآلات الزراعية (الصورة، 1)، تمثل ذلك بتراجع محتوى التربة من كلٍ من المادة العضوية والكربون العضوي، وتدهور التنوع الحيوي فيها، بسبب عدم إعادة كل أو جزء من بقايا المحصول السابق (Crop residues) إلى التربة، التي تُعد مصدراً مهماً للمادة العضوية (أكساد، 2010).

يؤدي تدهور الترب الزراعية نتيجة التكثيف الزراعي، وشح الموارد المائية العذبة إلى تدني إنتاجية الأرض والمحاصيل الزراعية، والمياه، وتتمثل أعراض تدهور الأراضي الزراعية بالنقاط الآتية:

1. ازدياد حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي.
2. تدني خصوبة التربة (Soil fertility)، وانضغاط طبقات التربة تحت السطحية.
3. تراجع مقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، بسبب تراجع حجم الكتل الترابية ومسامية التربة، نتيجة استنفاد محتوى التربة من المادة العضوية، وتشكل القشرة السطحية الكتيمة (Crust)، التي تُعيق رشح المياه إلى باطن التربة، وتزيد من معدّل فقد المياه بالجريان السطحي، ويمكن أن تمنع خروج البادرات فوق سطح التربة، الأمر الذي يؤثر سلباً في الكثافة النباتية، وإنتاجية النوع المحصولي المزروع.

أصبح تبعاً لذلك لزاماً على المزارعين أن يبحثوا عن طرائق الإنتاج الزراعي المستدامة (Sustainable)، والمنتجة (Productive)، والمربحة (Profitable)، والأقل استنفاداً للموارد الطبيعية الزراعية غير المتجددة (التربة، والمياه)، والأكثر حفاظاً على النظم البيئية الزراعية والطبيعية. ويتمثل الحل الأساسي بتطبيق نظام الزراعة الحافظة (Conservation Agriculture) (CA)، الذي يعتمد في جوهره على أربع دعائم رئيسة، هي (Stanojevic, 2021):

1. عدم فلاحة التربة، أو فلاحتها بالحد الأدنى.
2. التغطية المستمرة لسطح التربة بمحاصيل التغطية الخضراء، أو بالبقايا النباتية.
3. تطبيق الدورة الزراعية المناسبة، التي تتضمن محصولاً بقولياً ذي كفاءة مرتفعةٍ على تثبيت الآزوت الجوي حيوياً، ويُنتج كتلة حية أكبر، وذي متطلباتٍ مائية محدودة.
4. المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة، ولا سيّما في الحقول الموبوءة ببذور الأعشاب الضّارة.

الصورة 1. تُسبب عملية الفلاحة المكثفة والمتكررة تدهور التربة على المدى البعيد.

2.1. لمحة تاريخية عن نشأة نظام الزراعة الحافظة وتطورها:

بدأت جهود الحد من اضطرابات التربة (Soil disturbances) نتيجة عمليات الحراثة المتكررة والمكثفة في الأراضي الزراعية في السهول الكبرى في الولايات المتحدة الأمريكية، في ثلاثينيات القرن العشرين استجابةً للتخريب الكبير الذي لحق بالتربة بفعل الحراثة المكثفة باستخدام المحراث القلاب (Mouldboard plough)، الذي ترافق مع جفافٍ طويل الأمد (Derpsch, 2004). أصبحت هذه الظاهرة تعرف اصطلاحاً باسم "وعاء الغبار". واستجابة لذلك، أنشأت وزارة الزراعة الأمريكية برنامجاً رئيساً للحفاظ على التربة والمياه، حيث تضمنت البحوث الأولية عمليات "الحفظ" أو تقليل الفلاحة، من خلال استعمال المحراث الإزميل (Chisel plough)، الذي يمكن من خلاله الاحتفاظ بمخلفات النباتات على سطح التربة للتخفيف من الانجرافين الريحي والمائي (Duley and Fenster, 1954; Mannering, 1979). كما تمّ تطوير مبدأ الزراعة فوق البقايا النباتية، وأصبح هذا المنطلق الأساسي للزراعة بدون حرث No-till (Fenster, 1960).

أدّت هذه المجموعة من الممارسات إلى ما أصبح يُعرف بالحراثة المحافظة على الموارد، والتي يحكم تعريفها هي أي حراثة تترك ما لا يقل عن 30 % من سطح التربة مغطىً بمخلفات المحاصيل للسيطرة على عملية التعرية، في حين أن أنظمة عدم الحراثة حب التعريف تتجنب تحريك التربة وخلخلتهاعن طريق عدم الفلاحة، بحيث تتم عملية البذر (الزراعة)، مباشرةً فوق البقايا النباتية المتروكة فوق سطح التربة (King and Holcomb, 1985؛ Kassam *et al*., 2009).

منذ عام 1990، كان هناك تطور مطرد لأنظمة عدم الحراثة على مستوى العالم، وفي عام 1997 ظهر مصطلح الزراعة الحافظة Conservation Agricultute (CA)، وتمّ تبني هذا النظام الزراعي الجديد كنظام بديل عن نظام الزراعة الحافظة، وبخاصةٍ عند زراعة المحاصيل الحولية، ولا يّما في شمال وجنوب الولايات المتحدة الأمريكية، وأستراليا. ومنذ عام 2008، بدأ انتشار نظام الزراعة الحافظة في أوروبا، وآسيا، وأفريقيا، على المحاصيل الحولية كمرحلةٍ أولى، ثمّ بدأ في الآونة الأخيرة تطبق نظام الزراعة الحافظة على المحاصيل المعمرة، وفي حقول الأشجار المثمرة، والنظم البيئية الطبيعية (المراعي والغابات). وبشكلٍ عام، كانت تطبق تقنية الزراعة الحافظة تحت ظروف الزراعة المطرية، لتقليل الفواقد المائية غير المنتجة، وتحسين طفاءة استعمال المياه، والمحافظة على مخزون التربة المائي، ولكن فيما بعد، أصبح نظام الزراعة الحافظة يُطبق على المحاصيل المروية أيضاً.

كان Faulkner (Faulkner, 1943)، وهو مهندس زراعي يعمل في مجال الإرشاد الزراعي في ولاية أوهايو الأمريكية، علامة بارزة في تطوير ممارسات الزراعة الحافظة، حيث شكك في حكمة الحراثة وقلب التربة، وشرح التأثيرات المدمرة لعملية حراثة التربة. وقال: «لم يتقدم أحد قط بأي سبب علمي يثبت ضرورة الحراثة»، و«لم يكن في تربتنا أيّة مشكلة حتى تدخلنا فيها». وفي الوقت نفسه تقريباً، في اليابان، بدأ Masanobu Fukuoka في التشكيك في مدى ملاءمة واستدامة الزراعة التقليدية القائمة على الحراثة (Fukuoka, 1975). بدأت هذه الممارسة في الانتشار في الولايات المتحدة في الستينيات، وفي البرازيل في السبعينيات، وفي الأرجنتين وباراجواي وأوروغواي في الثمانينيات والتسعينيات، مع مزارعين مثل هربرت بارتز، ومانويل هنريكي (نونو) بيريرا، وفرانك ديكسترا، وجون لاندرز في البرازيل، وهيري روسو، وروجيليو فوغانتي، وفيكتور تروكو، وماريو جيلاردوني في الأرجنتين، وكارلوس كروفيتو في تشيلي، وأكينوبو فوكاميين في باراغواي، يدافعون عن تحويل الزراعة بالحراثة إلى أنظمة زراعية لا تعتمد على الحراثة. عموماً، يُساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA) في زيادة كفاءة استعمال الموارد المائية المتاحة بكمياتٍ محدودة، و لا سيّما في المناطق الجافة وشبه الجافة تحت نظم الزراعة الجافة، ووقف عملية تدهور الترب الزراعية، وتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، وزيادة الإنتاجية، وتقليل انبعاث غازات الدفيئة. ويتوقع أنْ يُساعد هذا النظام الزراعي في زيادة الإنتاج الزراعي على المدى البعيد، الأمر الذي سيُسهم في تأمين المتطلبات الغذائية المتزايدة للسكان. أشارت العديد من الدراسات العالمية والعربية إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين عوامل إدارة الأرض والمحصول، وتقليل تلوث التربة والمياه، وتخفيف حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي، وتقليل الاعتماد على مدخلات الإنتاج الزراعي الخارجية، وتحسين إنتاجية المياه ونوعيتها، والمحافظة على البيئة من خلال تقليل معدّلات انبعاث غازات الصوب الزجاجية، وزيادة كفاءة الترب الزراعية على احتجاز الكربون (CO_2-sequestration)، نتيجة تقليل كميات الوقود المستهلكة. يُساعد ذلك بالمحصلة في تحسين إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، وتقليل الفجوة الإنتاجية (Yield gap)، والغذائية (Food gap)، وزيادة دخل المزارع العربي وتحسين مستوى معيشته، بالإضافة إلى تحسين العوامل البيئية (Bista *et al.*, 2017).

3.1. مفهوم الزراعة الحافظة Concept of Conservation Agriculture

تُعرّف الزراعة الحافظة، بأنّها زراعة المحاصيل في تربةٍ غير محضّرة بشكلٍ مسبق، من خلال فتح شق ضيق على شكل خندق أو شريط بعرضٍ وعمق كافيين فقط لوضع الأسمدة أولاً ثمّ البذار وتغطيتهما بشكلٍ ملائم. ويُفهم من الزراعة الحافظة أنّ التربة تبقى مغطاة ببقايا المحصول السابق، أو بمحاصيل التغطية الخضراء Green manure cover crops (GMCC's). وتُعرّف الزراعة الحافظة أيضاً بأنّها أحد طرائق إدارة الأنظمة البيئية الزراعية لتحسين الإنتاجية واستدامتها، وزيادة الأرباح، وتحقيق الأمن الغذائي (Food security)، والمحافظة على الموارد الزراعية الطبيعية (التربة، والمياه)، وسلامة البيئة (Environment integrity)، وذلك من خلال تقليل عدد الفلاحات وعمقها، والتغطية المستمرة لسطح التربة ببقايا المحصول السابق، أو محاصيل التغطية الخضراء، وتنويع المحاصيل في الدورة الزراعية (Kassam and Friedrich, 2011). تُعد عملية وقف انجراف التربة بمنزلة القوة المحركة الرئيسة لتبني نظام الزراعة الحافظة عالمياً، أمّا في الدول العربية، فإنّ الدافع الرئيس لتبني نظام الزراعة الحافظة هو الضغط الاقتصادي (Economic pressure)، نتيجة ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي (الأسمدة، والبذار، والمبيدات الكيميائية، والوقود)، الأمر الذي أدّى إلى ارتفاع تكاليف الإنتاج الزراعي، ما أثّر سلباً في العائد الاقتصادي للمزارعين، ومن ثمّ مستوى معيشتهم (الصورة، 2).

الصورة 2. الآلات المستعملة في زراعة الأرض بشكلٍ مباشر (بدون فلاحة)، والتسميد بعملية زراعية واحدة.

يتوقف نجاح نظام الزراعة الحافظة (CA) على تطبيق جميع مكوناته معاً، حيث تعود كل الفوائد الناتجة عن الزراعة الحافظة إلى وجود غطاء نباتي دائم فوق سطح التربة، ونسبة قليلة منها يعود إلى عدم فلاحة التربة (Derpsch, 2008). تتمثل الفوائد الناجمة عن تطبيق الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعيةٍ متكاملةٍ في المحافظة على رطوبة التربة، وتحسين بناء التربة، وزيادة خصوبتها، نتيجة تحسين محتواها من المادة العضوية، وزيادة أعداد ديدان الأرض والكائنات الحية الأخرى، والحد من انجراف التربة الريحي والمائي (Lahmar *et al*., 2012).

تزداد مساحة الأراضي الزراعية التي يُطبق فيها نظام الزراعة الحافظة سنةً بعد أخرى، ويُلاحظ الانتشار الأوسع لهذا النظام في أمريكا اللاتينية، ولا سيّما في الأرجنتين، والبرازيل، والباراغواي، حيث تُقدّر نسبة مساحة الأراضي المزروعة بهذا النظام بنحو 67 % من إجمالي المساحة المزروعة خلال الموسم الزراعي 2020 - 2021. توجد أيضاً مساحات شاسعة مزروعة بنظام الزراعة الحافظة في الولايات المتحدة الأمريكية، وكندا، واستراليا، ونيوزيلاندا (172.226 مليون هكتار)، ونحو 6.900 مليون هكتار في كلٍ روسيا وأوكرانيا، وقرابة 5.601 مليون هكتار في أوروبا، ونحو 17,529 مليون هكتار في آسيا، ونحو 3.143 مليون هكتاراً في أفريقيا. يكتسب هذا النظام أهمية متزايدة في نظام زراعة الرز والقمح في جنوب شرق آسيا، وقد ازداد معدّل تبني هذا النظام الزراعي في أفريقيا عند كبار المزارعين، في حين لا تزال نسبة التبني متدنية لدى صغار المزارعين في المزارع الصغيرة (Wall, 2007).

4.1. لماذا الزراعة الحافظة؟

تُقدر مساحة الأراضي التي طبقت نظام الزراعة الحافظة بنحو 205.400 مليون هكتار في العالم. أما في الوطن العربي، فقد بدأ السودان عام 2000 بتطبيق نظام الزراعة الحافظة على مساحة 67.2 هكتار، ووصلت المساحة خلال عام 2006 إلى 10000 هكتار لغاية عام 2019، في حين وصلت المساحة المزروعة في تونس إلى قرابة 14000 هكتار، وقرابة 12.83 ألف هكتار في المغرب، ونحو 30000 هكتار في سورية، وقرابة 12000 هكتار في العراق، ونحو 1200 هكتار في لبنان، ونحو 7000 هكتار في الجزائر (FAO, 2019). بدأ المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) بالتعاون مع الوكالة الدولية الألمانية للتعاون الفني (GTZ) بتجريب تطبيق نظام الزراعة الحافظة في سورية منذ الموسم الزراعي 2006 - 2007، حيث زُرعت خلطة من المحاصيل الحبية والبقولية العلفية، واعتمدت كغطاء نباتي، تزرع فوقه نباتات المحصول الرئيس خلال الموسم الزراعي 2007 - 2008.

وكانت البداية على مستوى المحطات البحثية التابعة لأكساد (محطتي بحوث ازرع وجلين). وبلغت المساحة المزروعة بطريقة الزراعة الحافظة خلال الموسم الزراعي 2007 - 2008 قرابة 30 هكتار في حقول المزارعين (25 مزارعاً). وازدادت المساحة المزروعة إلى 151 هكتار لدى60 مزارعاً خلال الموسم الزراعي 2008-2009، وازدادت المساحة المزروعة إلى 694 هكتار لدى 131 مزارعاً خلال الموسم الزراعي 2009-2010، أي بزيادة مقدارها تقريباً أربعة أضعاف في المساحة المزروعة، وضعفين في عدد المزارعين بالمقارنة مع العام السابق، ووصلت المساحة المزروعة وفق نظام الزراعة الحافظة خلال الموسم الزراعي 2010-2011 إلى قرابة 1800 هكتار، لدى نحو 181 مزارعاً، في كلٍ من محافظة الحسكة (950 هكتار)، والقامشلي (635 هكتار)، وحلب (50 هكتار)، وإدلب (130 هكتار)، وحمص(14 هكتار)، ودرعا (15 هكتار)، والسويداء (6 هكتار) (أكساد، 2010). وبلغت المساحة المزروعة بنظام الزراعة بدزن فلاحة (Zero tillage) من قبل إيكاردا خلال الموسم الزراعي2010-2011 قرابة 18000 هكتار (Piggin *et al*., 2011).

يُساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة بدلاً من نظام الزراعة التقليدية المعتمدة على الفلاحات العميقة بشكلٍ سنوي في تقليل انجراف التربة المائي، وتحسين نوعية التربة، وزيادة كفاءتها على احتجاز الكربون في التربة، والحد تبعاً لذلك من استفحال تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري (Global warming effect). أدّت التبدلات المناخية (Climate changes) وما رافقها من ارتفاعٍ ملحوظ في متوسط درجة حرارة الغلاف الجوي، إلى ازدياد وتيرة تكرار دورات الجفاف، وشدّته، نتيجة زيادة معدّلات فقد المياه بالتبخر والنتح (Evapo-transpiration)، الأمر الذي أثّر سلباً في حجم الموارد المائية السطحية والجوفية العذبة المتاحة، إضافةً إلى تراجع خصوبة التربة، وتفاقم مشكلة التعرية، وتدهور إنتاجية النظم البيئية الزراعية (Adonadaga *et al*., 2022). ترافق ذلك مع ازدياد الضغط على الموارد المائية العذبة المتاحة بكمياتٍ محدودة، نتيجة الحاجة لإنتاج كمياتٍ أكبر من محاصيل الحبوب والبقول الغذائية والعلفية، لتأمين الاحتياجات الغذائية السكانية المتزايدة، لذلك تُعد عملية تطبيق عوامل إدارة الأرض والمحصول التي تُحسّن من إنتاجية المياه (Water productivity) وتحافظ على مخزون التربة المائي، من أنجع السبل في تحسين إنتاجية المحصول (Crop productivity) تحت نظم الزراعة الجافة، مثل نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة حاجة ملحة جداً، ولا سيّما في ظل تدهور الترب الزراعية، وتذبذب معدّلات الهطل المطري السنوي، وسوء توزع الهطولات المطرية. أصبحت مسألة المحافظة على استقرار الإنتاج الزراعي منوطةً باستعمال مستوياتٍ مرتفعة من مدخلات الإنتاج الزراعي (Inputs)، ولا سيّما الأسمدة الكيميائية، ومياه الري، وقد أدّى ارتفاع أسعار الوقود خاصةً، ومدخلات الإنتاج الزراعي عامةً إلى زيادة تكاليف الإنتاج الزراعي، ومن ثمّ تقليل هامش الربح الاقتصادي للمزارعين، الأمر الذي أثر سلباً في دخلهم، ومستوى معيشتهم، ومن هنا تنبع أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA) أصبح في الوقت الراهن لزاماً على المهتمين بالقطاع الزراعي أن يدركوا بأنّ الهدف من الزراعة ليس فقط الحصول على غلّة اقتصادية مرتفعة، بل يجب أن تكون زيادة الغلّة على أسسٍ مستدامة، تضمن المحافظة على الموارد الطبيعية الزراعية المتاحة بكمياتٍ محدودة، وتقليل الاعتماد على مدخلات الإنتاج الزراعي الخارجية الكيميائية للمحافظة على صحة التربة، ونوعية المياه الجوفية، والهواء.

1.5. الأسباب الموجبة لتبني نظام الزراعة الحافظة من قبل المزارعين:

1. تتطلب عملاً أقل، وتعطي عوائد مادية أكبر.
2. مكافحة الانجرافين المائي والريحي.

3. تقانة صديقة للبيئة (Environmentally friendly).
4. تحسين نوعية الأرض، ومستوى المعيشة.

إذا ما قارنا الممارسات الزراعية التقليدية مع الزراعة الحافظة، يُلاحظ ما يأتي:

الزراعة التقليدية	الزراعة الحافظة
الفلاحة ضرورية لإنتاج المحاصيل.	إنتاج المحاصيل لا يتطلب فلاحة الأرض أبداً.
تدفن بقايا المحصول السابق بواسطة آلات الفلاحة.	تبقى بقايا المحصول السابق على سطح الأرض كغطاء نباتي.
تبقى الأرض جرداء لعدّة أسابيع وحتى شهر.	الأرض مغطاة بشكلٍ دائم بالبقايا النباتية.
عادةً ما ترتفع حرارة التربة بسبب تعرضها بشكلٍ مباشر للشمس.	درجة حرارة الأرض أقل بسبب تغطيتها ببقايا المحصول.
يسمح نظام الزراعة القديم بحرق بقايا المحصول السابق لتسهيل عمليات تحضير الأرض للمحصول اللاحق.	لا يسمح نظام الزراعة الحديث بتاتاً بحرق البقايا النباتية.
تُركز بشكلٍ أكبر على العمليات الكيميائية في التربة.	تُركز بشكلٍ قوي على العمليات الحيوية في التربة.
تُعد المكافحة الكيميائية للآفات بمنزلة الخيار الأوّل.	تُعد المكافحة البيولوجية للآفات بمنزلة الخيار الأوّل.
زراعة محاصيل التغطية كسماد أخضر، وإتباع الدورة الزراعية أمر اختياري.	زراعة محاصيل التغطية كسماد أخضر وإتباع الدورة الزراعية أمر إجباري.
يُعد انجراف التربة ظاهرة مقبولة لأنّها عملية لا يمكن تجنبها مرتبطة بزراعة المناطق المنحدرة، وعادةً ما يحدث الانجراف بسبب هطول الأمطار الغزيرة.	يُشير انجراف التربة إنْ وجد إلى عدم ملاءمة نظام الزراعة، والطرق الزراعية المعتمدة في تلك النظم البيئية. ويحدث الانجراف بسبب سوء إدارة الأرض.

6.1. مساوئ تطبيق الزراعة التقليدية (فلاحة الأرض وعدم تغطيتها ببقايا المحصول السابق):

1 - ازدياد حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي.
2 - قلّة رشح المياه إلى باطن التربة، وزيادة الفاقد بالجريان السطحي، وتراجع محتوى التربة المائي.
3 - تراجع محتوى التربة من المادة العضوية، وتدهور نوعية التربة وخصوبتها.
4 - استفحال ظاهرة الاحتباس الحراري، نتيجة أكسدة المادة العضوية، وانبعاث غاز الفحم (CO_2) إلى الغلاف الجوي.
5 - تدهور خصائص التربة الفيزيائية، والكيميائية، والحيوية على المدى الطويل.
6 - انخفاض إنتاجية الأنواع النباتية المزروعة، وتباين الإنتاجية عبر المواسم.
7 - استعمال الأسمدة الكيميائية بكمياتٍ كبيرة، ما يزيد من تكاليف الإنتاج الزراعي.
8 - إنّ بقاء المزارعين وعائلاتهم في المزرعة مهدد باستمرار، بسبب تردي الإنتاجية وهامش الربح الاقتصادي، وعدم كفاية الدخل.

9 - تتسم نظم الإنتاج الزراعي التقليدية بالفاقة والعوز، واستفحال مظاهر هجرة الشباب إلى المدينة، وازدياد أعداد بيوت، ونسبة الجريمة، والاضطرابات الاجتماعية في المدينة بسبب ازدياد نسبة التجمعات السكانية الهامشية.

1-7- منافع تطبيق الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة:

1. تقليل الحاجة للأيدي العاملة، وتوفير الوقت.
2. تقليل الحاجة إلى المحاريث وبعض الآلات الزراعية.
3. تقليل استهلاك الوقود.
4. تحسين إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة بشكلٍ تدريجي على المدى الطويل.
5. الحد من انجراف التربة وتحسين نوعية المياه السطحية.
6. زيادة محتوى التربة المائي، وكمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور.
7. تحسين التوصيل المائي للترب الزراعية.
8. منع انضغاط طبقات التربة تحت السطحية، بسبب تقليل عدد العمليات الزراعية.
9. تحسين عمق قطاع التربة، وتحسين كمية ونشاط الكائنات الحية في التربة.
10. الحد من انطلاق غازات الكربون، وزيادة قدرة التربة على احتجاز الكربون، ما يُقلل من تلوث الهواء.

في العديد من الحالات، فإنّ التأثير التجميعي للفلاحة المكثفة والمتكررة للتربة، وفشل المزارعين في إضافة كمياتٍ كافية من العناصر المعدنية المغذية لمنع استنزاف خصوبة التربة، وعدم ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة، عادةً ما ينتج عنه تدهوراً مستمراً في بناء التربة وخصوبتها. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ سوء عوامل إدارة الأرض، وبقايا المحصول السابق، وندرة الموارد المائية العذبة، إضافةً إلى سوء استعمال المياه، وتدني إنتاجيتها، وغياب الدورة الزراعية المناسبة، قد أدّت إلى ازدياد تكاليف الإنتاج الزراعي وانخفاض هامش الربح الاقتصادي للمزرعة.

8.1. أهمية التغطية المستمرة لسطح التربة:

تُعد تغطية سطح التربة أحد الركائز الأساسية في تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة، حيث تُترك البقايا النباتية فوق سطح التربة بعد الحصاد، بينما تتم زراعة محاصيل التغطية الخضراء إذا كانت الفترة الزمنية طويلة بين حصاد المحصول وزراعة المحصول التالي في الدورة الزراعية. تزيد محاصيل التغطية الخضراء من استقرار نظام الزراعة الحافظة، نتيجة تحسين التنوع الحيوي في الأنظمة الزراعية البيئية (Liu *et al.*, 2019) . وتُزرع محاصيل التغطية الخضراء بشكلٍ رئيس من أجل تحسين خصوبة التربة أو تُستعمل كعلفٍ للماشية، خلال فترة ندرة الأعلاف. ويكون لمحاصيل التغطية أهمية كبيرة في المناطق التي تنتج كمياتٍ قليلة من البقايا النباتية (الكتلة الحيوية Biomass)، مثل المناطق شبه الجافة، تحت ظروف الزراعة المطرية في بيئات حوض البحر الأبيض المتوسط، أو في المناطق ذات الأراضي المنجرفة والمتدهورة، لأنّها تحمي التربة خلال فترات التبوير (Fallow)، وتُساعد على تحسين حركة العناصر المعدنية المغذية وإعادة تدويرها في التربة، وتحسن بناء التربة، وتُكسّر طبقات التربة تحت السطحية المنضغطة، والطبقة الصماء (Hard pan)، وتسمح بزراعة المحصول الرئيس الاقتصادي نفسه في الأرض نفسها عاماً بعد آخر، ويمكن الاستفادة منها في مكافحة الأعشاب نباتات الضّارة والآفات الزراعية (Singh, 2011). تُشير معظم البحوث التي نُفذت في دول أمريكا اللاتينية إلى ضرورة ترك قرابة 6 - 10

أطنان على الأقل من المادة الجافة من محاصيل التغطية الخضراء في الهكتار الواحد في السنة، حيث يُساعد ذلك في تثبيط نمو الأعشاب الضارة (Anonymous, 2006 ؛FAO, 2006). كما وتُسهم تغطية سطح التربة إمّا بترك بقايا المحصول السابق، أو زراعة محاصيل التغطية الخضراء، في حماية سطح التربة من تأثير العوامل الخارجية، والمحافظة على درجة حرارتها (Griffith *et al*., 1977). عادةً ما يكون سطح التربة تحت نظم الزراعة الحافظة أبرد بنحو 1 - 2 مْ خلال متوسط درجة حرارة شهر أيار، في حين أنَّ متوسط درجة الحرارة العظمى اليومية يمكن أنْ يكون أقل بنحو 3 - 5 مْ. تميل لأنْ تصبح درجة حرارة التربة متشابهة في كلا النظامين خلال منتصف فصل الصيف. يمكن أنْ يؤدي تخفيض درجة حرارة التربة تحت نظام الزراعة الحافظة إلى تأخير موعد نضج الحصاد لنباتات القمح بنحو 2 - 3 أيام (Brandt, 1985)، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة طول فترة امتلاء الحبوب، ومن ثمَّ درجة امتلاء الحبة، ومتوسط وزن الألف حبة. فقد تبين أنَ وجود الغطاء النباتي فوق سطح التربة أدّى إلى انخفاض درجة حرارة التربة إلى النصف بالمقارنة مع التربة غير المغطاة في البرازيل، حيث كانت درجة حرارة التربة غير المغطاة ببقايا المحصول في فصل الصيف قرابة 53.5مْ، بينما في التربة المغطاة ببقايا محصول الذرة الصفراء كانت درجة الحرارة نحو 25.5مْ.

وبيّنت دراسة أخرى أنّ عدم فلاحة التربة مع وجود البقايا النباتية فوق سطح التربة قد أدّى إلى انخفاض درجة حرارة التربة بنحو 5 إلى 8 درجات مئوية بالمقارنة مع التربة الجرداء (Nesmith *et al*., 1987). يُساعد الغطاء النباتي في حماية التربة من تأثير الرياح (López *et al*., 1998)، ومن التأثير المبعثر لوقع قطرات المطر (Boulal *et al*., 2011)، ويُقلّل من خطر تشكل قشرة سطحية كتيمة، الذي يُمكن أن تعيق ظهور البادرات فوق سطح التربة، ورشح المياه إلى باطنها، الأمر الذي يؤثر سلباً في محتوى التربة المائي، وكمية المياه المتاحة للنبات، ما يُقلل من الفواقد المائية غير المنتجة (التبخر، والجريان السطحي)، ويزيد الفواقد المائية المنتجة (النتح أثناء عملية التبادل الغازي عن طريق المسامات)، فتزداد تبعاً لذلك كفاءة استعمال المياه Water Use Efficiency (WUE) (Grassini *et al*., 2011). يُعد نظام الزراعة الحافظة الأكثر تكيفاً للتأثيرات الناتجة عن سقوط الأمطار، من خلال زيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة نتيجة تراجع معدّل فقد المياه بالجريان السطحي، وانجراف التربة، وزيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، وبالتالي تحتاج المحاصيل المزروعة تحت نظام الزراعة الحافظة مدّة أطول للنضج بالمقارنة مع المحاصيل المزروعة تحت نظام الزراعة التقليدية (Stewart, 2007). تُعد عملية تغطية سطح التربة بالبقايا النباتية مهمة جداً، لتأثيرها في زيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، من خلال تقليل معدّل فقد المياه بالجريان السطحي والتبخر والحد من انجراف التربة (Moussadek *et al*., 2011).

أظهرت دراسة بأنّ معدّل فقد المياه بالتبخر، خلال فترة من 2 إلى 5 أسابيع من الهطل المطري، كان أقل من 0.3 إلى 3 مرات في القطع التجريبية المغطاة بالبقايا النباتية، بالمقارنة مع القطع التي أُزيلت منها كامل بقايا المحصول السابق، وبالتالي فإنّ تراجع معدّل فقد المياه بالتبخر(Evaporation) من خلال الاحتفاظ بالبقايا النباتية، أدّى إلى زيادة محتوى التربة المائي في الطبقة السطحية المحيطة بالبذور، الأمر الذي أدّى إلى تحسين معدّل الإنبات واسترساء البادرات (Seedling establishment)، بالمقارنة مع القطع التجريبية الأخرى التي تمّت فلاحتها (Li *et al*., 2018). كما وتُحسّن االبقايا النباتية من محتوى التربة من المادة العضوية، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حجم الكتل الترابية (Aggregate size)، وثباتيتها (Stability) (Boulal and Gómez-Macpherson, 2010)، وتحد من انجراف التربة (Boulal *et al*., 2011)، وتزيد من خصوبتها (Boulal وزملاؤه، 2012)، وتُحسّن بناء التربة من خلال منع تشكل القشرة االسطحية الكتيمة

(Govaerts *et al.*, 2009). يمكـن أن تُسـهم بقايـا المحصـول السـابق أيضـاً فـي تحسـين خصوبـة التربـة بعـد تحلـل المـواد العضويـة إلـى عناصـر معدنيـة مغذيـة، مـا يُقلـل بشـكلٍ كبيـر مـن تكاليـف إضافـة الأسـمدة الآزوتيـة (Mrabet 2001b). بهـدف تقليـل تجفيـف طبقـات التربـة السـطحية، فقـد أوصـى Mrabet (1997) بضـرورة تـرك نحـو 60 - 80 % مـن بقايـا المحصـول السـابق فـوق سـطح التربـة.

9.1. أهمية المحاصيل البقولية في الدورة الزراعية:

تحتـل المحاصيـل البقوليـة أهميـةً خاصـة بالنسـبة لباقـي المحاصيـل، حيـث تُسـهم عنـد زراعتهـا فـي دورةٍ زراعيـة مـع الأنـواع المحصوليـة الأخـرى فـي المحافظـة علـى خصوبـة التربـة، ولا سـيّما فـي مناطـق الزراعـة البعليـة عـن طريـق تعايـش جذورهـا مـع بكتيريـا العقـد الجذريـة (Rhizobium)، التـي تقـوم بتثبيـت الآزوت الجـوي حيويـاً (Biological nitrogen fixation) (BNF). وقـد تصـل كميـة الآزوت المثبتـة حيويـاً إلـى 70 كـغ . هكتـار-1، الأمـر الـذي يُسـاعد فـي تقليـل كميـة الأسـمدة الآزوتيـة المعدنيـة الواجـب إضافتهـا للمحصـول اللاحـق فـي الـدورة الزراعيـة، مـا يقلّـل مـن تكاليـف الإنتـاج الزراعـي (صالـح، 1996). تُعـد الـدورة الزراعيـة ضروريـة لنجـاح تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة، وتحقيـق المنافـع المرجـوة منـه، ليـس فقـط لأنّهـا تقـدم الغـذاء للكائنـات الحيـة الدقيقـة فـي التربـة، مـا يزيـد مـن النشـاط الحيـوي، ولكـن يسـمح وجـود جـذور النباتـات ضمـن قطاعـات مختلفـة مـن التربـة (جـذور ليفيـة سـطحية، وجـذور وتديـة عميقـة) لهـا بامتصـاص الميـاه والعناصـر المعدنيـة مـن طبقـات مختلفـة مـن قطـاع التربـة. وتعمـل الـدورة الزراعيـة كمضخـاتٍ حيويـة (Biological pumps)، نتيجـة إعـادة تدويـر وإتاحـة العناصـر المعدنيـة التـي رشـحت إلـى طبقـات التربـة العميقـة ولـم تعـدْ متاحـة لنباتـات المحصـول الاقتصـادي. بالإضافـة إلـى ذلـك، يـؤدي تنـوع المحاصيـل فـي الـدورة الزراعيـة إلـى تنـوع الكائنـات الحيـة الحيوانيـة والنباتيـة فـي التربـة. تُسـهم الـدورة الزراعيـة فـي المحافظـة علـى صحـة النباتـات، فهـي تمنـع انتقـال بعـض الآفـات والأمـراض مـن المحصـول السـابق إلـى المحصـول اللاحـق عـن طريـق بقايـا المحصـول التالـي فـي الـدورة الزراعيـة. يُسـاعد أيضـاً تطبيـق الـدورة الزراعيـة وزراعـة محاصيـل التغطيـة الخضـراء فـي زيـادة محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة، وتحـد مـن الانجرافيـن الريحـي والمائـي، وتحافـظ علـى رطوبـة التربـة، وتُسـاعد التربـة علـى اسـتعادة نشـاطها الحيـوي (Biological activity) (Singh, 2011; Chen *et al.*, 2018). تُسـهل الـدورة الزراعيـة مكافحـة الأعشـاب الضـارة (Farooq *et al.*, 2001)، فقـد تبيـن أنّـه عنـد تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة يتراجـع علـى المـدى الطويـل اسـتعمال مبيـدات الأعشـاب الكيميائيـة وذلـك عائـد لسـيطرة عمليـات المكافحـة الطبيعيـة، وأيضـاً يقـل نمـو الأعشـاب مـن خـلال إتبـاع الـدورات الزراعيـة المناسـبة (Saturnion and Landers, 2002). اقتـرح آخـرون تعاقـب المحاصيـل ذات البقايـا النباتيـة المرتفعـة مـع المحاصيـل ذات البقايـا النباتيـة المنخفضـة فـي الـدورة الزراعيـة للمحافظـة علـى الكميـات المثاليـة مـن البقايـا النباتيـة فـوق سـطح التربـة (Boulal *et al.*, 2012).

أوصـى (Giller *et al.*, 2009) بإدخـال المحاصيـل البقوليـة فـي الـدورة الزراعيـة لتحسـين دورة العناصـر المعدنيـة المغذيـة، وزيـادة محتـوى التربـة مـن الآزوت المثبـت حيويـاً بواسـطة العقـد البكتيريـة (Nodules) المتعايشـة مـع جذور النباتـات البقوليـة، حيـث كان معـدّل تثبيـت الآزوت الجـوي فـي جنـوب البرازيـل فـي فـول الصويـا نحـو 82.4 % تحـت ظـروف الزراعـة بـدون فلاحـة، فـي حيـن كان 70.9 % تحـت ظـروف الزراعـة التقليديـة، وفـي محصـول الترمـس الترمـس الأصفـر (*Lupinus luteus* L.) كان 74.4 % تحـت ظـروف الزراعـة بـدون فلاحـة، بينمـا كان 68.8 % تحـت ظـروف الزراعـة التقليديـة. (Zotarelli *et al.*, 2002).

أظهـرت دراسـة أخـرى زيـادة كميـة الآزوت الجـوي المثبـت فـي التربـة بفضـل العقـد البكتيريـة المتعايشـة علـى جـذور محصـول العـدس (*Lens culinaris* L.) Lentil بنحـو 10 % بعـد 4 سـنوات مـن تطبيـق نظـام الزراعـة

بدون فلاحة في ظروف البيئة شبه الجافة (Kessel Van and Hartley, 2000). لوحظ أنَ التثبيت الحيوي للآزوت الجوي قد ارتفع بنسبة 10 % في العدس، و30 % في البازلاء (*Pisum sativum* L.) في نظام الزراعة بدون فلاحة (ZT)، كما ازدادت نسبة البروتين في بذور بعض البقوليات. وتبين أنّ القمح المزروع على بقايا محاصيل بقولية يُقلل من استعمال الأسمدة الآزوتية بنحو 40-20 % بالمقارنة مع القمح المزروع على بقايا نجيلية (Gan *et al*., 2003). وجد (Tab 2003) بعد 7 سنوات من الاستمرار في زراعة محصول القمح مع المحاصيل البقولية ضمن الدورة الزراعية، أنَّ كمية الآزوت المتوافرة في التربة كانت أعلى بكثير في الترب غير المفلوحة بالمقارنة مع الترب المفلوحة، وأدّت الفلاحة العميقة باستعمال المحراث القرصي (Disc plow) إلى تقليل محتوى التربة من الآزوت في جميع الأعماق. وبيّنت دراسة حقلية أنّ اتباع دورة زراعية ثنائية (قمح- بقوليات) قد أدّت إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية بالمقارنة مع تكرار زراعة محصول القمح نفسه في الأرض نفسها عاماً بعد عام (Ryan, 1998). أدّت الدورة الزراعية تحت ظروف الزراعة بدون فلاحة إلى تراكم قرابة 11 طن . هكتار$^{-1}$ من الكربون بعد 9 سنوات من تطبيق نظام الزراعة الحافظة (Baker *et al*., 2007)، بينما كان معدّل غاز ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) المنطلق إلى الغلاف الجوي تحت ظروف الزراعة التقليدية وبدون تطبيق الدورة الزراعية المناسبة قرابة 1.8 طن . هكتار$^{-1}$. سنة$^{-1}$ (FAO, 2001).

كما تزيد الدورة الزراعية من غلّة الحبوب ونوعيتها للمحاصيل الحبية اللاحقة (Gan *et al*., 2003). لوحظت زيادة الغلّة الحبية ومحتوى الحبوب من البروتين في القمح الربيعي عندما زُرع بعد كلٍ من محاصيل العدس Lentiles، والحمص (*Cicer arietinum* L.) Chickpea والبازلاء (*Pisum sativum* L.) بالمقارنة مع زراعته بعد القمح، وكذلك أعطى محصول الترمس الأبيض (*Lupinus alba* L.) والترمس الأزرق (*Lupinus polyphyllus* L.) والفاصولياء(*Phaseolus vulgaris* L.) والبازلاء إنتاجية جيدة عندما زُرعت في دورة زراعية مع القمح في أستراليا (Thomson *et al*., 1997). أظهرت دراسة أُجريت في ايكاردا (تل حديا) أنّ إنتاجية محصول القمح المزروع ضمن دورة زراعية ثنائية مع محصول العدس كانت أعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (1.71 طن . هكتار$^{-1}$)، بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (1.66 طن . هكتار$^{-1}$). وكانت إنتاجية محصول القمح الطري (Bread wheat) أقل بنسبة 6 % بالمقارنة مع إنتاجية القمح القاسي (Sommer *et al*., 2012). أظهرت البحوث المنفذة في شمال أمريكا أنّ إدخال محاصيل بقولية حبية في دورة زراعية مع محاصيل حبية أخرى قد حسّن من نسبة العناصر المغذية في التربة ومن كفاءة استعمال المياه Water use efficiency (WUE) (Miller *et al*., 2003؛ Gan *et al*.,2007)، ويُحسن من العائد الاقتصادي لكل أنظمة المحاصيل المزروعة (Zentner *et al*., 2001).

10.1. دور نظام الزراعة الحافظة في تحسين الكفاءة الإنتاجية

نُفذت تجربة حقلية لتحديد تأثير ثلاثة نظم من الفلاحة في غلة محصول القمح المزروع في دورة زراعية مع البيقية (*Vicia sativa* L.) Vetch خلال ثلاثة مواسم نمو في تربة لومية طينية في شمال غرب تركيا. تضمّنت هذه الدراسة ثلاثة نظم فلاحة، هي الفلاحة التقليدية (CT) (Conventional tillage)، والفلاحة السطحية (ST) (Shallow tillage)، والفلاحة بمحراث قرصي مزدوج (DDT) (Double disk tillage). كانت غلّة محصول القمح الأعلى معنوياً عند معاملة الفلاحة السطحية. وازداد عدد السنابل في النبات، وطول السنبلة بشكلٍ معنوي عند معاملة الفلاحة السطحية بالمقارنة مع نظم الفلاحة التقليدية. ولكن لم يؤثر نظام الفلاحة في متوسط وزن الألف حبة. وأشارت نتائج هذه التجربة أنّ نظام الفلاحة السطحية هو الأنسب

تحت ظروف المنطقة الجافة، وعند تعاقب محصول القمح ضمن الدورة الزراعية مع البيقية، حيث كانت غلّة محصول القمح الأعلى معنوياً، لذلك لابدّ من استبدال نظام الفلاحة التقليدية باستخدام المحاريث المطرحية القلابة بنظام الفلاحة السطحية لتحسين الخصائص الإنتاجية للتربة، والمحصول على المدى البعيد (AL-Ouda, 2013). تُساعد الممارسات الزراعية التي تتضمن عدم فلاحة التربة، أو فلاحتها بالحد الأدنى، وترك أكبر كمية ممكنة من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة، وتطبيق الدورة الزراعية المناسبة في إعادة تأهيل النظم البيئية الزراعية المتدهورة (Degraded ecosystems)، وتحسين كفاءتها الإنتاجية بشكلٍ مستدام (Carpenedo and Mielniczuk, 1990).

نُفذت تجربة حقلية، في محطة بحوث جلين خلال الموسمين الزراعيين 2008-2009 /2009-2010، بهدف تقييم أداء صنفين من القمح (دوما1، دوما2) ضمن ظروف الزراعة الحافظة (بدون حرث) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (الفلاحة التقليدية)، وبتطبيق الدورة الزراعية مع محصول الحمص بالمقارنة مع غياب الدورة الزراعية تحت ظروف الزراعة البعلية، حيث سبّبت ظروف الزراعة المطرية تراجعاً معنوياً في جميع الصفات المدروسة. حيث كان متوسط عدد الحبوب في النبات، والغلّة الحبية، ودليل الحصاد الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً، بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً. كانت نسبة الانخفاض في متوسط عدد الحبوب في النبات تحت ظروف الزراعة التقليدية قرابة 8.82 % بالمقارنة مع الزراعة الحافظة. سبّب الإجهاد المائي تراجعاً معنوياً في متوسط عدد الحبوب في النبات، ومتوسط الغلّة الحبية والبيولوجية، تحت ظروف الزراعة التقليدية بالمقارنة مع الزراعة الحافظة، ما يؤكد على أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة لزيادة متوسط عدد الحبوب في النبات، والغلّة الحبية والبيولوجية في وحدة المساحة من الأرض. كان متوسط عدد الحبوب في النبات، ومتوسط وزن الألف حبة، ومتوسط الغلة الحبية والبيولوجية، ودليل الحصاد الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي (دوما1) بالمقارنة مع نباتات صنف القمح الطري (دوما2). يُعزى هذا التباين بين صنفي القمح المدروسين في مكونات الغلّة الحبية إلى التباين في حجم المصدر بما في ذلك الورقة العلمية، ما يُساعد في زيادة كمية الطاقة الضوئية الملتقطة (Intercepted light energy) (I)، الأمر الذي يؤدي إلى تصنيع كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي، فتزداد كمية المادة الجافة المتاحة خلال فترة امتلاء الحبوب. كان متوسط وزن الألف حبة، ومتوسط الغلّة الحبية والبيولوجية، الأعلى معنوياً في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية بالمقارنة مع القطع التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (قنبر، 2011).

لوحظ أنّ متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظة الحسكة كان أعلى في الحقول المزروعة وفق نظام الزراعة الحافظة (1136.55 كغ. هكتار$^{-1}$)، بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (1087.55 كغ. هكتار$^{-1}$). قدّرت نسبة الزيادة في الإنتاجية بنحو 10.04 % في الحقول المزروعة بنظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع التقليدية. وكانت كفاءة استعمال مياه الأمطار (نسبة الغلة الحبية إلى كمية الأمطار الكلية الهاطلة خلال موسم النمو) أكبر في حقول الزراعة الحافظة (4.26 كغ. مم$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3.14 كغ. مم$^{-1}$) كقيم متوسطة لكل الحقول. كانت إنتاجية محصول القمح في محافظة حلب قرابة 2638.75 كغ. هكتار$^{-1}$ في الحقول المزروعة تقليدياً، في حين كانت قرابة 2902.50 كغ . هكتار$^{-1}$ في الحقول المزروعة بطريقة الزراعة الحافظة، أي بنسبة زيادة مقدارها 10 % تقريباً. كان متوسط إنتاجية محصول القمح كانت أعلى في الحقول التي زرعت بطريقة الزراعة الحافظة (6000 كغ. هكتار$^{-1}$ متوسط الحقلين) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (4750 كغ. هكتار$^{-1}$). بلغت نسبة الزيادة في متوسط إنتاجية محصول القمح تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية قرابة 20.83 %، ما يُشير إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة

لزيادة غلّة الأنواع المحصولية المزروعة تحت ظروف الزراعة المطرية (أكساد، 2010). كان متوسط إنتاجية محصول العدس الأعلى في الحقول المزروعة وفق نظام الزراعة الحافظة (1615.0 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الحقول المزروعة بالطريقة التقليدية (1448.33 كغ. هكتار$^{-1}$). وصلت نسبة الزيادة في متوسط إنتاجية محصول العدس نتيجة تطبيق الزراعة الحافظة إلى قرابة 12.08 %. كان متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظة حمص كان الأعلى في حقول الزراعة الحافظة (3883.33 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الحقول المزروعة بالطريقة التقليدية (3150 كغ. هكتار$^{-1}$). كان متوسط إنتاجية محصول الشعير في حقول الزراعة الحافظة أعلى بالمقارنة مع حقول الزراعة التقليدية (3500، 3000 كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي) (أكساد، 2010). بيّنت دراسة حقلية في المنطقة الشمالية الشرقية من الجمهورية العربية السورية، خلال ثلاثة مواسم زراعية متتالية (2008/2007 - 2009/2008 - 2010/2009)، لدراسة تأثير ثلاثة نظم فلاحة مختلفة (الفلاحة التقليدية، والفلاحة بالديسك مرتين، والزراعة بدون فلاحة) في غلّة محصول القمح الحبية المزروع في دورة زراعية مع البيقية، أنّ الغلّة الحبية كانت الأعلى معنوياً عند معاملة الزراعة بدون فلاحة (5057 كغ . هكتار$^{-1}$)، بالمقارنة مع نظامي الفلاحة الآخرين المدروسين (الفلاحة بالديسك مرتين، والفلاحة التقليدية (4821، و 4683 كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي). ازداد عدد السنابل في وحدة المساحة، وعدد الحبوب في السنبلة بشكلٍ معنوي تحت ظروف الزراعة بدون فلاحة (841 سنبلة. م$^{-2}$، 48 حبة. سنبلة$^{-1}$ على التوالي)، ولكن لم يكن لنظام الفلاحة (حافظة، أم تقليدية) تأثير معنوي في صفة متوسط وزن الألف حبة (AL-Ouda, 2013). لوحظ خلال تطبيق نظام الزراعة الحافظة في الحقول المزروعة بمحصول القمح في المحافظات السورية، تحت ظروف الزراعة المطرية، ضمن دورة زراعية مع المحاصيل البقولية (الحمص، والعدس، والبيقية)، مع مراعاة ترك قرابة 30 - 50 % من بقايا المحصول فوق سطح التربة إلى تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي بنحو 16 %، وزيادة الإنتاجية بنحو 15.30 %، وتقليل كمية الوقود المستهلكة بنحو 43 %، وتقليل عدد ساعات العمل بنحو 32 %، وتقليل كمية البذار المزروعة بنحو 17.70 %، وزيادة الإيرادات بنحو 12.80 %، وزيادة الربح بنحو 33 %، وزيادة هامش الربح الاقتصادي بنحو 34.29 %. تُشير النتائج إلى الجدوى الاقتصادية من تطبيق نظام الزراعة الحافظة (التقرير الفني السنوي لبرنامج الزراعة الحافظة في أكساد، 2011).

11.1. قوانين المحافظة على إنتاجية الأرض والمحصول:

يوجد في الطبيعة العديد من القوانين التي تؤدي مراعاتها واحترامها إلى تحسين إنتاجية الأنواع النباتية، ونوعية الأرض. ويؤدي تجاهلها إلى تشجيع تدهور التربة، وتدني إنتاجيتها، ما يؤثر سلباً في الإنتاج النباتي، والحيواني (Livestock).وأهمها:

1 - إنّ أي نظام زراعي (نباتي، أو حيواني) يمكن أن يُسهم بشكلٍ مستمر في تراجع محتوى التربة من المادة العضوية، وعادةً ما يتنافى مع مفهوم التنمية الزراعية المستدامة، ويتمخض عنه ترب متدهورة، ومزارعون فقراء.

2 - تؤدي الفلاحات المتكررة والمكثفة، ولاسيما في المناطق الرطبة وذات الحرارة المرتفعة (المدارية وشبه المدارية) إلى تمعدن المادة العضوية بشكلٍ سريع إلى عناصر معدنية مغذية (Mineralization)، ويُصبح معدّل فقد المادة العضوية أكبر من معدّل إضافتها، ما يؤدي إلى تراجع سريع في محتوى التربة من المادة العضوية، وتراجع إنتاجية الأنواع النباتية المزروعة على المدى البعيد.

3 - يؤدي ارتفاع معدّلات الهطولات المطرية، وازدياد غزارتها، وسرعة الرياح المترافقة مع اعتماد نظام الفلاحة التقليدية إلى ارتفاع معدّلات فقد التربة، بسبب الانجرافين المائي والريحي، ويكون عادةً معدّل فقد

التربـة أكبـر مـن معـدّل التجـدد الطبيعـي لهـا (Natural soil regeneration)، مـا يـؤدي إلـى فقـد العناصـر المعدنيـة المغذيـة (Nutrients)، والمـادة العضويـة، ومـن ثـمّ تراجـع إنتاجيـة الأنـواع النباتيـة.

4 - يـؤدي أيضـاً نظـام الفلاحـة التقليديـة إلـى تدهـور قـوام التربـة (Soil texture)، وارتفـاع درجـة حـرارة منطقـة نمـو الجـذور، وتراجعـاً فـي تعـداد الكائنـات الحيـة الحيوانيـة والنباتيـة فـي التربـة وتنوعهـا (Soil flora and fauna)، مـا يؤثـر سـلباً فـي العمليـات الأرضيـة الحيويـة، ويُسـبب أيضـاً ازديـاداً فـي معـدّل فقـد الميـاه بالتبخـر بشـكلٍ مباشـر مـن سـطح التربـة (Evaporation) (E)، مـا يؤثـر سـلباً فـي محتـوى التربـة المائـي، ومـن ثـمّ إنتاجيـة الأنـواع النباتيـة المزروعـة (Salem *et al.*, 2020).

5 - إنّ أي نظـام إنتـاج زراعـي تحـدث فيـه فواقـد مهمـة فـي العناصـر المعدنيـة المغذيـة مـن خـلال الاسـتخلاص من قبل جـذور النباتـات دون التعويـض المكافـئ، يـؤدي إلـى اسـتنزاف التربـة، أو مـن خـلال التطايـر (Volatilization) نتيجـة أعمـال الحـرق المتكـررة، أو عـن طريـق الغسـيل والرشـح العميـق (Leaching)، ولا سـيّما خـلال فتـرات التبويـر، مـا يـؤدي إلـى تراجـع خصوبـة التربـة وتـردي الوضـع المعيشـي للمزارعيـن.

6 - تـؤدي عمليـات الفلاحـة المكثفـة والمتكـررة للتربـة إلـى فقـد الكربـون منهـا علـى هيئـة غـاز ثنائـي أكسـيد الكربـون (CO_2) إلـى الغـلاف الجـوي، مـا يـؤدي إلـى ارتفـاع تركيـز CO_2، الـذي يُعـد أحـد أهـم الملوثـات الجويـة، مؤديـاً إلـى ارتفـاع درجـة حـرارة الجـو، واسـتفحال ظاهـرة الاحتبـاس الحـراري. يؤثـر أيضـاً فقـد الكربـون مـن التربـة فـي تدهـور خصوبتهـا. يتطلـب المحافظـة علـى خصوبـة التربـة وتحسـينها، ومـن ثـمّ تحقيـق التنميـة الزراعيـة المسـتدامة، التُوقـف عـن عمليـات تحضيـر التربـة الآليـة (باسـتعمال المحاريـث)، وأن تُتـرك التربـة محميـة بشـكلٍ دائـم بالغطـاء النباتـي. يمكـن فـي الوقـت نفسـه إضافـة كميـاتٍ كافيـة مـن البقايـا النباتيـة إلـى سـطح التربـة (أكثـر مـن 6 طن/هكتار/سـنة فـي المناطـق شـبه الجافـة، وأكثـر مـن 10 طن/هكتار/سـنة فـي البيئـات الرطبـة). إذاً، يُعـد نظـام الزراعـة الحافظـة (CA) Conservation Agriculture، وتـرك أكبـر كميـة ممكنـة مـن بقايـا المحصـول، واتبـاع الـدورة الزراعيـة المناسـبة، مـن أهـم مقومـات نجـاح نظـام الإنتـاج الزراعـي المسـتدام (Chaudhary *et al.*, 2029).

1-12- الزراعة الحافظة والتنمية الزراعية المستدامة

تُعـد الأرض أحـد أهـم العوامـل الرئيسـة المرتبطـة بتحقيـق التنميـة المسـتدامة فـي النظـم البيئيـة الزراعيـة، لأنّهـا المهـد الـذي تُـزرع فيـه الأنـواع النباتيـة التـي تُقـدّم الغـذاء والكسـاء للإنسـان، والعلـف للحيوانـات، لذلـك لا بـدّ مـن بـذل المزيـد مـن الجهـود لتقليـل انجـراف التربـة والمحافظـة علـى خصوبتهـا، وإنتاجيتهـا.

تُعـرف الزراعـة المسـتدامة بأنّهـا التأسـيس لإنتـاج اقتصـادي، وعـالٍ، ومسـتمر لـلأرض والمحصـول، مـن خـلال الحـد مـن ضـرر الأرض والبيئـة، وتحسـين نوعيـة الحيـاة. إنّ الاسـتنزاف السـريع لخصوبـة التربـة بسـبب الفلاحـات المتكـررة والمكثفـة، وعـدم تـرك البقايـا النباتيـة، أو حتـى جـزء منهـا، وغيـاب الـدورة الزراعيـة المناسـبة، ولا سـيّما فـي الـدول الناميـة، التـي تُعـد بمنزلـة السـبب والنتيجـة لظاهـرة الفقـر المسـتفحلة فـي تلـك الـدول. تُعـد التربـة الزراعيـة مـن المصـادر الطبيعيـة غيـر المتجـددة (Non-renewable source)، وبمـا أنّ مسـاحة الأراضـي الصالحـة للزراعـة محـدودة، فغالبـاً مـا يـؤدي تـرك سـطح التربـة عاريـاً وخاليـاً مـن البقايـا النباتيـة إلـى حـدوث انجـراف التربـة الزراعيـة، وتدهـور خصائصهـا الإنتاجيـة. وتُشـير الدراسـات إلـى أنّـه خـلال عـام 1993 عندمـا كانـت نسـبة تبنـي تقانـة الزراعـة الحافظـة فقـط 27 % فـي الولايـات المتحـدة الأمريكيـة، فـإنّ كميـة الكربـون المفقـودة مـن التربـة إلـى الغـلاف الجـوي قـدرت بنحـو 200 مليـون طنـاً، وعندمـا وصلـت نسـبة تبنـي تقانـة الزراعـة الحافظـة إلـى نحـو 75 % فـإنّ نسـبة الكربـون المفقـود انخفضـت إلـى النصـف تقريبـاً، ويمكـن أن تُسـهم الزراعـة بـدون فلاحـة فـي زيـادة كميـة الكربـون المدّخـر فـي التربـة (Carbon deposits) بنحـو 400 مليـون طنـاً، مـا يُسـاعد فـي تحسـين

خصوبة التربة. عموماً، منْ يطلع على تطور انتشار نظام الزراعة الحافظة في العالم، والوطن العربي يمكن أن يستنبط الملاحظات الآتية:

1 - على الرغم من العديد من المحاولات قديماً لزراعة المحاصيل بدون فلاحة، إلاّ أن مفهوم الزراعة المباشرة بدون فلاحة (No-tillage) بدأ منذ عام 1940، وتمّ تبنيه من قبل المزارعين فقط خلال الستينيات.

2- طرحت أولاً الزراعة الحافظة كطريقة فعّالة في حفظ التربة (Soil conservation)، ثمّ تطورت كنظام إنتاج مستدام اقتصادي، فهي لا تُحسّن فقط خصائص التربة الفيزيائية، والكيميائية، والحيوية، ولكن تُحسّن أيضاً البيئة ككل من خلال تخفيض انبعاث غازات الصوب الزجاجية.

3 - إنّ التطور التاريخي لزراعة المحاصيل بدون فلاحة والتطبيق الناجح لها في المزارع الممكننة قد ارتبط بشكلٍ كبير بالعوامل الآتية:

- توافر المعلومات المناسبة (نتائج البحوث، وخبرات المزارعين) تحت نظم زراعية، واجتماعية، واقتصادية مختلفة.
- توافر العديد من مبيدات الأعشاب الفعّالة رخيصة الثمن.
- توافر الآلات المناسبة للزراعة الحافظة بأسعارٍ معقولة.
- تطبيق الدورات الزراعية المناسبة، بما في ذلك زراعة محاصيل التغطية الخضراء.

4 - بالرغم من كثرة المعلومات المستقاة من البحوث في أفريقيا وآسيا، التي تبين منافع الزراعة بدون فلاحة، إلاّ أنّ مثل هذا النظام لم يطبق فيها بشكلٍ كبير. يبين التطور التاريخي أنّ المزارعين، والصناعة قد مارسوا تأثيراً كبيراً في انتشار نظام الإنتاج بالاعتماد على الزراعة المباشرة.

5 - لابدّ أخيراً من القول: إنّ نظام الزراعة الحافظة ليس جرعة/موضة عصرية، أو توجهاً عابراً، ولكنّه نظام زراعي أثبت جدواه وفعّاليته في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة. عموماً، تتحدد إمكانية تطبيق نظام الزراعة الحافظة في منطقة ما، بتوافر الآلة المناسبة، والمقدرة على إنتاج كتلة حيوية كبيرة (Biomass)، وتغطية سطح التربة على مدار السنة، وتطبيق الدورة الزراعية المناسبة. تتمثل العوامل البيئية التي يمكن أن تعيق انتشار نظام الزراعة الحافظة في معظم مناطق قارتي آسيا وأفريقيا بانخفاض معدّل الهطل المطري السنوي، وانخفاض إنتاج الكتلة الحيوية، وقصر طول مواسم النمو، وقابلية الأراضي الزراعية للانضغاط وتعرّضها لخطر التغدق (Waterlogging).

الفصل الثاني
الزراعة الحافظة ومتطلبات التبني في الوطن العربي
Conservation Agriculture and Adoption Requirements in the Arab World

استفاد المزارعون من زراعة المحاصيل في كسب المزيد من العائدات المادية مع انخفاض كمية العمالة (Labor) والري والمدخلات الخارجية الأخرى، والحفاظ على صحة التربة وإنتاجيتها، والنظام البيئي الزراعي ككل. إنّ قرابة 8 - 10 % من المزارعين في جميع أنحاء العالم، يطبقون نظام الزراعة الحافظة (CA) (Dhar *et al.*, 2017). يبدو أنّ التحول من ممارسة نظام الزراعة التقليدية إلى نظام الزراعة الحافظة يتطلب مهاراتٍ كبيرة في إدارة المزرعة، وتوفر المعدّات والأدوات المناسبة لنظام الزراعة الحافظة؛ التي قد تتطلب توفر الحد الأدنى من رأس المال لتشجيع انتشارها.

أصبحت تطبيق نظام الزراعة الحافظة شائعاً في أستراليا، لأنّها تُقلل من خطر فشل المحاصيل في سنوات الجفاف، ولا سيّما الجفاف المتزامن مع الحرارة المرتفعة خلال المراحل المتقدمة الحرجة من دورة حياة المحصول. يتمثل العائق الرئيس لتطبيق نظام الزراعة الحافظة في المناطق الجافة وشبه الجافة في إمكانية إنتاج كميةٍ كافية من البقايا النباتية، لاستعمالها كغطاءٍ للتربة، حيث أنّ إنتاج الكتلة الحيوية ليس فقط منخفضاً، ولكن تُستعمل بقايا المحاصيل كعلفٍ للماشية، ولا سيّما الأغنام.

يُنصح المزارعون المهتمون بتبني الزراعة الحافظة بضرورة الاطلاع على المبادئ الرئيسة لتطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة، والمشاكل المتوقعة أثناء التطبيق، ويتوجب على المزارعين أن يبدأوا بتجريب تطبيق نظام الزراعة على نطاقٍ صغير، وأن يتعلموا كيفية تكييف وتطويع مبادئ الزراعة الحافظة مع أوضاعهم الاقتصادية والاجتماعية الخاصة.

1.2. المشاكل المتوقعة أثناء تطبيق نظام الزراعة الحافظة:

يجب أن يتوقع المزارعون أنّ طيف الأعشاب الضّارة والآفات وأمراض المحاصيل يمكن أن يتغير (Alonso-Ayuso *et al.*, 2018) ، ويجب أن يكونوا مستعدين لزيادة الاعتماد على مبيدات الأعشاب الكيميائية في نظام الزراعة الحافظة، ولا سيّما خلال السنوات الثلاث الأولى من تطبيق نظام الزراعة الحافظة، وخلال هذه الفترة، قد لا يحصل المزارعون على إنتاجيةٍ أفضل تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، ولكن ستكون تكاليف الإنتاج الزراعي قولاً واحداً أقل، ومنذ الموسم الزراعي الأوّل، نتيجة تقليل معدّلات البذار والأسمدة المعدنية، وتوفير أجور عمليات الفلاحة، وتقليل معدّل استهلاك الوقود، بالإضافة إلى التحسن التدريجي لبناء التربة، ومحتواها من المادة العضوية.

2.2. أهم المعيقات الاقتصادية والاجتماعية لانتشار نظام الزراعة الحافظة:

1. الطلب الكبير على بقايا المحاصيل كعلفٍ للحيوانات.
2. ضعف تطور البنية التحتية (الأسواق، المعاملات المالية، وخدمات الإرشاد).
3. تفضيل الأسواق لمحصول واحد دون غيره (مثال، الذرة الصفراء في أفريقيا، والقمح في آسيا).
4. الحاجة الكبيرة لتطور إدارة المزرعة.

عمومـاً، فـي البيئـات التـي لا يمكـن فيهـا تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة فـإنّ الخيـار الثانـي الأفضـل هـو تطبيـق نظـام الزراعـة بالفلاحـة الدنيـا (Minimum tillage). تُعـزى أسـباب الانتشـار السـريع لتقانـة الزراعـة بـدون فلاحـة فـي دول أمريـكا اللاتينيـة إلـى مـا يلـي:

1. حـدّت هـذه التقانـة بشـكلٍ فعّـال واقتصـادي مـن انجـراف التربـة تحـت ظـروف مناخيـة تُسـاعد بشـكلٍ كبيـر علـى انجرافهـا وتدهورهـا.
2. توفر المعلومات المناسبة في المنطقة من خلال البحوث المنفذة، وتنامي خبرة المزارعين وتطورها.
3. انتشـار اسـتعمال محاصيـل التغطيةالخضـراء لوقـف نمـو الأعشـاب الضّـارة وتطورهـا، مـا سـاعد فـي تقليـل معـدّلات اسـتعمال مبيـدات الأعشـاب الضّـارة، وارتفـاع محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة، والمكافحـة الحيويـة للآفـات الزراعيـة.
4. إجمـاع كل قطاعـات الدولـة علـى أهميـة تطبيـق تقانـة البـذر المباشـر، وإبـراز التبعـات الإيجابيـة الناتجـة عنهـا، ولـم يكـن هنـاك أي تعـارض فـي وجهـات النظـر حتـى بيـن القطاعيـن العـام والخـاص.
5. كانت الزراعة الحافظة التقنية الوحيدة التي نصح بها المزارعون، ولا سيّما في ظل التغيرات المناخية.
6. كان هنـاك توعيـة إرشـادية كبيـرة بيـن المزارعيـن أنفسـهم حـول فوائـد تطبيـق هـذه التقانـة مـن خـلال الجمعيـات الفلاحية.
7. توفـر المنشـورات التـي تحتـوي علـى معلومـاتٍ تطبيقيـة ونظريـة كافيـة بمتنـاول يـد المزارعيـن، والمرشـدين الزراعييـن.
8. تنفيـذ العديـد مـن الدراسـات الاقتصاديـة، التـي بيّنـت وجـود عوائـد اقتصاديـة مهمـة جـرّاء تطبيـق هـذه التقانـة، واسـتعمال محاصيـل التغطيـة الخضـراء، واتبـاع الـدورة الزراعيـة المناسـبة عنـد تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة.
9. لم يكن هناك قوة متنفذة تعارض هذا النظام.

2-3- العوامل المعيقة لإمكانية تبني نظام الزراعة الحافظة وسبل التغلب عليها

1. الآلات الزراعيـة المناسـبة والكافيـة: لابـدّ مـن تطويـر البـذارات المناسـبة، التـي يمكـن أن تـزرع كلٍ مـن البـذور الكبيـرة (الزراعـة علـى خطـوط) (عبـاد الشـمس، والـذرة الصفـراء، والذرة البيضـاء، والحمـص،... الـخ)، ومحاصيل الحبـوب الصغيـرة الشـتوية (الزراعـة علـى سـطور) (القمـح، الشـعير،...الخ)، حتـى لا يضطـر المـزارع إلـى شـراء بذارتيـن، مـا يُشـكل عبئـاً ماديـاً كبيـراً عليـه ولاسـيما بالنسـبة إلـى المـزارع المتوسـطة إلـى الصغيـرة المسـاحة. وتُسـاعد مثـل هـذه البـذارات ثنائيـة الغـرض فـي تطبيـق الـدورات الزراعيـة وزراعـة محاصيـل التغطيـة الخضـراء خـلال فصـل الشـتاء / الصيـف، حيـث يـؤدي تـرك الأرض مبـورة إلـى انتشـار الأعشـاب الضّـارة بشـكلٍ كبيـر، مـا يزيـد مـن تكاليـف التخلـص مـن هـذه الأعشـاب(Patel *et al.*, 2018) (الصـورة، 3).

2. توفـر مبيـدات الأعشـاب الضّـارة: عـادةً مـا تكـون السـنوات الأولـى مـن تبنـي تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة صعبـة، بسـبب انتشـار الأعشـاب الضّـارة بشـكلٍ كبيـر، ويـزداد الأمـر صعوبـة فـي حـال عـدم توفـر مبيـدات الأعشـاب الضّـارة المناسـبة والمعلومـات الخاصـة بالتعـرف عليهـا، وسـبل مكافحتهـا. علـى سـبيل المثـال، خـلال السـنوات الأولـى مـن تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة فـي العديـد مـن دول العالـم، واجـه المزارعـون فـي البدايـات صعوبـاتٍ جمّـة بسـبب وجـود آنـذاك فقـط نوعيـن مـن مبيـدات الأعشـاب الضّـارة، همـا Paraquat و2,4- D. سـاعدت عمليـات العزيـق الآلـي آنـذاك فـي إنقـاذ الكثيـر مـن المحاصيـل مـن الفشـل، ولكـن ازدادت فـي الثمانيـات بشـكلٍ كبيـر الأنـواع المتاحـة مـن مبيـدات الأعشـاب، وترافـق ذلـك مـع نشـر كتـاب كامـل يضـم صـوراً لجميـع الأعشـاب الضّـارة المرافقـة للمحاصيـل المزروعـة فـي تلـك المناطـق وبـكل مراحلهـا، وتعليمـات اسـتعمال المبيـدات،

وفي أي مرحلة من حياة النبات، وطريقة الرش. ساعد كل ذلك المزارعين من الخروج من عنق الزجاجة فيما يتعلق بمقاومة الأعشاب الضّارة ومكافحتها (Hach *et al.*, 2000).

الصورة 3. آلات الزراعة الحافظة المستوردة (اليمين)، والمُصنّعة محلياً (اليسار).

3. تغيير العقلية: يتوجب على المزارعين أن يغيروا أولاً تفكيرهم قبل أن يفكروا في تغيير بذارتهم. يتوجب أولاً على المزارعين، والفنيين، والباحثين، والعاملين في مجال الإرشاد الزراعي تغيير نظرتهم في الزراعة الحافظة والابتعاد عن نظام فلاحة الأرض الهدّام للتربة والاقتراب من حيث الفكر والممارسة من نظام الإنتاج الزراعي المستدام المتمثل بتطبيق نظام الزراعة بدون فلاحة. سيكون من الصعب تحقيق أي نجاح من تطبيق نظام الزراعة الحافظة طالما أنّ عقول العاملين في ميدان الزراعة لا تزال تقليدية. يختلف نظام الزراعة الحافظة تماماً عن الزراعة التقليدية، لدرجة أنّ من يود تبني مفهوم الزراعة الحافظة، عليه أن ينسى أو يضع جانباً كل ما تعلمه مسبقاً عن نظام الزراعة التقليدية، ويكون مهيئاً لتعلم كل ما هو جديد في النظام الزراعي الجديد (Wal, 2007). يتم عادةً التغيير عندما تكون التقنية الزراعية الجديدة أفضل من الممارسة التقليدية القديمة، وتتفوق عليها من ناحية العائد المادي، وتوفير الوقت والجهد، وسهولة التعامل معها، ومدى انسجامها مع عاداتهم وتقاليدهم، وظروفهم الاقتصادية والاجتماعية، بمعنى أن تكون ميزتها النسبية أفضل من الممارسة التقليدية المزمع استبدالها.

4. المعرفة: يتمثل التحدي الكبير الذي سيواجه المزارعون عند الانتقال من نظام الزراعة التقليدية إلى الزراعة الحافظة في كيفية مكافحة الأعشاب الضّارة (Weed control). ولكي يتمكنوا من التعامل مع هذه الحالة الجديدة فعليهم أن يمتلكوا المعرفة الكاملة، ولاسيما عن مبيدات الأعشاب، والأعشاب الضّارة، وطرائق التعرف على الأعشاب الضّارة ومكافحتها.

أ. مبيدات الأعشاب الضّارة (Herbicides): لابد من توفر كتيباب تصف كل مبيدات الأعشاب الضّارة المتاحة في الأسواق وخصائصها الكيميائية، والسمية، والكمية الواجب استعمالها في الهكتار الواحد، وقائمة بأسماء الأعشاب الفعّالة ضدها. تمثل هذه المعلومات ضرورة لا يستطيع من دونها المزارعون أو الفنيون، أو المرشدون الزراعيون، وحتى الباحثون تحقيق نجاح وتقدم في مجال الزراعة الحافظة (Kumar *et al.*, 2013) (الصورة، 4).

الصورة 4. المبيدات المناسبة لضمان المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة.

ب. الأعشـاب الضّـارة: لابـدّ مـن وجـود كتيـب يضـم صـور الأعشـاب الضّـارة المنتشـرة فـي المنطقـة بـكل مراحـل حياتهـا للتعـرف عليهـا بسـهولة، ويبيـن أيضـاً مبيـد الأعشـاب الأكثـر فاعليـة لمكافحتهـا (الصـورة، 5).

الشوفان كأحد أهم الأعشاب الضّارة الرفيعة الأوراق.

الأعشاب الضّارة عريضة الأوراق

الصورة 5. الأنواع المختلفة من نباتات الأعشاب الضّارة رفيعة وعريضة الأوراق.

ت. اسـتخدام مبيـدات الأعشـاب: تُشـكل عمليـة رش مبيـدات الأعشـاب مهمـة صعبـة بالنسـبة إلـى المـزارع، حيـث تتطلـب تحديـد حجـم الميـاه للهكتـار الواحـد، وضغـط الـرش، ومقـدار تدفـق المبيـد، وسـرعة الجـرار، وسـعة الخـزان، وكميـة المبيـدات الواجـب إضافتهـا للحصـول علـى المعـدّل المنصـوح بـه مـن المـادة الفعّالـة فـي وحـدة المسـاحة مـن الأرض، ومـا لـم يـزود المـزارع بمعلومـات بسـيطة وواضحـة حـول طريقـة رش المبيـدات، ومعايـرة المرشـات، إضافـةً إلـى التدريـب العملـي، فسـيؤدي ذلـك إلـى سـوء كفـاءة عمليـة مكافحـة الأعشـاب الضّـارة، حتـى لـو اسـتخدمت أفضـل مبيـدات الأعشـاب الضّـارة وأكثرهـا فاعليـة (الصـورة، 6).

إنّ نظـام الزراعـة الحافظـة كحزمـةٍ زراعيـة متكاملـة هـو نظـام جديـد بالمطلـق، يتطلـب العمـل علـى تطويـر كل مـا هـو ضـروري لنجـاح تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة، وتحقيـق الأهـداف المرجـوة، مثـل تعديـل عوامـل إدارة التربـة، وإدارة التسـميد، وإدارة بقايـا المحصـول (Crop residue management)، وتطويـر أصنـاف أكثـر اسـتجابة لنظـام الزراعـة الحافظـة، ومكافحـة الأعشـاب الضّـارة، وتطبيـق عوامـل الإدارة المتكاملـة للآفـات الزراعيـة (Integrated pest management)(IPM)، وتأميـن الآلـة المناسـبة، وتطبيـق الـدورة الزراعيـة الملائمـة، وزراعـة محاصيـل التغطيـة الخضـراء.

الصورة 6. المعدات الضرورية لمكافحة الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة.

4.2. النقاط الواجب مراعاتها قبل البدء بتطبيق نظام الزراعة الحافظة:

1. التربة: يتوجب قبل الشروع في تبني تطبيق نظام الزراعة الحافظة إجراء تحليل كيميائي للتربة، وتحديد درجة حموضتها، ومعرفة هل هي حامضية (Acidic) أم قلوية (Alkaline). فإذا كانت التربة حامضية فينصح المزارع بإضافة الكلس (Lime) قبل تطبيق تقانة الزراعة الحافظة، لأنّها قد تكون الفرصة الأخيرة لقلب الكلس في التربة. الوقوف على إمكانية تشكل القشرة السطحية الصلبة. بشكلٍ عام، لا تُعد القشرة السطحية القاسية مشكلة حقيقية في نظام الزراعة الحافظة، لأنّ الغطاء النباتي يجنب التأثير المباشر المبعثر لوقع لقطرات المطر في سطح التربة، وبالتالي لا تتشكل القشرة السطحية. بشكلٍ عام، فإنّ الترب الطينية الثقيلة سيئة الصرف غير مناسبة لنظام الزراعة الحافظة، بسبب احتمال ارتفاع منسوب الماء الأرضي، وتغدق التربة. ولا بدّ من التحقق من مدى خشونة سطح التربة. وإنّ آلات الزراعة الحافظة (البذر المباشر) لا تعمل بشكلٍ جيد إذا لم تكن الأرض مسواة أو ممهدة بشكلٍ مناسب، حيث يعمد المزارعون عادةً في نظام الزراعة التقليدية إلى مكافحة الأعشاب الضّارة من خلال إجراء فلاحة سطحية للتربة، بعد ريها ودفع بذور الأعشاب الضّارة على الإنبات، ولكن يُسبب ذلك خشونة سطح التربة، الذي يجب أن يُمهد ويُسوى بشكلٍ جيد قبل تطبيق الزراعة الحافظة لتجنب المشاكل أثناء عملية البذر (Seeding)، وسوء الإنبات وعدم تجانسه. ولا بدّ من التأكد من قابلية انضغاط التربة (Soil compaction)، حيث أنّ انضغاط التربة الناتج عن عمليات الفلاحة المتكررة في نظام الفلاحة التقليدية، مثل تشكل الطبقة الصماء الناتجة عن استعمال المحاريث القلابة (Plow pans)، أو المحاريث القرصية الثقيلة يجب أن يُزال قبل تطبيق نظام الزراعة الحافظة (Lampurlan´es *et al.*, 2016). يمكن كسر الطبقة الصماء إنْ وجدت باستعمال المحاريث الخاصة بنقب التربة مثل (Chisel plow).

2. الغطـاء النباتـي: تُعد عمليـة تغطيـة سـطح التربـة بطبقـةٍ مـن البقايـا النباتيـة عامـلاً أساسـياً لنجـاح نظـام الزراعـة الحافظـة، وإنّ المزارعيـن الذيـن لا يعرفـون أهميـة تـرك البقايـا النباتيـة فـوق سـطح التربـة، فهـم لـم يستوعبوا بعـد نظـام الزراعـة الحافظـة. تُشـير معظـم البحـوث التـي نُفـذت إلـى ضـرورة تـرك علـى الأقـل مـن 6 - 10 طنـاً مـن المـادة الجافـة (البقايـا النباتيـة) فـي الهكتـار الواحـد فـي السـنة، حيـث يُسـاعد ذلـك فـي(Olson *et al.*, 2014):

1. تثبيط نمو الأعشـاب الضـارة.
2. المحافظـة علـى محتـوى التربـة المائـي بسـبب تقليـل مسـاحة سـطح التربـة المعـرّض بشـكلٍ مباشـر لأشـعة الشـمس، مـا يحـول دون فقـد الميـاه بالتبخـر.
3. الحيلولـة دون ارتفـاع درجة حرارة التربة بشـكلٍ كبير.
4. تحسين خصائـص التربـة الفيزيائيـة، والكيميائية، والحيوية، ومن ثـمّ خصوبة التربة.

بشـكلٍ عـام، يجـب أن تكـون البقايـا النباتيـة موزعـة بشـكلٍ متجانـس فـوق سـطح التربـة، لذلـك يجـب أن تكـون آلات الحصـاد مصمّمـة لنثـر البقايـا النباتيـة بشـكلٍ متجانـس فـوق كامـل عـرض خـط القطـع. ولكـن للأسـف نـادراً مـا يأخـذ مصنعـوا الحصـادات هـذه النقطـة بعيـن الاعتبـار، وعـادةً مـا تتركـز البقايـا النباتيـة بكميـاتٍ كبيـرة فـي المنتصـف، فـي حيـن توجـد كميـات قليلـة جـداً عنـد الأطـراف، الأمـر الـذي يؤثـر سـلباً فـي أداء مبيـدات الأعشـاب، وآلات البـذر، ولكـن لا تظهـر هـذه المشـكلة تحـت ظـروف الزراعـة المطريـة. عمومـاً، يُسـهم تـرك كميـةٍ كافيـة مـن بقايـا المحصـول فـوق سـطح التربـة فـي تقليـل التأثيـر المبعثـر لوقـع قطـرات المطـر، مـا يحـول دون تشـكل القشـرة السـطحية الصلـدة، التـي يمكـن أن تُقلـل مـن رشـح المـاه إلـى باطـن التربـة، مـا يزيـد مـن معـدّل فقـد الميـاه بالجريـان السـطحي، وحساسـية التـرب الزراعيـة للانجـراف المائـي، الأمـر الـذي يحـد مـن تراكـم الإطمـاء فـي الأنهـار والسـدود والبحيـرات. تـؤدي تغطيـة سـطح التربـة بشـكلٍ كامـل ومتجانـس ببقايـا المحصـول السـابق فـي تقليـل معـدّل فقـد الميـاه بالتبخـر، حيـث تعمـل البقايـا النباتيـة علـى عكـس جـزء كبيـر مـن الأشـعة الشمسـية، مـا يحـول دون ارتفـاع درجـة حـرارة التربـة، وتُقلـل مـن سـرعة الريـاح عنـد مسـتوى سـطح التربـة، مـا يُقلـل أيضـاً مـن فقـد الميـاه بالتبخـر.

عـادةً مـا تتحـول البقايـا النباتيـة المتروكـة فـوق سـطح التربـة إلـى مـادةٍ عضويـة بفعـل ديـدان الأرض (Earthworms)، حيـث تـؤدي المـادة العضويـة دور المـلاط الـذي يربـط جزيئـات التربـة بعضهـا ببعـض، مـا يزيـد مـن حجـم الكتـل الترابيـة وثباتيتهـا، الأمـر الـذي يزيـد مـن الكثافـة الظاهريـة (Bulk density)، ومسـامية التربـة (Soil porosity)، ومـن ثـمّ قدرتهـا علـى الاحتفـاظ بالميـاه (WHC) (Water holding capacity)، الأمـر الـذي يُقلـل مـن معـدّل فقـد الميـاه بالصـرف العميـق، ويزيـد كميـة الميـاه المتاحـة فـي منطقـة انتشـار الجـذور، مـا يُحسّـن مـن كفـاءة اسـتعمال ميـاه الأمطـار (Telkar *et al.*, 2017).

2-5- الأدوار الوظيفية التي يؤديها الغطاء النباتي

يـؤدي تـرك بقايـا المحصـول السـابق فـوق سـطح التربـة إلـى تقليـل التأثيـر المبعثـر لوقـع قطـرات المطـر، وتقليـل معـدّل فقـد الميـاه بالتبخـر، وزيـادة محتـوى التربـة مـادة العضويـة وكفـاءة التـرب الزراعيـة علـى احتجـاز الكربـون، مـا يـؤدي إلـى زيـادة حجـم الكتـل الترابيـة ومسـامية التربـة ومـن ثـمّ قدرتهـا علـى الاحتفـاظ بالميـاه، والحـد مـن فقـد الميـاه بالجريـان السـطحي، مـا يحـول دون انجـراف التـرب الزراعيـة وتراكـم الطمـي. ويـؤدي بالمقابـل تـرك كميـة كافيـة مـن بقايـا المحصـول فـوق سـطح التربـة إلـى زيـادة أعـداد ديـدان الأرض التـي تتغـذى عليهـا، محولـةً إياهـا إلـى مـادة عضويـة تتغـذى عليهـا الكائنـات الحيـة الدقيقـة (Microorganisms) فـي التربـة،

ما يؤدي إلى زيادة أعدادها، فيزداد النشاط الحيوي في التربة (Biological activity)، وتتحسّن تبعاً لذلك خصائص التربة الزراعية الحيوية، أي تتحسن صحة التربة (Soil health) (S¨ale *et al.*, 2015). تُساعد هذه العوامل مجتمعةً في تقليل تلوث المياه، والهواء، وتحسين خصوبة التربة، ما يؤدي إلى تحسين العوامل البيئية، بالإضافة غلى تحسين إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة فيها.

6.2. الخطوات الأساسية لتبني نظام الزراعة الحافظة:

يجب على المزارع ألاّ يُسارع إلى شراء آلة البذر المباشر، أو يستعيرها من جاره بمجرد السماع عن جدوى، وأهمية هذا النظام الزراعي. ولكن عليه أولاً أن يُلمْ وبشكلٍ جيد بكل مكونات هذا النظام قبل أن يشتري البذارة. هناك بعض العوامل المهمة جداً التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار قبل البدء بتطبيق نظام الزراعة الحافظة، أهمها:

1 - يتوجب على جميع العاملين في مجال تبني تطبيق الزراعة الحافظة أن يطوروا معلوماتهم حول كل ما يتعلق بهذه التقانة الزراعية المبتكرة والذكية مناخياً، ولاسيما مكافحة الأعشاب الضّارة.

2 - أن يقوم المزارعون أولاً بتحليل تربتهم، وإضافة الكلس (Lime) إذا كانت حامضية، وإزالة نقص العناصر، وتصحيح الخلل في التوازن المعدني.

3 - تجنب تطبيق نظام الزراعة الحافظة في الترب سيئة الصرف (الترب الطينية الثقيلة جداً).

4 - القيام بتسوية سطح التربة إذا كان خشناً، أو غير ممهداً لأي سبب.

5 - إزالة انضغاط التربة باستعمال المحاريث النقّابة.

6 - زراعة المحاصيل الحقلية التي تُنتج كمية كبيرة من الكتلة الحيوية.

7 - شراء الآلة الخاصة بنظام الزراعة الحافظة.

8 - البدء بتطبيق نظام الزراعة الحافظة على مساحة 10 % فقط من أرضه ليكتسب الخبرة اللازمة.

9 - تطبيق الدورة الزراعية المناسبة، التي تتضمن زراعة المحاصيل البقولية الغذائية والعلفية لجني كامل المنافع من تطبيق هذا النظام الزراعي الواعد.

10 - أن يكون المزارع مهيئاً بشكلٍ دائم للتعلم، وتطوير معلوماته بكل ما هو جديد حول نظام الزراعة الحافظة.

11 - عدم الاعتقاد المسبق بعدم جدوى ونجاح نظام الزراعة الحافظة، لأنّ ذلك سوف لن يُساعد في حل المشكلة/المشاكل المرتبطة بتطبيقه. إذا ما تولدت القناعة بأنّ نظام الزراعة الحافظة هو نظام الإنتاج الزراعي المستدام الحقيقي، والمثبت في الزراعة الواسعة (Extensive agriculture)، عندئذٍ سيكون لدى المزارعين الحافز الحقيقي لإيجاد الحلول المناسبة. يجب ألاّ يكترث المزارعون بمسألة انخفاض الغلّة نتيجة تطبيق الزراعة الحافظة طالما أنّهم سيحصلون على أرباحٍ أعلى، بسبب تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، وزيادة كفاءة العملية الزراعية (نسبة المخرجات إلى المدخلات) بالمقارنة مع هامش الربح في الزراعة التقليدية، حتى لو تساوت الإنتاجية في كلا النظامين.

الفصل الثالث
إدارة بقايا المحاصيل في حقول الزراعة الحافظة
Crop Residue Management under Conservation Agriculture

تعني إدارة البقايا النباتية إبقاء سطح التربة مغطىً ببقايا المحصول السابق، أو محاصيل التغطية الخضراء، ما يسمح في حماية التربة من فقد العناصر المغذية، والانجرافين الريحي والمائي، بالإضافة إلى تحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية. يحمي الغطاء النباتي التربة من تأثير العوامل المناخية ويحول دون ارتفاع درجة حرارة التربة، ويحافظ على مخزون التربة المائي، ويُحسّن من معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، ومن تهويتها. تُسهم الإدارة الجيدة للبقايا النباتية في تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، وتُؤمن الغذاء الضروري للكائنات الحية الدقيقة في التربة. تتحدد إنتاجة الأنواع المحصولية بنوعية التربة وكفاءتها الإنتاجية، وتؤدي البقايا النباتية التي يمكن أن تُترك بعد حصاد الأجزاء الاقتصادية دوراً مهماً في تحسين نوعية التربة(Yadav *et al*., 2018) .

يُنتج سنوياً كمياتٍ كبيرة جداً من بقايا المحاصيل النجيلية (القمح، والشعير، والذرة الصفراء، والذرة البيضاء، والدخن ....إلخ)، والبقولية (الحمص، والعدس، والبيقية، والفول، والبازلاء ... وغيرها). وتُستعمل البقايا النباتية كعلفٍ للحيوانات (Animal feed)، وكغطاءٍ للتربة، وصناعة الأسمدة العضوية (الكومبوست)، وكمواد بناء في الأرياف، وكوقودٍ للاستعمالات المنزلية والصناعية. تُعد البقايا النباتية ذات قيمة عالية جداً للمزارعين، ولكن عادةً ما يُحرق جزء كبير منها بعد إتمام عملية الحصاد لتنظيف الحقل من بقايا المحصول السابق، بهدف تحضير الأرض لزراعة المحصول اللاحق. للأسف، عادت إلى الواجهة من جديد مسألة حرق بقايا المحصول السابق في بعض المناطق من مختلف الدول العربية (الصورة، 7)، بسبب النقص الكبير الحاصل في الأيدي العاملة، وارتفاع تكاليف إزالة بقايا المحصول وتجميعها على شكل بالاتٍ من القش بالطرائق التقليدية، واستعمال الحصادة الدراسة للمحاصيل التي تعمل على تجميع البقايا النباتية على شكل أكوام، والتي يمكن أن تُعيق الزراعة حتى في حال تطبيق نظام الزراعة الحافظة.

الصورة 7. حرق بقايا المحاصيل كممارسةٍ سائدة في بعض المناطق.

يـؤدي حـرق بقايـا المحصـول السـابق إلـى انطـلاق جزيئـات السـخام (Soot)، والدخـان اللـذان يُسـببان مشـاكل لصحـة كلٍ مـن الإنسـان والحيـوان، وزيـادة معـدّلات انبعـاث غـازات الدفيئـة، ولا سـيّما غـاز ثنائـي أوكسـيد الكربـون، وأوكسـيد الآزوت (Nitrous oxide)، مـا يـؤدي إلـى اسـتفحال ظاهـرة الاحتبـاس الحـراري العالميـة (Global warming)، وفقد فـي العديـد مـن العناصـر المغذيـة، مثـل الآزوت (N)، والفوسـفور (P)، والبوتاسـيوم (K)، والكبريـت (S). يُشـكل حـرق بقايـا المحصـول السـابق ضياعـاً لأحـد المصـادر الطبيعيـة المهمـة، التـي يمكـن أن تكـون مصـدراً مهمـاً للكربـون العضـوي فـي التربـة، والمركبـات النشـطة حيويـاً، ومصـادر الطاقـة ومـواد البنـاء، والصناعـات الأوليـة فـي المناطـق الريفيـة. تعمـل الحـرارة المتولـدة عـن حـرق البقايـا النباتيـة علـى رفـع درجـة حـرارة التربـة، مـا يـؤدي إلـى مـوت العديـد مـن الكائنـات الحيـة النشـيطة المفيـدة للتربـة، وانخفـاض أعدادهـا، علمـاً أنّ هـذا التأثيـر عـادةً مـا يكـون مؤقتـاً لأنّ الكائنـات الحيـة الدقيقـة سـتتكاثر فـي التربـة مـن جديـد بعـد بضعـة أيـام، ولكـن يـؤدي تكـرار عمليـة الحـرق فـي الحقـل نفسـه سـنوياً إلـى القضـاء علـى الكائنـات الحيـة بشـكلٍ دائـم. يـؤدي حـرق بقايـا المحصـول السـابق إلـى زيـادة مباشـرة فـي معـدّل تبـادل عنصـر الأمونيـوم كمصـدرٍ لـلآزوت (Exchangeable NH_4^+ - N)، ومحتـوى التربـة مـن الفوسـفور القابـل للاسـتخلاص، ولكـن لا يوجـد ازديـاد فـي قطـاع التربـة مـن العناصـر المغذيـة. تـؤدي عمليـة حـرق البقايـا النباتيـة علـى المـدى الطويـل إلـى انخفـاض محتـوى التربـة مـن عنصـري الآزوت (N)، والكربـون (C)، وقابليـة الآزوت علـى التمعـدن فـي طبقـة التربـة السـطحية (Telkar *et al*., 2017). للأسـف، مـن المفارقـات الغريبـة، لجـوء المزارعيـن إلـى حـرق بقايـا المحصـول السـابق مـع وجـود نـدرة فـي كميـة المـوارد العلفيـة المتاحـة فـي أكثـر الـدول العربيـة، الأمـر الـذي أدّى إلـى ارتفـاعٍ كبيـر فـي أسـعار المـواد العلفيـة خـلال السـنوات الأخيـرة، وازداد بالمقابـل الطلـب علـى البقايـا النباتيـة مـن قبـل القطـاع الصناعـي (صناعـة الكومبوسـت، والفيرمـي كومبوسـت)، لذلـك أصبحـت مسـألة إدارة بقايـا المحاصيـل بطريقـةٍ منتجـة ومربحـة أمـراً ضروريـاً.

يُعـد تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة (CA) مـن الأنظمـة الزراعيـة الواعـدة التـي يمكـن أن تحقـق ذلـك. يسـمح تبنـي تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة كحزمـةٍ زراعيـةٍ متكاملـة (عـدم فلاحـة التربـة أو فلاحتهـا بالحـد الأدنـى، والتغطيـة المسـتمرة لسـطح التربـة ببقايـا المحصـول السـابق أو محاصيـل التغطيـة الخضـراء، وتطبيـق الـدورة الزراعيـة المناسـبة) فـي الاسـتفادة مـن بقايـا المحصـول السـابق فـي تحسـين صحـة التربـة (خصائـص التربـة الفيزيائيـة، والكيميائيـة، والحيويـة)، وزيـادة إنتاجيـة الأنـواع المحصوليـة المزروعـة، وتقليـل التلـوث (Pollution) لـكلٍ مـن التربـة والغـلاف الجـوي، والمحافظـة علـى اسـتقرار الإنتـاج الزراعـي، والمصـادر الزراعيـة الطبيعيـة (التربـة، والميـاه) بشـكلٍ مسـتدام (Panettieri *et al*., 2020).

تُعـد البقايـا النباتيـة جـزءاً مـن النباتـات التـي تُتـرك فـي الحقـل بعـد حصـاد الأجـزاء الاقتصاديـة وفـرط الحبـوب/البـذور عـن باقـي الأجـزاء الثمريـة. تُعـد عمليـة إعـادة تدويـر البقايـا النباتيـة مهمـة جـداً فـي تحويـل الفائـض مـن البقايـا النباتيـة إلـى منتجـاتٍ مفيـدة لتأميـن الاحتياجـات الغذائيـة للكائنـات الحيـة الدقيقـة فـي التربـة، وتأميـن العناصـر المغذيـة لنباتـات المحصـول اللاحـق. تُعـد البقايـا النباتيـة مصـدراً رئيسـاً للكربـون العضـوي الضـروري للكائنـات الحيـة الدقيقـة فـي التربـة وكذلـك للنباتـات المزروعـة. ينجـم عـن تـرك البقايـا النباتيـة فـوق سـطح التربـة تقليـل فقـد الميـاه بالجريـان السـطحي (Run-off)، ومـن ثـمّ حساسـية التـرب الزراعيـة للانجـراف المائـي، ويمكـن أن تُقلـل مـن معـدّل فقـد الميـاه مـن التربـة بالتبخـر، وتوفـر تكاليـف تحضيـر الأرض قبـل الزراعـة. عـادةً مـا يعمـد المزارعـون إلـى إزالـة بقايـا محاصيـل الحبـوب الصغيـرة مثـل القمـح أو الشـعير أو حتـى المحاصيـل البقوليـة لاسـتعمالها كعلـفٍ للحيوانـات، ولا سـيّما فـي المناطـق الجافـة وشـبه الجافـة، مـا يُشـكل تحديـاً كبيـراً لنجـاح تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة (Olson *et al*., 2014) .

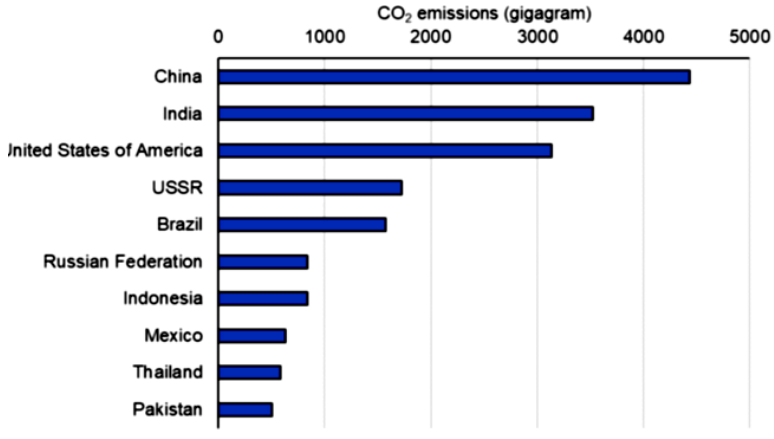
1.3. لماذا هناك ضرورة ملحة لإدارة بقايا المحصول السابق؟

للأسف فإنّ قرابة 730 مليون طن من الكتلة الحيوية (بقايا المحاصيل) تُحرق سنوياً في آسيا، ويؤدي حرق البقايا النباتية إلى حدوث المشاكل الآتية:

1.1.3. فقد العناصر المغذية (Loss of nutrients): يقدّر محتوى البقايا النباتية من مختلف الأنواع المحصولية بنحو 80 % آزوت، و25 % فوسفور، و50 % كبريت، و20 % بوتاسيوم. تقدّر كمية العناصر المغذية المفقودة من حرق 1 طن من بقايا المحصول بنحو 5.5 كغ آزوت، 2.3 كغ فوسفور، و25 كغ بوتاسيوم، و1.2 كغ كبريت، بالإضافة إلى الفقد الكامل للكربون العضوي، ما يؤدي إلى تلوث الغلاف الجوي وازدياد معدّلات انبعاث غازات الدفيئة، ما يُفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري، ويزيد من وطأة التغيرات المناخية. إذا ما طُمرت البقايا النباتية في التربة، أو تُركت فوق سطح التربة، فهذا يُساعد في إغناء التربة الزراعية بكل تلك العناصر التي يمكن أن تفقد جرّاء عملية الحرق، ولا سيّما الكربون العضوي، الذي يُعد غذاءً أساسياً للكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة، ومصدراً للعناصر المغذية للنباتات.

2.1.3. التأثير في خصائص التربة (Impact on soil properties): تؤدي عملية حرق بقايا المحاصيل إلى ارتفاع درجة حرارة التربة، ما يتسبب في موت العديد من الكائنات الحية النافعة في التربة، وتؤدي عمليات الحرق المتكررة للبقايا النباتية إلى حدوث الفقد الكلي للكائنات الحية الدقيقة في التربة، بالرغم من حقيقة أنّ هذا التأثير عادةً ما يكون مؤقتاً، حيث تتكاثر الكائنات الحية مجدداً خلال بضعة أيام. تؤدي عملية تكرار حرق البقايا النباتية في الحقل نفسه إلى انخفاض مستوى الآزوت والكربون في التربة، ولا سيّما عنصر الآزوت في طبقة التربة السطحية (0 - 15 سم) (Mairghany *et al.*, 2019).

3.1.3. انبعاث غازات الصوب الزجاجية (الدفيئة) (GHG) (Emission of greenhouse gases): يؤدي حرق البقايا النباتية إلى انبعاث كمياتٍ كبيرة من غازات الدفيئة. تُشير الدراسات إلى أنّ قرابة 70، 7، و0.7 % من الكربون الموجود في بقايا محصول الرز (*Oryza sativa* L.) ينبعث على شكل غاز ثنائي أكسيد الكربون (CO_2)، وغاز أحادي أوكسيد الكربون (CO_2)، وغاز الميثان (CH_4) على التوالي، في حين ينبعث 2 % من الآزوت الموجود في البقايا على شكل أوكسيد الآزوت (N_2O) عند حرق البقايا النباتية، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدّل انبعاث غازات الدفيئة (Bai *et al.*, 2022) . يؤدي حرق بقايا المحصول السابق إلى انبعاثات معنوية لأهم الغازات النادرة ذات القوة التسخينية المرتفعة، مثل غاز الميثان Methane (CH_4)، وأحادي أوكسيد الكربون (CO)، وأوكسيد الآزوت (N_2O)، وأكاسيد الآزوت الأخرى (NOX)، وأكاسيد الكبريت (SOX)، والمركبات الكربونية الهيدروجينية الأخرى إلى الغلاف الجوي. تُعد هذه الغازات ذات أهمية كبيرة لما لها من تأثيرٍ كبير في ظاهرة الاحتباس الحراري على المستوى العالمي، ويمكن أن تؤدي إلى زيادة مستويات الغبار الجوي (Aerosols)، وتراكم المواد الحامضية، وزياد تركيز الأوزون في طبقة التربوسفير، واستنفاد الأوزون في طبقة الستراتوسفير. ويمكن لتلك الملوثات الجوية أن تنتقل عبر الحدود تبعاً لسرعة الرياح واتجاهها، والتفاعل مع بعض المؤكسدات، مثل جذر الماءات (OH)، ما يؤدي إلى تحولات فيزيو-كيميائية يمكن أن تُغسل في النهاية بواسطة الأمطار. ولوحظ أنّ الكثير من الملوثات موجودة بكمياتٍ كبيرة في كتلة الدخان، ويمكن أن يكون لبعضها تأثيرات مسرطنة وتُسبب أمراضاً خطيرة للرئتين (Surendra and Awais, 2019) (الشكل 1).



الشكل 1. انبعاثات غاز CO_2 من حرق بقايا المحاصيل (المصدر: FAO , 2019).

2.3. إدارة بقايا المحصول Management of crop residues

يمكن أن يُستعمل القش بعد حصاد الأجزاء الاقتصادية من المحصول الرئيس المزروع في العديد من الأغراض المفيدة، مثل أعلافاً لتغذية الماشية (Livestock feed)، ومواد بناء، وفرشات للحيوانات في الحظائر (Livestock bedding)، ومهد لزراعة الفطر الزراعي، ويمكن أن تُستعمل كغطاءٍ نباتي في حقول الأشجار المثمرة.

1.2.3. غطاء التربة (Soil mulch): إنّ الزراعة المباشرة (بدون حراثة) في التربة المغطاة ببقايا المحصول السابق هي من الممارسات الزراعية التي تُوصي بترك أكبر كمية ممكنة من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة بدون أي شكل من أشكال قلب هذه البقايا وطمرها في التربة. يُساعد الاحتفاظ السطحي للمخلفات النباتية في حماية سطح التربة من الانجرافين الريحي والمائي، ولكن غالباً ما يؤدي الحجم الكبير من المخلفات المتبقية على سطح التربة إلى فشل عمل الآلات أثناء الزراعة، ما يؤثر سلباً في عملية زراعة بذور المحصول اللاحق (Patil *et al.*, 2018 .) للأسف، عادةً ما يتبع المزارعون هذه الممارسات عند تطبيق نظام الزراعة الحافظة (البذر المباشر). وقد يكون الاحتفاظ السطحي ببعض أو كل بقايا المحصول السابق، الخيار الأفضل في العديد من الحالات، حيث يمنع ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة نمو الأعشاب الضّارة. عادةً ما تتحلل المخلفات النباتية ببطء على سطح التربة، مما يزيد من الكربون العضوي والآزوت الكلي في طبقات التربة السطحية (عمق 5 - 15 سم من سطح التربة)، مع حماية التربة السطحية من التعرية الريحية والمائية. أدّى ترك مخلفات المحاصيل على سطح التربة إلى زيادة تركيز النترات (NO_3) بنسبة 46 % وامتصاص عنصر الآزوت بنسبة 29 %، وغلّة المحصول بنسبة 37 % بالمقارنة مع حرق البقايا النباتية من المحصول السابق. يُحافظ أيضاً على درجة حرارة التربة، حيث تؤدي البقايا النباتية دور المظلة التي تقي التربة من التأثيرات المباشرة للعوامل المناخية، وتعمل على عكس الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح التربة ما يحول دون ارتفاع درجة حرارة التربة، الأمر الذي يُقلل من معدّل فقد المياه بالتبخر، ويُقلل بشكلٍ كبير من التباين في درجات حرارة التربة بين الليل والنهار. توفر أيضاً البقايا النباتية الموائل الطبيعية للكائنات الحية الأخرى، الضّارة منها والمفيدة من ناحية، وتوفر من ناحيةٍ أخرى الركيزة الأساسية من مادة الكربون لتثبيت الآزوت حيوياً، وزيادة النشاط الحيوي (Ramoneda *et al.*, 2021)، ومحتوى التربة من الكربون (C)، والآزوت (N)، وتقليل متطلبات نباتات المحصول اللاحق المزروع من الأسمدة الآزوتية (Minansy and McBratney, 2017) (الجدول،1).

الجدول 1. محتوى مختلف مصادر البقايا النباتية من العناصر المغذية.

بقايا المحصول	محتوى العناصر المغذية (%)		
	N	P_2O_5	K_2O
الرز	0.61	0.18	1.38
القمح	0.48	0.16	1.18
الذرة الصفراء	0.52	0.18	1.35
الشوندر السكري	0.40	0.18	1.28
البقوليات	1.60	0.51	1.75

المصدر: Reddy and Reddy, 2003.

2.2.3. استعمال بقايا المحصول كعلفٍ للحيوانات: في سورية والعديد من الدول العربية، تُستعمل عادةً البقايا النباتية كعلفٍ للحيوانات كما هي بشكلٍ مباشر (أعلاف مالئة)، أو يُضاف إليها بعض المواد المُحسّنة، مثل اليوريا والمولاس لتحسين قيمتها الغذائية، حيث أنّ البقايا النباتية - كما هي- عادةً ما تكون غير مستساغة (Unpalatable) من قبل الحيوانات، لأنّها ذات قيمة علفية متدنية وغير قابلة للهضم بسهولة، لذلك لا يمكن استعمالها بمفردها ضمن العليقة العلفية، حيث أنّ البقايا النباتية مواد منخفضة الأليلياف، وذات تركيز متدنٍ من الآزوت، والكربوهيدرات الذوّابة، والمعادن، والمكملات الغذائية (الفيتامينات) (Vitamins)، مع وجود كمياتٍ متباينة من الليغنين (Lignin)، الذي يؤدي دور الحاجز الفيزيائي الذي يمنع عملية التحطيم الميكروبي للبقايا النباتية. لتأمين الاحتياجات الغذائية للحيوانات، تحتاج البقايا النباتية لمعاملة باليوريا والمولاس، ودعمها بالأعلاف الخضراء (البقولية وغير البقولية)، وبذور المحاصيل البقولية العلفية (اللوبياء، والبيقة..... وغيرها) (Ghimire *et al.*, 2008).

3.2.3. صناعة الكومبوست: استعملت بقايا المحاصيل على مرّ الزمان في تصنيع الكومبوست، ولهذا الغرض تُستعمل البقايا النباتية أولاً كفرشاتٍ للحيوانات، ثمّ تجمع بعدئذٍ على هيئة كومات في حفر تخمير روث الحيوانات، حيث أنّ كل واحد كيلو غرام من بقايا المحصول (القش) يمكن أن يمتص قرابة 2 - 3 كغ من المخلفات السائلة، الذي يُغني القش بالآزوت. بيّنت الدراسات أنّ كمية بقايا محصول الرز المتحصل عليها من هكتار واحد من الأرض، تُعطي أثناء تصنيع الكومبوست تقريباً ثلاثة أطنان من السماد العضوي الذي يُضاهي في غناه بالعناصر المغذية السماد البلدي المتخمر (FYM) (Farmyard manure).

4.2.3. مصدر للطاقة: يمكن أن تُستعمل الكتلة الحية كمصدرٍ مهم للطاقة بكفاءةٍ مرتفعة، وازداد في السنوات الأخيرة الإقبال على استعمال بقايا المحصول السابق لتوليد الطاقة وكبديلٍ عن الوقود الأحفوري (Fossil fuels). وبالمقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، فإنّ البقايا النباتية كمصدرٍ للطاقة يمكن تخزينها، وهي رخيصة الثمن، وذات كفاءة عالية في توليد الطاقة، وصديقة للبيئة (Environment-friendly). عموماً، يتميز القش بانخفاض الكثافة الظاهرية وانخفاض غلّة الطاقة في وحدة الوزن، وبالتالي فإنّ عملية نقل كمياتٍ كبيرة من القش اللازمة لتوليد الطاقة بكفاءةٍ مرتفعة - ولا سيّما في ظل ارتفاع أسعار الوقود- تُعد من العوامل الرئيسة المحددة لذلك، بالإضافة إلى العوامل المتعلقة بتوفر القش بالكميات المطلوبة لهذا الغرض، وتوفر البنية التحتية لذلك (آلات الحصاد، والجمع ... وغيرها).

3.3. سبل إدارة بقايا المحصول Crop residues management appraoches

طورت بعض الدول آليات لإدارة واستعمال بقايا المحاصيل للاستفادة منها وتجنب حرقها. ففي الصين، التي تنتج سنوياً قرابة 700 مليون طناً من بقايا المحصول، يُترك 31 % منها فوق سطح التربة، ويُستعمل 315 منها كعلفٍ للحيوانات، و19 % منها لتوليد الطاقة الحيوية (Bioenergy generation)، و15 % منها تُستعمل كأسمدة. تُستعمل بقايا المحصول كمصدر للطاقة في بعض الدول، مثل أندونيسيا، ونيبال، وتايلاند، وماليزيا، والفلبين، ونيجيريا، ولصناعة الكومبوست في الفيليبين، وأندونيسيا، والصين، وكعلفٍ للحيوانات في سورية، ولبنان، والباكستان، والعراق، وتنزانية، والصين والدول الأفريقية، وتُستعمل لزراعة الفطر الزراعي في فيتنام، ويمكن أن تُحرق في الحقل في الصين والولايات المتحدة الأمريكية، والفيلبين، وأندونيسيا.

1.3.3. إدارة بقايا المحصول وفق نظام الزراعة الحافظة: واجه القطاع الزراعي في الوطن العربي عامةً العديد من التحديات، تمثلت بتراجع مساحة الأراضي الزراعية الصالحة للزراعة بسبب عمليات التملح الثانوي وشح الموارد المائية العذبة الجوفية والسطحية، والتغيرات المناخية، وتدهور جودة الأراضي الزراعية. وإنّ السبب الرئيس لتدهور الأراضي الزراعية هو تراجع محتواها من الكربون العضوي، الذي أثّر سلباً في العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحيوية، الأمر الذي أثّر سلباً في كفاءة الترب الزراعية الإنتاجية. إنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة، يُعد من الخيارات المهمة لاستدامة الموارد الزراعية (التربة، والمياه)، وهو من الحلول الفعّالة في الحد من تدهور الأراضي الزراعية، ويعتمد في جوهره على عدم فلاحة التربة أو فلاحتها بالحد الأدنى، وزراعة البذور مباشرةً في الأرض غير المفلوحة، فوق بقايا المحصول السابق، باستعمال آلة خاصة تُسمى آلة البذر المباشر، التي تعمل على تقطيع بقايا المحصول السابق، وإحداث شق في التربة بعمق وعرض كافيين لوضع الأسمدة المعدنية والبذار وتغطيتهما بشكلٍ ملائم (Mwangi *et al.*, 2015).

يُساعد ترك كمية كافية من بقايا المحصول فوق سطح التربة في تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، وتحسين النشاط الحيوي في التربة (تحسين صحة التربة)، وتُساعد التغطية المستمرة لسطح التربة ببقايا المحصول السابق في وقاية سطح التربة من تأثير العوامل الجوية الخارجية، ولا سيّما الإشعاع الشمسي، ما يحول دون ارتفاع درجة حرارة التربة وزيادة معدّل فقد المياه بالتبخر المباشر من سطح التربة، والجريان السطحي، وزيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، ما يزيد من محتوى التربة المائي، ويزيد من خصوبة التربة، ويُشجع النشاط الحيوي في التربة، ويؤدي دوراً مهماً في الإدراة المتكاملة للآفات الزراعية، من خلال تطبيق الدورة الزراعية المناسبة (Peng *et al.*, 2019).

إنّ التقانات الزراعية التي تُحافظ على الموارد الزراعية (Resource Conserving Technologies (RCTs)، تتجنب عملية حرق بقايا المحصول السابق، وتهدف إلى تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، وتحسين كفاءة استعمال مدخلات الإنتاج الزراعي، وتُقلل من معدّل انبعاث غازات الدفيئة، ولكن للأسف في المناطق الجافة وشبه الجافة، ولا سيّما تحت ظروف الزراعة المطرية، فعادةً ما يكون إنتاج الكتلة الحية قليلاً، وتزداد منافسة قطاع الثروة الحيوانية على بقايا المحصول كأعلافٍ جافة، لذلك من العوامل المحددة لتطبيق نظام الزراعة الحافظة في مثل هذه البيئات هو عدم توفر البقايا النباتية بالكميات الكافية لتطبيق نظام الزراعة الحافظة بالشكل الأمثل، ولكن يمكن التغلب على تلك المشكلة من خلال زراعة محصول تغطية (الذرة الرفيعة، والدخن، والبطيخ ... وغيرها) بالاعتماد على مخزون التربة المائي، لضمان التغطية المستمرة لسطح التربة.

2.3.3. تأثير البقايا النباتية في صحة التربة وإنتاجية المحاصيل: يُساعد ترك كميةٍ كافية من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة في زيادة التوصيل المائي (Hydraulic conductivity)، ويُقلل الكثافة الظاهرية من خلال تغيير بناء التربة، ويزيد من ثباتية الكتل الترابية (Becker *et al.*, 2022) . تعمل عملية التغطية لسطح التربة ببقايا المحصول على رفع درجة حرارة التربة خلال الليل في فصل الشتاء، بسبب تقليل تدفق الحرارة صعوداً من التربة وتخفض درجة حرارة التربة خلال الصيف من خلال تظليل سطح التربة، وتُشكل مظلة واقية تعكس الأشعة الشمسية الواصلة لسطح التربة ما يحول دون ارتفاع درجة حرارة التربة، الأمر الذي يُقلل من التباين الحاد في درجة حرارة التربة بين الليل والنهار، ما يحول دون ظهور التباين اللوني (Temperature banding) على أوراق البادرات الفتية (شرائط متبادلة من اللونين الأصفر والأخضر)، التي تُقلل من كفاءة الأوراق التمثيلية.

يسمح إبقاء البقايا النباتية فوق سطح التربة بتبطيء معدّل جريان المياه فوق سطح التربة، حيث تؤدي البقايا النباتية القائمة دور السدود الصغيرة (Tiny dams)، ما يزيد من معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، وتمنع البقايا النباتية من تشكل القشرة السطحية الكتيمة، حيث تمتص البقايا النباتية الصدمة الناشئة عن وقع قطرات المطر، وتمنع التأثير المبعثر لوقع قطرات المطر التي تعمل على تفتيت التربة السطحية إلى ذرات تراب ناعمة جداً تعمل على سدّ الشقوق، التي ما إنْ تجف حتى تُشكل قشرة سطحية كتيمة يمكن أن تُعيق رشح المياه إلى باطن التربة، وتزيد من معدّل فقد المياه بالجريان السطحي، ما يؤدي إلى زيادة حساسية التربة للانجراف المائي (Khodadali *et al.*, 2021).

تُعد البقايا النباتية التي تترك فوق سطح التربة الغذاء الرئيس لديدان الأرض، الأمر الذي يؤدي إلى تكاثرها، وازدياد أعدادها، فتعمل على حفر الأنفاق في التربة، بالإضافة إلى الأنفاق التي تتركها جذور النباتات بعد تحللها، الأمر الذي يُحسّن من تهوية التربة ورشح المياه إلى باطنها، ويُقلل من حدوث فقد المياه بالجريان السطحي. تؤدي كل هذه العوامل مجتمعةً إلى زيادة مقدرة النظم البيئية التكيفية، وتحسين كفاءة استعمال المياه، وغلّة الأنواع المحصولية المزروعة الاقتصادية، في معظم النظم البيئية الزراعية، وتحت مختلف الظروف المناخية. وتؤدي البقايا النباتية دور الخزان للعناصر المغذية، وتمنع غسيل العناصر المغذية، وتزيد سعة التبادل الكاتيوني (Cation exchange capacity) (CEC)، وتؤمن بيئة مناسبة للبكتيريا المثبتة حيوياً للآزوت الجوي، وتزيد من أعداد الكائنات الحية الدقيقة في التربة، ومن ثمّ النشاط الحيوي، ما يؤدي إلى زيادة معدّل تفكك المادة العضوية بشكلٍ بطيء وإتاحة العناصر المعدنية المغذية بكمياتٍ كافية خلال المراحل التطورية المختلفة، وتزيد من فعّالية بعض الأنزيمات، مثل Dehydrogenase، وAlkaline phosphatase.

إنّ ترك كمية كافية من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة يُقلل من حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي، ويزيد من معدّل رشح المياه إلى باطن التربة (Water infiltration)، ويزيد من محتوى التربة من المادة العضوية التي تؤدي دور الملاط الذي يربط جزيئات التربة بعضها ببعض، ما يزيد من حجم الكتل الترابية وثباتيتها، الأمر الذي يزيد من مقدرة التربة الزراعية على الاحتفاظ بالمياه، وتُقلل من الإنجراف المائي، الذي يؤدي عادةً إلى فقد طبقة التربة السطحية الثمينة، ويُسبب تراكم الإطماء في السدود والبحيرات، ما يقلص من كفاءتها التخزينية(Bekele, 2020).

تؤدي بقايا المحصول السابق دوراً مهماً في إصلاح حموضة التربة (Soil acidity)، من خلال تحرير جذور الهدروكسيل (الماءات) ولا سيّما خلال تحلل البقايا النباتية التي يكون فيها نسبة الكربون على الآزوت C:N مرتفعة، وتحسين قلوية التربة من خلال إضافة بقايا المحصول التي تكون فيها نسبة الكربون إلى الآزوت منخفضة، بما في ذلك بقايا المحاصيل البقولية الغذائية والعلفية، والمحاصيل الزيتية. يُسهم عدم فلاحة التربة،

أو فلاحتها بالحد الأدنى مع مراعاة ترك بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة في زيادة كفاءة الترب الزراعية على احتجاز الكربون (Carbon sequestration)، ما يُسهم في التخفيف من التأثيرات الناجمة عن التغيرات المناخية، ويحد من انبعاث غازات الدفيئة (Olson *et al.*, 2014). تختلف استجابة الإنتاجية من مختلف الأنواع المحصولية لإدارة بقايا المحصول باختلاف خصائص التربة، والعوامل المناخية، ونظم الإنتاج الزراعي، ومستوى مهارات الإدارة، وعادةً ما تزداد الغلّة الاقتصادية في ظل الإدارة الجيدة لبقايا المحصول نتيجة زيادة رشح المياه إلى باطن التربة وتحسين خصائص التربة، وزيادة محتوى التربة من المادة العضوية، ونشاط ديدان الأرض، وتحسين بناء التربة، وذلك بعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة بشكلٍ مستمر لمدةٍ تتراوح بين 4 - 7 سنوات.

3.3.3 تأثير بقايا المحصول في الآفات الزراعية: إنّ لعملية ترك بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة في نظام الزراعة الحافظة تأثيراتٍ مباشرة وغير مباشرة في الآفات الزراعية. تؤثر بقايا المحصول بشكلٍ مباشر في عملية وضع البيوض للخنافس والدودة القارضة (Cutworms). إنّ خفض درجة حرارة التربة وزيادة محتواها من الرطوبة بوجود البقايا النباتية سيؤثر أيضاً في انتشار الآفات الزراعية. تغير بقايا المحصول بشكلٍ غير مباشر من نوعية وكثافة الأعشاب الضّارة، التي تؤثر بدورها في الحشرات والأعداء الطبيعية. وبشكلٍ عام، فإنّ البقايا النباتية تزيد من مفصليات الأرجل النافعة (Useful arthropods)، وتُساعد في تقليل التأثيرات الضّارة الناجمة عن الآفات الزراعية. إنّ ترك البقايا النباتية فوق سطح التربة يمكن أن يؤمن موئلاً مناسباً لبقاء العديد من الحشرات الضّارة منها والنافعة، وعادةً ما تزداد كثافة وأعداد النمل الأبيض (Termite) ويرقات الدودة البيضاء (White grabs) تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، ولكن تحت ظروف ترك كمية كافية من بقايا المحصول فإنّ يرقات الدودة البيضاء لا تلحق الضرر بنباتات المحصول الرئيس المزروع حتى لو كانت بأعدادٍ كبيرة، ولكنّ يستمر الضرر الناجم عن النمل الأبيض. لوحظ في بعض المناطق، أنّ التغطية ببقايا المحصول السابق قد سبّبت زيادةً في الضرر الناجم عن الدودة القارضة، بسبب زيادة رطوبة التربة.وتهيء أيضاً مثل هذه الظروف الرطبة البيئة المناسبة لانتشار قواقع الحلزون وبعض الرخويات، التي يمكن أن تُلحق الضرر بالمحاصيل الحقلية(Jalli *et al.*, 2021).

تُعد زيادة مشاكل الحشرات والأعشاب الضّارة تحت ظروف الزراعة الحافظة، ولا سيّما خلال السنوات الأولى من تطبيق نظام الزراعة الحافظة، من الصعوبات الرئيسة التي تحد من تبني نظام الزراعة الحافظة من قبل المزارعين، وإنّ الاستعمال غير المرشد لمبيدات الآفات الزراعية المختلفة الكيميائية في مثل هذه الحالات يمكن أن يُخل بتوازن النظام البيئي، ويمكن أن يُسبب فوعة/تفشي في انتشار العديد من الآفات، لذلك فإنّ الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية، يجب أن يتم تبنيها كمكون ضروري في نظام الزراعة الحافظة (Jalli *et al.*, 2021).

4.3. دور إدارة بقايا المحصول في تحسين كفاءة استعمال مدخلات الإنتاج الزراعي:

تُقدم البقايا النباتية العديد من الخدمات البيئية عندما تترك بكمياتٍ كافية فوق سطح التربة بعد حصاد الأجزاء الاقتصادية. تُعد بشكلٍ عام البقايا النباتية كمخلفاتٍ لا قيمة لها، ولكنّها تُعد مصدراً قيماً عندما تُعاد إلى التربة. يُعد تنفيذ ممارسات الإدارة المستدامة لبقايا المحاصيل أحد أنظف خيارات إنتاج المحاصيل. إنّ الحرق العشوائي لمخلفات المحاصيل له تأثيرات خطيرة في صحة التربة، ومحتواها من المادة العضوية، والمغذيات النباتية الصغرى والكبرى، وكذلك في الكائنات الحية الدقيقة في التربة. تُسهم الإدارة المستدامة لمخلفات

المحاصيل في تقليل التأثيرات السيئة في البيئة وصحة البشر، ويمثل ذلك تحدياً كبيراً للباحثين وصنّاع القرار. غالباً ما يتردد المزارعون في اعتماد أية تدابير علاجية للإدارة الرشيدة لبقايا المحاصيل، لأنّ هذه الممارسات لا تؤدي إلى زيادة دخل المزرعة بشكلٍ مباشر، لذلك، يُعد الاختيار الدقيق للاستراتيجيات المناسبة لإدارة بقايا المحاصيل، التي تُعتبر صديقةً للبيئة، وتزيد في الوقت نفسه من دخل المزرعة ذي أهمية قصوى. توجد على مستوى الحقل العديد من تقنيات إدارة بقايا المحاصيل المناسبة، مثل الزراعة الحافظة، وإعادة تدوير البقايا النباتية لإغناء التربة بالعناصر المغذية، وممارسات حفظ التربة، وعدم الحرث، واستعمال المخلفات النباتية كغطاءٍ للتربة، واستخدامها كعلفٍ للحيوانات، واستعمالها في تصنيع السماد الدودي الذي بات يُستعمل على نطاقٍ واسع في أنحاء العالم. وإنّ الإدارة المناسبة لمخلفات المحاصيل لها تأثير إيجابي في تحسين كفاءة استعمال المدخلات من خلال تنظيم مختلف خصائص التربة الكيميائية الحيوية (Yadav *et al*., 2018).

5.3. تحسين خصائص التربة الفيزيائية:

أثبتت الدراسات أنّ قلب بقايا المحاصيل البقولية في التربة يُحسّن الخواص الفيزيائية للتربة، مثل المقدرة على الاحتفاظ بالماء، ونفاذية التربة (Soil permeability)، ويُساعد أيضاً في زيادة معدّل نمو المحاصيل وإنتاجيتها من خلال زيادة كمية العناصر المغذية المتاحة في منطقة انتشار الجذور. وإنّ استخدام الآلات الثقيلة والأدوات الزراعية مثل آلات الزراعة، وآلات الحصاد، والحصادات الدرّاسة من القضايا الشائعة جداً في نظم الزراعة الحديثة التي تستعمل مدخلات الإنتاج الزراعي بشكلٍ مكثف وعشوائي، وغالباً ما تؤدي هذه القطع الثقيلة من الآلات إلى انضغاط التربة (Soil compaction)، ما يؤثر سلباً في الخصائص الفيزيائية لها، مثل معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، وتدفق الهواء، والمقدرة على الاحتفاظ بالمياه. بيّنت العديد من الدراسات أنّ ترك بقايا المحصول وغيرها من المخلفات النباتية فوق سطح التربة يمكن أن تُحسّن بشكلٍ كبير من مسامية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالمياه، ويمكن أن تجعل في النهاية التربة أكثر إنتاجية. ولوحظ أنّ استخدام مخلفات المحاصيل كغطاءٍ نباتي عند تطبيق نظام الزراعة الحافظة قد أدّى إلى تحسين حجم الكتل الترابية، ومخزونها من الكربون(Salem *et al*., 2020).

1.5.3. تحسين خصائص التربة الكيميائية: يمكن للإدارة المستدامة لبقايا المحاصيل أن تُحسن الخصائص الكيميائية للتربة، مثل الأس الهيدروجيني (درجة الحوضة pH)، والتوصيل الكهربائي، والمقدرة على التبادل الكاتيوني (CEC)، وكذلك تحويل مختلف المغذيات النباتية الأولية والثانوية.

2.5.3. تحسين النشاط الميكروبي في التربة: ذكرت الدراسات أنّ ترك البقايا النباتية فوق سطح التربة كان لها تأثيراً معنوياً في تنظيم كتلة الأحياء الدقيقة في طبقات التربة العلوية، ويمكن أن يُعزى ذلك إلى التغير الحاصل في البيئة الدقيقة لكلٍ من النباتات والكائنات الحية في التربة، وزيادة كمية المياه والعناصر المغذية المتاحة، بالإضافة إلى تنظيم درجة حرارة التربة. بيّنت الدراسات أنّ طمر مخلفات المحاصيل البقولية قبل الزراعة للمحصول اللاحق قد أدّت إلى زيادة النشاط الحيوي في التربة، ونشاط الأنزيم Dehydrogenase (DHA) بالمقارنة مع الشاهد. لوحظ أيضاً أنّ ترك البقايا أثناء تطبيق الزراعة الحافظة قد أدّى دوراً إيجابياً في تقليل أعداد الديدان الثعبانية (Nematodes) (النيماتودا) في التربة ضمن دورة زراعية ثنائية (قمح - صويا) (Lazzaro *et al*., 2019).

3.5.3. تحسين خصوبة التربة وإنتاجيتها: تُعبر خصوبة التربة عن القدرة الكامنة للتربة في المحافظة على مدّ النباتات بكمياتٍ كافية من العناصر المغذية خلال مختلف المراحل التطورية، ويمكن تحديد خصوبة التربة من خلال التحليل الكيميائي للتربة، ومع ذلك، فإنّ إنتاجية التربة هي نتيجة متكاملة لخصوبة التربة

وعوامل الإدارة السليمة تحت الظروف الحقلية، ويمكن تقييمها من خلال غلّة المحاصيل. ترتبط خصوبة التربة ارتباطاً وثيقاً بالخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة المرتبطة بشكلٍ طبيعي مع مخزون المادة العضوية في التربة. تمّ في الآونة الأخيرة، التركيز بشكلٍ أكبر على إنتاج الغذاء الصحي، والحفاظ على خصوبة التربة على المدى الطويل، والاستدامة البيئية، إلى جانب المحافظة على الموارد الطبيعية الزراعية المتجددة (التربة، والمياه)، وزيادة الإنتاجية من خلال الإدارة المناسبة للتربة، وإعادة تدوير البقايا النباتية، والتكنولوجيا الدقيقة، وإمداد النباتات بالمغذيات بشكلٍ أكبر من المصادر العضوية بدلاً من المواد المعدنية/المواد الكيميائية. تكتسب بقايا المحاصيل أهمية في الزراعة العالمية، وتُعد مصدراً ممتازاً من المواد العضوية التي تُساعد على تحسين مخزون الكربون في التربة، وكذلك الحفاظ على المياه، وإعادة تدوير المغذيات، وتحسين نوعية التربة (Silva *et al.*, 2021) . يُقلل من توجه المزارعين نحو حرق البقايا النباتية وما يترتب على ذلك من تأثيراتٍ ومخاطر بيئية بالمقارنة مع إبقاء البقايا النباتية فوق سطح التربة. يأتي معظم الإنتاج الإجمالي من بقايا المحاصيل من الحبوب (74 %)، تليها المحاصيل السكرية (0 %)، والبقوليات (8 %)، والمحاصيل الدرنية (5 %)، والمحاصيل الزيتية (3 %). وبالإضافة إلى الكربون، تحتوي بقايا المحاصيل على العديد من العناصر الغذائية المعدنية اعتماداً على نوع المحاصيل وحالة خصوبة التربة. من الصعب للغاية تحديد كمية العناصر الغذائية المتوافرة للمحاصيل عند طمر بقايا المحاصيل في التربة، حيث ثبت أنّه في البداية، تُثبّت مخلفات المحاصيل N المتاح في التربة نتيجة ارتفاع نسبة الكربون إلى الآزوت C: N في المخلفات النباتية، ومع ذلك، تُعد هذه الممارسة فعّالة على المدى الطويل، لتأمين العناصر المغذية للمحاصيل اللاحقة في الدورة الزراعية، مع تحسين محتوى التربة من المادة العضوية عالية الجودة، وتُسهم في زيادة إنتاجية المحاصيل الغذائية. تنتج زراعة البقوليات معظم المخلفات بعد الحبوب، وبغض النظر عن الكمية، تُعد البقايا من البقوليات كمخلفاتٍ ذات نوعية جيدة، وتُسهم في زيادة محتوى الكربون في التربة على المدى الطويل (Ankenbauer and Loheide, 2016)، (الشكل، 2).

الشكل 2. فوائد ترك بقايا المحاصيل فوق سطح التربة.

6.3. العوامل المحددة لاستعمال البقايا النباتية في نظام الزراعة الحافظة:

يوجد العديد من التحديات التي تواجه استعمال بقايا المحاصيل عند تطبيق نظام الزراعة الحافظة. أهمها الصعوبات أثناء الزراعة وإضافة الأسمدة المعدنية والمبيدات، بالإضافة إلى المشاكل المرتبطة بانتشار الآفات الزراعية، واستفحال انتشار الأعشاب الضّارة وبخاصةٍ في الحقول الموبوءة ببذور الأعشاب الضّارة. إنّ الاستعمال المكثف للمبيدات الكيميائية خلال السنوات الأولى من تطبيق نظام الزراعة الحافظة لمكافحة الأعشاب الضّارة والآفات الزراعية الأخرى يمكن أن يؤثر سلباً في سلامة البيئة، ناهيك عن الحالة الاجتماعية والسلوك العام لدى المزارعين الذين يُفضلون أن تبدوا حقولهم مفلوحة ونظيفة على أن تبدوا غير مفلوحة ومغطاة ببقايا المحاصيل.

7.3. المتطلبات البحثية لتحسين كفاءة إدارة البقايا النباتية تحت نظام الزراعة الحافظة:

تُعد عملية إدارة بقايا المحصول السابق في ظل تطبيق نظام الزراعة الحافظة من القضايا المهمة جداً على المدى الطويل لضمان استدامة نظم الإنتاج الزراعي في الوطن العربي. يجب إيقاف -بالإقناع أولاً وبقوة القانون عند الضرورة- ظاهرة حرق البقايا النباتية والاستفادة منها بشكلٍ مفيد في نظام الزراعة الحافظة لتحسين صحة التربة والحد من تلوث البيئة. في المناطق التي تُستعمل فيه البقايا النباتية كأعلافٍ للحيوانات واستعمالاتٍ مفيدة أخرى، فإنّ جزءاً من هذه البقايا يجب أن يُعاد تدويره في التربة، لتحسين محتواها من العناصر الخصوبية. هناك العديد من التقنيات المتاحة لتحسين كفاءة استعمال البقايا النباتية في نظام الزراعة الحافظة، تتضمن وتتطلب إجراء تحسينات كبيرة في متطلبات التبني، وتطوير مهارات المزارعين. تتمثل تلك التحسينات بالعمل على تأمين الآلة المناسبة التي تكون مزودة باقراص فولاذية حادة تعمل على قطع بقايا المحاصيل، وإحداث شق في التربة غير المفلوحة بعمق وعرض كافيين لوضع الأسمدة والبذار وتغطيتهما بشكلٍ مناسب، ولا بدّ من تطوير مهارات المزارعين بإدارة الري والتسميد والمكافحة المتكاملة للآفات الزراعية، ولا بدّ من بذل الجهود لتقدير المنافع الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المتمخضة عن تطبيق نظام الزراعة الخافظة على المدى البعيد.

8.3. البحوث الاستراتيجية المرتبطة بإدارة بقايا المحاصيل

1. تطوير أصناف تتسم بمقدرة على إنتاج كتلة حيوية هوائية (سوق Shoots) وأرضية (جذور Roots) كبيرة نسبياً، لتمكين المزارع من التوفيق بين متطلبات الثروة الحيوانية من تلك المواد العلفية والاستعمالات الأخرى لها، مع مراعاة ترك الحد الأدنى المطلوب فوق سطح التربة (30 - 40 %) لنجاح تطبيق نظام الزراعة الحافظة.
2. تطوير نماذج محاكاة (Simulation models) للتنبؤ بتأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة في نمو النباتات، وخصائص التربة، وإنتاجية المحاصيل، ودخل المزرعة.
3. تصميم تجارب طويلة الأمد لدراسة تأثير تطبيق الزراعة الحافظة في صحة التربة، ومحتوى التربة من المياه والعناصر، وكفاءة استعمال العناصر المعدنية المغذية، وكفاءة التربة على احتجاز الكربون، وانبعاث غازات الدفيئة، والتغيرات التي يمكن أن تطرأ على عوامل إدارة المحصول.

9.3. ضبط الاستعمالات التنافسية على بقايا المحصول:

تحليل العوائد: التكلفة، والأثر الاجتماعي والاقتصادي والجدوى الفنية لاستخدامات بقايا المحاصيل خارج المزرعة وداخلها.

1. الاستخدام الأمثل للمخلفات النباتية التي يمكن الاحتفاظ بها للزراعة الحافظة دون التأثير في نظام الثروة الحيوانية والمحاصيل المزروعة، ولا سيما في المناطق التي تكون فيها المخلفات هي المصدر الرئيس للأعلاف.
2. تقييم مدى ملاءمة ترك المخلفات النباتية فوق سطح التربة بالمقارنة مع طمرها وخلطها في التربة والبيئات المناخية المختلفة.
3. تحديد الكمية المثلى من بقايا المحاصيل المختلفة التي يمكن تركها فوق سطح التربة أو طمرها في التربة، اعتمادًا على أنظمة المحاصيل القائمة، وخصائص التربة والمناخ بدون خلق مشاكل للمحصول التالي أو اختلال التوازن الكيميائي والبيولوجي.
4. تقييم العوائد المادية: التكلفة، والأثر البيئي لترك أو طمر البقايا النباتية في نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع حرق المخلفات على المديين القصير والطويل.

10.3. إدارة الآفات الزراعية في حقول الزراعة الحافظة:

تمّ تطوير مجموعة ممارسات للإدارة المتكاملة للآفات (IPM) تشمل المحاصيل المزروعة، والدورة الزراعية، وعملية الفلاحة، والمخلفات النباتية، وطرائق الزراعة المعدّلة، ومبيدات الآفات في الزراعة الحافظة، لتقليل استعمال مبيدات الآفات وتقليل تكلفة الإنتاج والحد من التلوث البيئي.

1. تقييم ديناميات الأعشاب الضّارة (أي التحول في تركيب فلورا الأعشاب الضّارة)، وإمكانية تداخلها وممارسات الإدارة المناسبة مع مبيدات الأعشاب منخفضة التكلفة والصديقة للبيئة في في نظام الزراعة الحافظة المعتمدة على ترك أكبر كمية ممكنة من البقايا النباتية فوق سطح التربة.
2. تطوير تقنيات مكافحة النمل الأبيض من أجل تحسين إنتاجية المحصول، وقيمة المخلفات المتروكة على السطح خلال الفترة الزمنية الطويلة الفاصلة بين بين محصولين متتاليين.

11.3. متطلبات تطوير موديل رياضي لإدارة بقايا المحصول:

نظراً لاختلاف كمية بقايا المحصول المنتجة، والطلب عليها، ونوعيتها، والجدوى الاقتصادية لإدارة بقايا المحاصيل من منطقةٍ إلى أخرى، يجب وضع خطة إدارة بقايا المحاصيل الخاصة بالمنطقة والمستندة إلى الاحتياجات. وأثناء تطوير الخطة، يجب مراعاة النقاط الآتية:

1. كمية بقايا المحصول الناتجة في منطقة بيئية معينة.
2. كمية بقايا المحصول المتوافرة خلال الموسم الزراعي.
3. أولويات استعمال بقايا المحصول التنافسية (صناعة الكومبوست، أعلاف للحيوانات، مصدر للطاقة .... إلخ).
4. مدى إتاحة التقنيات الضرورية لجمع وتوزيع وكبس البقايا النباتية وتأثيراتها على المديين القصير والطويل.
5. مدى توفر البنية التحتية اللازمة لإدارة البقايا النباتية.

يتضح من الأنموذج المبين في الجدول رقم (2) الدليل الإرشادي لإدارة بقايا المحصول على المستويين المحلي والإقليمي:

الجدول 2. الدليل الإرشادي لإدارة بقايا المحصول.

الاستفسار	الاستجابة	خيارات إدارة بقايا المحصول
1- هل يمكن أن تُستعمل بقايا المحصول السابق في نظام الزراعة الحافظة. إذا كانت الإجابة بلا انتقل إلى الاستفسار التالي.	نعم	• أبق البقايا النباتية فوق سطح التربة. • استعملْ آلة البذر المباشر لزراعة البذور فوق بقايا المحصول السابق. • اتبعْ تطبيق نظام الزراعة الحافظة على جميع الأنواع المحصولية في الدورة الزراعية.
2 - هل يمكن أن تُستعمل البقايا النباتية كأعلافٍ للحيوانات؟ إذا كانت الإجابة بلا انتقل إلى الاستفسار التالي.	نعم	• اترك المخلفات في الحقل. • عاملْ المخلفات النباتية بمواد داعمة لتحسين قيمتها العلفية (اليوريا، والمولاس). • استعملْ السماد العضوي Manure في الزراعة الحافظة.
3 - هل يمكن أن تُستعمل البقايا النباتية لإنتاج الغاز الحيوي؟ إذا كانت الإجابة بلا انتقل إلى الاستفسار التالي.	نعم	• اترك المخلفات في الحقل. • قم بإنشاء وحدة لإنتاج الغاز الحيوي. • استعمل مخلفات الغاز الحيوي في الزراعة الحافظة.
4 - هل يمكن أن تُستعمل البقايا النباتية لتصنيع الكومبوست؟ إذا كانت الإجابة بلا انتقل إلى الاستفسار التالي.	نعم	• اترك المخلفات في الحقل. • أنشئ وحدة منسابة لتصنيع الكومبوست. • استعمل الكومبوست في الزراعة الحافظة.
5 - هل يمكن أن تُستعمل البقايا النباتية في تصنيع الوقود الحيوي؟ إذا كانت الإجابة بلا انتقل إلى الاستفسار التالي.	نعم	• اترك المخلفات في الحقل. • أنشئ وحدة منسابة لتصنيع الوقود الحيوي. • استعمل البقايا السائلة في الزراعة الحافظة.
6 - هل يمكن أن تُستعمل البقايا النباتية في توليد الكهرباء؟ إذا كانت الإجابة بلا انتقل إلى الاستفسار التالي.	نعم	• اترك المخلفات في الحقل. • أنشئ وحدة مناسبة لتوليد الكهرباء من البقايا النباتية. • استعمل الرماد المتبقي في الزراعة الحافظة.
7 - هل يمكن أن تُستعمل البقايا النباتية في إنتاج الوقود الحيوي؟ إذا كانت الإجابة بلا انتقل إلى الاستفسار التالي.	نعم	• اترك المخلفات في الحقل. • أنشئ وحدة مناسبة لتصنيع الوقود الحيوي من البقايا النباتية. • استعمل الوقود الحيوي المتبقي في الزراعة الحافظة.

يواجه الوطن العربي مهمة صعبة لتحقيق الأمن الغذائي للنمو السكاني المتزايد بحلول عام 2050، وللأسف توجد نسبة كبيرة من السكان الذين يعانون من سوء التغذية، بسبب عدم كفاية المنتجات الغذائية. إلى جانب ذلك، يجب أن تكون الزراعة في المستقبل متعددة الوظائف ومستدامة بيئياً، حتى تتمكن من تقديم السلع الغذائية وخدمات النظام البيئي، بالإضافة إلى سبل العيش الكريم للمنتجين (المزارعين) والمجتمعات الريفية التي تعتمد بشكلٍ رئيس على الزراعة كمصدرٍ للدخل. يجب أن تكون الزراعة فعّالة في معالجة التحديات المحلية والوطنية والدولية التي تواجه إنتاج الغذاء، وانعدام الأمن المائي والطاقة؛ والقضايا المتعلقة بتغير المناخ؛ وتدهور الموارد الطبيعية. ولضمان الأمن الغذائي للوطن العربي على المديين القصير والطويل،

وتحقيـق التنميـة الزراعيـة المسـتدامة، يجـب أن تكـون التربـة الزراعيـة جيـدة وذات كفـاءة إنتاجيـة مرتفعـة، وتُشـكّل الزراعـة الحافظـة مـع مخلفـات المحاصيـل كمكـون أساسـي، حـلاً فعّـالاً للتحديـات المذكـورة وتضمـن المحافظـة علـى المـوارد الطبيعيـة الزراعيـة. تُعـد مخلفـات المحاصيـل ذات قيمـة اقتصاديـة كبيـرة، مثـل اسـتعمالها كأعـلافٍ للماشـية، وكمـوادّ أوليـة لتصنيـع الوقـود، وكمـواد خـام أوليـة فـي الصناعـة، وهـي مكـون أساسـي لنجـاح تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة كحزمـةٍ زراعيـة متكاملـة، ويجـب أن تُسـتعمل البقايـا النباتيـة إمّـا جزئيـاً أوكليـاً عنـد تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة لضمـان تحقيـق الأمـن الغذائـي الوطنـي، والعربـي، والمحافظـة علـى إنتاجيـة النظـم البيئيـة الزراعيـة علـى أسـسٍ مسـتدامة، والمحافظـة علـى المـوارد الزراعيـة الطبيعيـة غيـر المتجـددة (التربـة، والميـاه).

الفصل الرابع
إدارة الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة
Management of Weeds under Conservation Agriculture

أدّى تبني تقانات الثورة الزراعية خلال عام 1960 إلى زيادة الإنتاجية، والتخلص من نقص الغذاء الحاد في العديد من البلدان النامية، وأدّى التحول من النظم التقليدية للإنتاج الزراعي التي تعتمد على الحيوانات والمحاريث البلدية في تحضير الأرض إلى نظام الإنتاج الزراعي المكثف، الذي يعتمد على الجرارات والمحاريث في تحضير الأرض، وعلى المبيدات الكيميائية في مكافحة الآفات الزراعية، بالإضافة إلى التسميد المعدني إلى تعقيد العملية الزراعية، وسرّع من وتيرة تدهور الأراضي الزراعية. ترافق ذلك مع عمليات الفلاحة المكثفة للتربة، والإزالة الكاملة لبقايا المحصول السابق من الحقل، وغياب الدورة الزراعية التي تتضمن محصولاً بقولياً، حيث كانت معظم المحاصيل الداخلة في الدورات الزراعية إمّا نجيلية أو محاصيل زيتية لا بقولية. أدّت كل هذه الممارسات إلى إفقار التربة، بسبب الاستعمال غير المتوازن للأسمدة المعدنية، والتوقف عن الممارسات الزراعية التقليدية، مثل تغطية سطح التربة ببقايا المحاصيل، أو محاصيل التغطية الخضراء، والزراعات التحميلية البينية (Intercropping)، وإدخال المحاصيل البقولية في النظم الزراعية، وتراجع بالمقابل استعمال الأسمدة العضوية (Organic manures)، والكمبوست (Compost)، ومحاصيل الأسمدة الخضراء (Green manure crops)(GMC) . بشكلٍ مماثل، أصبحت الموارد المائية شحيحة جداً بسبب الاستعمال غير المرشد لها، وباتت المياه ملوثةً ببقايا المبيدات والأسمدة المعدنية، الأمر الذي شكّل تهديداً حقيقياً للإنتاج الزراعي، وصحة الإنسان والحيوان على حدٍ سواء. وأدّت الثورة الصناعية إلى حرق كمياتٍ أكبر من الوقود الأحفوري، الأمر الذي أدّى إلى ازدياد معدّلات انبعاثات غازات الدفيئة، ما أدّى إلى استفحال ظاهرة الاحتباس الحراري، وتفاقم مشكلة التغيرات المناخية (Climate change). للأسف، بات واضحاً في الآونة الأخيرة حدوث تراجع في متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، وبدأ دخل المزارعين بالتراجع بسبب ارتفاع تكاليف الإنتاج الزراعي، نتيجة ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي، ولا سيّما الوقود، والأسمدة المعدنية، والمبيدات الكيميائية، لذلك كان لا بدّ من التوجه نحو تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA)، الذي يتسم بقدرته على حفظ الموارد الطبيعية الزراعية (التربة، والمياه)، وزيادة كفاءة استعمال مدخلات الإنتاج الزراعي (Panettieri *et al.*, 2020).

أدّت الزيادة الهائلة في عدد سكان العالم والزيادة المستمرة في الطلب العالمي على الغذاء والأعلاف والألياف والطاقة الحيوية، إلى تفاقم مشكلة الجوع والفقر، وبخاصةٍ في الدول النامية. ولمعالجة هذه المشكلة، تمّ التركيز على الزراعة المكثفة (Intensive agriculture)، من أجل زيادة الإنتاجية في وحدة المساحة من الأرض لمختلف الأنواع المحصولية المزروعة، ولكن يؤدي تكثيف الإنتاج الزراعي إلى حدوث خلل في نظام الإنتاج، الذي قد يهدد استدامة النظام البيئي الزراعي عن طريق الاستغلال الجائر للمياه الجوفية، وتطوير الأعشاب الضّارة المقاومة للمبيدات، والتلوث الكيميائي في الغذاء، والتربة، والمياه، والهواء، وتشكل طبقة التربة تحت السطحية الصمّاء، وتدهور صحة التربة، ونقص العديد من العناصر الغذائية، بالإضافة إلى ارتفاع تكاليف الإنتاج الزراعي (Day *et al.*, 2016)، لذلك توجد ضرورة ملحة للمحافظة على استدامة نظم الإنتاج الزراعي. بناءً على ذلك، أصبح من الضروري العمل على الحد من تدهور الأراضي الزراعية والنظام البيئي، وإعادة تأهيل الترب الزراعية المتدهورة. وتُعد الزراعة الحافظة

(CA) مـن أفضـل الخيـارات المتاحـة لتحقيـق ذلـك.
تُعـرِّف منظمـة الأغذيـة والزراعـة نظـام الزراعـة الحافظـة (CA) بأنّـه نهـج لإدارة النظـم البيئيـة الزراعيـة مـن أجـل تحسـين الإنتاجيـة واسـتدامتها وزيـادة الأربـاح والأمـن الغذائـي مـع المحافظـة علـى المـوارد الطبيعيـة الزراعيـة، والعوامـل البيئيـة وتعزيزهـا فـي وقـتٍ واحـد. ويتضمـن مفهـوم الزراعـة الحافظـة ثـلاث ركائـز أساسـية: الاسـتمرار فـي عـدم فلاحـة التربـة أو فلاحتهـا بالحـد الأدنـى، والتغطيـة المسـتمرة لسـطح التربـة ببقايـا المحصـول السـابق أو محاصيـل التغطيـة الخضـراء، بحيـث لا تقـل نسـبة تغطيـة سـطح التربـة عـن 30 %، وتطبيـق الـدورة الزراعيـة المناسـبة (FAO, 2014).

تهـدف عمليـة الفلاحـة إلـى خلخلـة التربـة الزراعيـة، بهـدف تحضيـر المهـد الملائـم لإنبـات البـذور واسترسـاء البـادرات بشـكلٍ متجانـس، والتخلـص مـن أكبـر نسـبةٍ ممكنـة مـن نباتـات الأعشـاب الضّـارة، وتحسـين تهويـة التربـة، وطمـر المخلفـات العضويـة (بقايـا المحصـول السـابق) لتسـهيل عمليـة إعـادة تدويرهـا إلـى عناصـر معدنيـة مغذيـة يمكـن أن تسـتفيد منهـا نباتـات المحصـول اللاحـق فـي الـدورة الزراعيـة، ولكـن تـؤدي عمليـات الفلاحـة المتكـررة والمكثفـة إلـى اسـتنفاد محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة علـى المـدى الطويـل، الأمـر الـذي يؤثـر سـلباً فـي جميـع خصائـص التربـة الفيزيائيـة والكيميائيـة والحيويـة، مـا يـؤدي إلـى تراجـع كفـاءة التـرب الزراعيـة الإنتاجيـة(Panettieri *et al.*, 2020) .

1.4. الزراعة الحافظة والأعشاب الضّارة:

يـؤدي تقليـل عمليـات الفلاحـة عنـد تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة إلـى زيـادة صعوبـة مكافحـة الأعشـاب الضّـارة، ويـؤدي هـذا أيضـاً إلـى إغنـاء بنـك التربـة ببـذور الأعشـاب الضّـارة التـي تنتشـر بشـكلٍ كبيـر فـي حـال إلغـاء عمليـة الفلاحـة عنـد تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة. تبعـاً لذلـك، يُسـهم اسـتعمال مبيـدات الأعشـاب (Herbicides) فـي مكافحـة الأعشـاب الضّـارة بشـكلٍ فعّـال مـع توفيـر الوقـت والجهـد والمـال. يجـب أن تكـون المبيـدات الكيميائيـة المسـتعملة فعّالـة وتتفكك بسـرعة وسـهولة فـي التربـة، ويكـون الأثـر المتبقـي لهـا محـدوداً ولا تُلحـق أضـراراً كبيـرة بالمـوارد الزراعيـة الطبيعيـة، وهـذا يتناغـم ويتماشـى مـع أهـداف الزراعـة الحافظـة التـي يؤمـل مـن خـلال تطبيقهـا فـي المحافظـة علـى المـوارد الطبيعيـة، مثـل التربـة، والميـاه، والبيئـة ككل. للأسـف، يواجـه تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة بعـض المشـاكل أثنـاء التطبيـق، أهمهـا معضلـة انتشـار الأعشـاب الضّـارة، لذلـك تُعـد عمليـة إدارة الأعشـاب الضّـارة فـي حقـول الزراعـة الحافظـة مـن أهـم مقومـات نجـاح تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة وانتشـاره بيـن صفـوف المزارعيـن، بمـا يضمـن تحقيـق العوائـد الماديـة المرجـوة.
يزيـد النمـو السـكاني المتسـارع مـن الضغـط علـى القطـاع الزراعـي لتأميـن الاحتياجـات السـكانية المتزايـدة مـن الغـذاء. يواجـه القطـاع الزراعـي العديـد مـن التحديـات، أهمهـا تقلـص مسـاحات الأراضـي الصالحـة للزراعـة، وعـدم توفـر الأيـدي العاملـة، وثبـات مسـتويات الإنتاجيـة، وتدهـور الأراضـي الزراعيـة، وعـدم توفـر مدخـلات الإنتـاج الزراعيـة وارتفـاع أسـعارها. وبالمقابـل لا بـدّ مـن إنتـاج كميـاتٍ كافيـة مـن الغـذاء لتلبيـة الاحتياجـات السـكانية المتزايـدة مـع المحافظـة علـى المـوارد الطبيعيـة الزراعيـة. تبعـاً لمنظمـة الأغذيـة والزراعـة العالميـة (FAO, 2010)، فـإنّ نظـام الزراعـة الحافظـة مصمـم لتحقيـق التنميـة الزراعيـة المسـتدامة مـن خـلال تحسـين الوظائـف الحيويـة للنظـم البيئيـة الزراعيـة، مـع مراعـاة الحـد مـن اسـتعمال الآلات الزراعيـة، والاسـتعمال المنظـم والمتـوازن لمدخـلات الإنتـاج الزراعـي الكيميائيـة. إنّ الفواقـد التـي تُسـببها الأعشـاب الضّـارة فـي الإنتاجيـة هـي أكثـر مـن تلـك التـي تُحدثهـا الآفـات الأخـرى، مثـل الحشـرات، والأمـراض، وفـأر الحقـل .... وغيرهـا، وبالرغـم

من حقيقة أنّ الفلاحة تُساعد بشكلٍ فعّال في إدارة الأعشاب الضّارة من خلال التخلص منها بإجراء فلاحة سطحية قبل زراعة بذور المحصول الرئيس، ولكن تُعد عملية الفلاحة وتحضير الأرض للزراعة من أكثر العمليات الزراعية استهلاكاً للوقود. بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (CT)، فيمكن للمزارعين أن يوفروا قرابة 40 % من الوقت، والحاجة للعمالة، والوقود المستهلك تحت ظروف الزراعة الحافظة، نتيجة إلغاء الفلاحات، بالإضافة إلى دور الزراعة الحافظة في تقليل حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي، وزيادة محتوى التربة المائي، وتقليل الفقد بالجريان السطحي للمبيدات والأسمدة المعدنية المُضافة، وزيادة أرباح المزرعة. ولكن أثناء تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA) التي ترتكز على إلغاء عملية الفلاحة (No-tillage) تُعد الأعشاب الضّارة من أهم المعيقات الحيوية لتطبيق نظام الزراعة الحافظة على نطاقٍ واسع، وتُعد من القضايا الأكثر أهمية في نظم الإنتاج الزراعي تحت ظروف الزراعة الحافظة، لأنّه لا يمكن استعمال الوسائل التقليدية للتخلص منها بواسطة عملية الفلاحة أثناء تحضير الأرض للزراعة. تبعاً لذلك، تحظى مبيدات الأعشاب الكيميائية بأهميةٍ كبيرة في مكافحة الأعشاب الضّارة أثناء تطبيق نظام الزراعة الحافظة (Norsworthy *et al.*, 2016) .

تُعد مكافحة الأعشاب الضّارة مسألة مهمة في نظم الإنتاج الزراعي، ونظراً لإلغاء عملية الفلاحة تحت ظروف الزراعة الحافظة، فلا بدّ من اتخاذ التدابير اللازمة في إدارة الأعشاب الضّارة. وتعتمد إدارة الأعشاب الضّارة أثناء تطبيق نظام الزراعة الحافظة على الممارسات الزراعية المناسبة، واستعمال مبيدات الأعشاب الكيميائية، ومستوى الفلاحة المنفذة. وخلال السنوات الأولى من تطبيق نظام الزراعة الحافظة، عادةً ما تنتشر نباتات الأعشاب الضّارة بكثافةٍ أكبر، ولا سيّما في الحقول الموبوءة ببذور الأعشاب الضّارة. وتنبت عادةً أولاً نباتات الأعشاب الضّارة الصغيرة البذور، لأنّ معظم بذورها تكون متواجدة في طبقات التربة السطحية، في حين تبقى البذور المدفونة في أعماق التربة ساكنةً، لأنّ عدم الفلاحة أو عملية الفلاحة المخففة لا تعمل على إحضارها من طبقات التربة العميقة إلى طبقات التربة السطحية كما هو الحال تحت ظروف الزراعة التقليدية التي تعتمد على التحضير الجيد (فلاحات عميقة) للتربة قبل الزراعة، التي تعمل وبشكلٍ سنوي على إحضار بذار أعشاب جديدة من طبقات التربة العميقة، لذلك فإنّ مشكلة مكافحة الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة التقليدية تبقى قائمة سنوياً. وإنّ العديد من نباتات الأعشاب الضّارة صغيرة البذور الحولية أو ثنائية الحول عادةً ما تنبت تحت ظروف الزراعة الحافظة (بدون فلاحة/ الفلاحة المخففة)، بغياب أو وجود كمية قليلة جداً من بقايا المحصول، في حين تُسيطر وتتكاثر الأعشاب المعمرة خلال السنة الأولى، حيث تحظى نباتات قليلة جداً بفرصة الإنبات والنمو. بالإضافة إلى ذلك، فعادةً ما تسود تحت ظروف الزراعة الحافظة الأعشاب الضّارة المعمرة (Perennial weeds) بالمقارنة مع الأعشاب الضّارة رفيعة وعريضة الأوراق الحولية، ما يُشير إلى أنّه عند تطبيق نظام الزراعة الحافظة سيكون هناك تغيير في تركيب فلورا الأعشاب الضّارة (Weed flora)، من الأعشاب العادية غير الشرسة (Docile weeds) إلى أعشاب ضارة معمّرة أكثر شراسة (Obnoxious perennial weeds)، مثل النجيل (*Cynodon dactylon* L.)، والنفل المكسيكي (Chhokar *et al.*, 2012) (*Richardia scabra* L.).

2-4- الزراعة الحافظة والتغيير في فلورا الأعشاب الضّارة

يحدث التغيير في فلورا الأعشاب الضّارة عند التحول من نظام الزراعة التقليدية إلى نظام الزراعة الحافظة (Singh *et al.*,2017). يعتمد هذا على عدد مرات الفلاحة وشدّتها التي تعمل على إثارة وتحريك سطح التربة، وتحت ظروف الزراعة الحافظة (بدون فلاحة التربة)، فعادةً ما تنتشر الأعشاب النجيلية بشكلٍ أكبر من الأنواع العشبية الأخرى، وتنتشر بسهولة أكبر، كما يحدث تماماً في المراعي الطبيعية ووجوانب

الطرقـات العامـة (Nichols *et al*., 2015). تـزداد كثافـة الأعشـاب الحوليـة تدريجيـاً، فـي حيـن تتراجـع كثافـة الأعشـاب الضّـارة الحوليـة ثنائيـة الفلقـة (Hofmeijer *et al*.,2019). أظهـرت التجـارب الحقليـة طويلـة المـدى ومسـوحات المزارعيـن، حـدوث تغييـر مسـتمر فـي أنـواع الأعشـاب الضّـارة فـي حقـول محصـول القمـح تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة (CA) (فلاحـة بالحـد الأدنـى)، ووجـد أنّ كثافـة الأعشـاب الضّـارة عريضـة الأوراق قـد ازدادت (Ramesh, 2015). عـادةً مـا يتـم تثبيـط نمـو وانتشـار أنـواع الأعشـاب الضّـارة صغيـرة البـذار تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة بالمقارنـة مـع الأنـواع ذات البـذور الكبيـرة الحجـم. لوحـظ أنّ الأعشـاب ذات البـذور الكبيـرة الحجـم، وغيـر الحسّاسـة فـي إنباتهـا للضـوء، مثـل نباتـات النـوع (*Abutilon theophrasti*) كانـت أقـل تأثـراً بنظـام الزراعـة الحافظـة بالمقارنـة مـع أعشـاب صغيـرة البـذار الحسّاسـة فـي إنباتهـا للضـوء مثـل (*Amaranthus retroflexus* L.)، و (*Chenopodium album* L.). يُساعد وجـود البقايـا النباتيـة فـوق سـطح التربـة فـي حجـب الضـوء عـن أنـواع الأعشـاب صغيـرة البـذار التـي يتطلـب إنباتهـا الضـوء، مـا يُسـهم فـي تثبيـط إنباتهـا، بالإضافـة إلـى دور البقايـا النباتيـة الموزعـة بشـكلٍ متجانـس علـى كامـل مسـاحة الأرض بيـن السـطور المزروعـة، التـي تعمـل علـى خفـض درجـة حـرارة التربـة، مـا يُبطـىء مـن إنبـات بـذور الأعشـاب الضّـارة والنمـو الأولـي لبادراتهـا، الأمـر الـذي يُقلـل بشـكلٍ كبيـر مـن كفاءتهـا التنافسـية مـع نباتـات المحصـول الرئيـس الاقتصـادي علـى متطلبـات النمـو الأرضيـة (الميـاه، والعناصـر المغذيـة). تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، فـإنّ نباتـات الأعشـاب الضّـارة المقاومـة للظـل، والظـروف الرطبـة، والحـرارة المنخفضـة للتربـة يمكـن أن تنتشـر بكثافـةٍ أكبـر، وتُسـبب مشـاكل للمزارعيـن بالمقارنـة مـع باقـي الأنـواع العشـبية الأخـرى (Jah *et al*., 2017).

3.4. مكافحة الأعشاب الضارة تحت نظم الزراعة الحافظة:

ما هو العشـب الضّـار؟

العشـب الضّـار هـو كل نبـات غريـب فـي حقـل المحصـول الاقتصـادي، الـذي يعيـق نمـو نباتـات المحصـول الاقتصـادي المـزروع. وتنافس نباتـات الأعشـاب الضّـارة نباتـات المحصـول الاقتصـادي المـزروع علـى متطلبـات النمـو الأرضيـة (العناصـر المغذيـة، والميـاه)، والجويـة (الضـوء، وغـاز ثنائـي أكسـيد الكربـون أحيانـاً)، بالإضافـة إلـى المنافسـة علـى الحيـز (المـكان). يتوقـف تأثيـر العشـب الضّـار علـى نـوع العشـب (حولـي، أم معمـر)، وطبيعـة نمـوه (مفتـرش، أم قائـم)، وكثافـة العشـب الضّـار فـي وحـدة المسـاحة، والإجـراءات المتبعـة فـي مكافحـة الأعشـاب الضّـارة، وكميـة مدخـلات الإنتـاج الزراعـي المُضافـة (Jat *et al*., 2019) .

4.4. فلورا الأعشاب الضّارة في الحقل:

يعتمـد تركيـب فلـورا الأعشـاب الضّـارة علـى طبيعـة النظـام الزراعـي، حيـث أنّ فلـورا الأعشـاب الضّـارة تحـت نظـم الزراعـة المطريـة تختلـف عـن نظـم الزراعـة المرويـة. بشـكلٍ مماثـل، فـإنّ الأنـواع المحصوليـة الحوليـة سـيرافقها أنـواع عشـبية مختلفـة عـن الأنـواع النباتيـة المعمـرة، وتعتمـد طبيعـة الفلـورا العشـبية السـائدة فـي منطقـة بيئيـة معينـة علـى نـوع المحصـول، ونوعيـة التربـة، ومسـتوى مدخـلات الإنتـاج المُضافـة، والبيئـة الدقيقـة، والنظـام الزراعـي (Mupangwa and Thierfelder, 2015). إنّ أهـم أنـواع الأعشـاب الضّـارة التـي يمكـن مشـاهدتها فـي حقـول المحاصيـل الحقليـة، التـي إمّـا أن تكـون رفيعـة أو عريضـة الأوراق؛ إمّـا حوليـة Annual، أو معمّـرة Perennial. وأهـم الأنـوع العشـبية أحاديـة الفلقـة Monocot هـي الآتيـة (Chauhan *et al*.,2012): *Cynodon dactylon*، Cyperus ira، *Cyperus esculentus*، *Cyperus rotundus* *Parthenium*، *Digitaria sanguinalis*، *Dactylonium aegyptium*، *spotaneum Saccharum*، *hysterophorus* *Echinochloa colonum* وغيرهـا.

وأهم الأعشاب الضّارة ثنائية الفلقة Dicot هي الآتية:
Convolvulus arvensis، *Euphorbia hirta*، *Digera arvensis*، *Parthenium hysterophorus*، *Lantana*، *eichwaldi Heliotropium*، *Commelina benghalensis*، *Trianrhema portulacastrum*، *Camera*، *Melilotus alba*.
ومن الأنواع العشبية المتخصصة بأنواع محصولية معينة: محصول الذرة الصفراء (*Straiga* sp.)؛ محصول القمح (*Phalaris minor*، *Avena fatua*، *Avena ludoviciana*).

عادةً ما تستفحل مشكلة انتشار الأعشاب الضّارة تحت نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (Singh *et al.*, 2015). ويحرث المزارعون التربة حراثة سطحية (الزراعة خضير) لمكافحة الأعشاب الضّارة في حقول المحاصيل الحقلية (Das *et al.*, 2020). وإنّ مكافحة الحشائش بدون حراثة أمر أكثر تعقيداً، ويتطلب المزيد من المعرفة. ويجد الكثير من المزارعين أنّ مكافحة الأعشاب الضّارة صعبة للغاية خلال المواسم الزراعية الأولى أثناء التحول من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الحافظة، حيث يؤثر إلغاء الفلاحات بشكلٍ كبير في كثافة وتركيب الأعشاب الضّارة (Naylor and Lutman, 2002). فعندما تُحرث التربة، تُدفن بعض بذور الأعشاب الضّارة، إلى أعماقٍ كبيرة، ثمّ لا تلبث أن تعود إلى السطح في الموسم التالي. ويصعب إفراغ «بنك البذور» في التربة إذا تمّت حراثة التربة باستمرار. وإنّ المكافحة الجيدة للأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة لبضعة مواسم متتالية ستؤدي إلى استنفاد بنك بذور الأعشاب في التربة، ولا سيّما إذا لم يُسمح للأعشاب الضّارة بالوصول إلى مرحلة الإزهار والعقد (تشكيل البذور)، الأمر الذي سيؤدي إلى زوال مشاكل الأعشاب خلال 3 - 4 مواسم زراعية. وهناك عدّة إجراءات يمكن اتخاذها لمكافحة نباتات الأعشاب الضّارة (Chauhan *et al.*, 2012):

أ) المكافحة اليدوية للأعشاب الضّارة.
ب) مكافحة نباتات الأعشاب الضّارة قبل الوصول إلى مرحلة الإزهار وتشكيل البذور.
ج) تطبيق الدورات الزراعية الفعّالة في القضاء على الأعشاب الضّارة.
د) زراعة محاصيل غطاء السماد الأخضر لحجب الضوء عن نباتات الأعشاب الضّارة.
هـ) ترك أكبر كمية من بقايا المحصول السابق التي تُسهم في القضاء على الأعشاب الضّارة، وتزيد من النشاط الحيوي في التربة.
و) استعمال مبيدات الأعشاب الضّارة الكيميائية.

وتتمثل أفضل الممارسات في استعمال أكبر عدد ممكن من هذه الخيارات معاً قدر الإمكان، وفي معظم الحالات، سيؤدي استخدام مزيج من وسائل مكافحة الأعشاب بطريقةٍ تكاملية إلى تقليل أعدادها بشكلٍ ملحوظ في غضون ثلاث سنوات. لوحظ عند تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة، ولا سيّما عند ترك كميةٍ كافيةٍ من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة أنّ كثافة نباتات الأعشاب الضّارة (Weed density) قد انخفضت بنحو 50 - 70 % تقريباً (Gaba *et al.*, 2014). عموماً، تتطلب عملية القضاء على الأعشاب الضّارة تحت ظروف الزراعة الحافظة ضرورة العمل على ترك بقايا المحصول السابق موزعةً بشكلٍ متجانس فوق سطح التربة (Flower *et al.*, 2012)، وتطبيق الدورة الزراعية المناسبة (Crop rotation)، والمكافحة الكيميائية الفعّالة للأعشاب الضّارة، أي الإدارة المتكاملة للإعشاب الضّارة (Integrated weed management) (IWM) كما هو مبين في النقاط الآتية:

5.4. بقايا المحصول السابق:

تحت ظـروف الزراعـة الحافظـة، تُشكل بقايـا المحصـول السـابق، التـي هـي بقايـا نباتيـة عضويـة ميتـة أو محاصيـل التغطيـة الخضـراء -كغطـاء نباتـي حـي- غطـاءً طبيعيـاً للتربـة، ويمكـن أيضـاً تغطيـة التربـة بمـواد صناعيـة غيـر حيـة مثـل البلاسـتيك الـذي يُسـتعمل فـي العديـد مـن النظـم الزراعيـة، ولا سـيّما عنـد زراعـة محاصيـل الخضـار (Slims *et al.*, 2018). تُساعد مخلفات المحاصيل في تغطية سطح التربة والمحافظة على الرطوبة فيها، من خلال تقليل معدّل فقد المياه بالتبخر والجريان السطحي، ويُقلل تأثير المخلفات من كثافة الأعشاب الضّارة وأعدادها في وحدة المساحة من الأرض. إنْ ترك كميةٍ أكبر من المخلفات تمنع الأعشاب الضّارة من النمو من خلال بقايا المحصول التي تغطي سطح التربة، بالإضافة إلى حقيقة أنّ البقايا النباتية تخفض من درجة حرارة التربة، ما يُبطيء من إنبات بذور الأعشاب الضّارة والنمو الأولي لها، ومع ذلك، فإنّ المخلفات تجعل إزالة الأعشاب الضّارة يدوياً أكثر صعوبة. تعمل بقايا المحاصيل على سطح التربة على زيادة النشاط الحيوي في التربة، وتهاجم الحشرات والفطريات بذور الأعشاب الضّارة وتُقلل من حيويتها وقدرتها على الإنبات. تؤثر البقايا النباتية الموزعة بشكلٍ متجانس فوق سطح التربة بكمياتٍ مناسبة بالإضافة لما تمتلكه من خصائص تثبيطية (Allelopathic property) في إنبات بذور الأعشاب الضّارة وظهور بادراتها فوق سطح التربة (Vivek *et al.*, 2019)، حيث يتم بعد حصاد الأجزاء الاقتصادية للمحصول الرئيس المزروع، إعادة توزيع بقايا المحصول السابق المتروكة إما يدوياً أو آلياً بشكلٍ متجانس فوق سطح التربة، بما يضمن التغطية الكاملة لسطح التربة، حيث تعمل على تثبيط إنبات بذور الأعشاب الضّارة من خلال تقليل الضوء النافذ إلى طبقات التربة السطحية، ما يُسهم في فشل إنبات جميع بذور الأعشاب الضّارة الصغيرة البذور الحسّاسة في إنباتها للضوء (Jha *et al.*, 2017)، بالإضافة إلى التأثير التضادي الذي تمتلكه البقايا النباتية، المثبط لإنبات البذور (Slims *et al.*, 2018). يؤدي تأخر ظهور بادرات الأعشاب الضّارة فوق سطح التربة إلى تقليل كفاءتها التنافسية لنباتات المحصول الرئيس على متطلبات النمو الأرضية (المياه، والعناصر المغذية)، الأمر الذي يزيد من النمو الأولي لنباتات المحصول الاقتصادي، وتزداد كفاءتها التنافسية، وتظلل نباتات الأعشاب الضّارة، ما يؤثر سلباً في نموها وتطورها خلال المراحل التطورية اللاحقة، ريثما تتم مكافحتها كيميائياً باستعمال مبيدات الأعشاب المناسبة، الأمر الذي يُقلل بشكلٍ كبير من الفقد الكمي في الغلّة الاقتصادية (Economic yield) (Chauhan and Johnson, 2010).

ذكر الباحث (Ranaivoson *et al*., 2017) أنّ ترك طناً واحداً من بقايا المحصول في الهكتار الواحد قد ساعد في تقليل ظهور الأعشاب الضّارة وكتلتها الحيوية بنحو 50 % بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وكان التأثير الأكبر عندما تمّ ترك قرابة 4 طن أو أكثر من بقايا المحصول في الهكتار الواحد. أدّى بالمقابل ترك قرابة 4 طن من بقايا محصول الرز في الهكتار الواحد في الحد من انتشار نباتات الأعشاب الضّارة في حقول الرز المزروعة بطريقة الزراعة الحافظة الرطبة (Baghel *et al.*, 2018). بغض النظر عن كمية بقايا المحصول السابق، فإنّ نوعية البقايا النباتية تؤثر أيضاً في ديناميكية الأعشاب الضّارة، حيث لاحظ Radicetti وزملاؤه (2013) أنّ مقدرة بقايا الشوفان Oat على تثبيط الأعشاب الضّارة كانت أعلى بالمقارنة مع بقايا البيقية الشعرية (Hairy vetch)، وانخفض ظهور بادرات الأعشاب الضّارة بشكلٍ أكبر عندما تمّ توزيع بقايا المحصول بشكلٍ متجانس فوق سطح التربة (Mansoori, 2019).

تُساعد البقايا النباتية في المحافظة على رطوبة التربة من خلال تقليل سرعة الرياح عند مستوى سطح الأرض، وتظليل سطح التربة ما يحول دون ارتفاع درجة حرارتها، بلْ وتعمل على خفض درجة حرارة التربة، وتزيد أيضاً البقايا النباتية من محتوى التربة من المادة العضوية (OM) (Blaise *et al.*, 2020)، ما يزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه (WHC)، ولكن يمكن أن يُساعد ازدياد محتوى التربة من المادة العضوية في إنبات بذور الأعشاب الضّارة، مثل الشوفان البري (*Avena fatua*)، (Alonso-Ayuso*et al.*, 2018).

لكن بشكلٍ عام، تُقلل البقايا النباتية من إنبات بذور معظم أنواع الأعشاب الضّارة، حيث لوحظ أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول القمح مع ترك كميةٍ كافية من بقايا المحصول السابق مع الزراعة المبكرة للمحصول قد أدّت إلى تثبيط إنبات عشبة المجنحة الصغرى (*Phalaris minor*) وأنواع عشبية أخرى (Singh *et al.*, 2017; Chhokar *et al.*, 2009). بيّن البحاثة (Singh *et al.*, 2013) في ولاية البنجاب Punjab أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة قد أدّى إلى تخفيض كثافة الأعشاب الضّارة بنسبة 47 % بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. عموماً، لا بدّ من تحديد كمية بقايا المحصول المثلى لتحقيق أكبر ضبط ممكن للأعشاب الضّارة، ولا بدّ أن يترافق ذلك مع المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة باستعمال المبيدات العشبية الكيميائية.

6.4. مكافحة الأعشاب الضّارة يدوياً:

يعتمد العديد من صغار المزارعين على المكافحة اليدوية للأعشاب الضّارة، وتُعد طريقة فعّالة للغاية لمكافحة الأعشاب الضّارة عندما يتم تنفيذها بالشكل الصحيح، ولكن يجب القيام بها عندما تكون الأعشاب الضّارة صغيرة (أقل من 10 سم)، ويجب إزالتها إما بالمنجل أو بواسطة العزاقات اليدوية، ولكن تستغرق المكافحة اليدوية للأعشاب الضّارة وقتاً طويلاً وتتطلب عمالة كبيرة، ولكنّها لا تتطلب معرفة واسعة ولا تنطوي على مخاطر (Choudhary *et al.*, 2015) (الصورة 8).

الصورة 8. المكافحة اليدوية للأعشاب الضّارة في حقول الذرة الصفراء.

7.4. الدورة الزراعية ومحاصيل التغطية العلفية الخضراء:

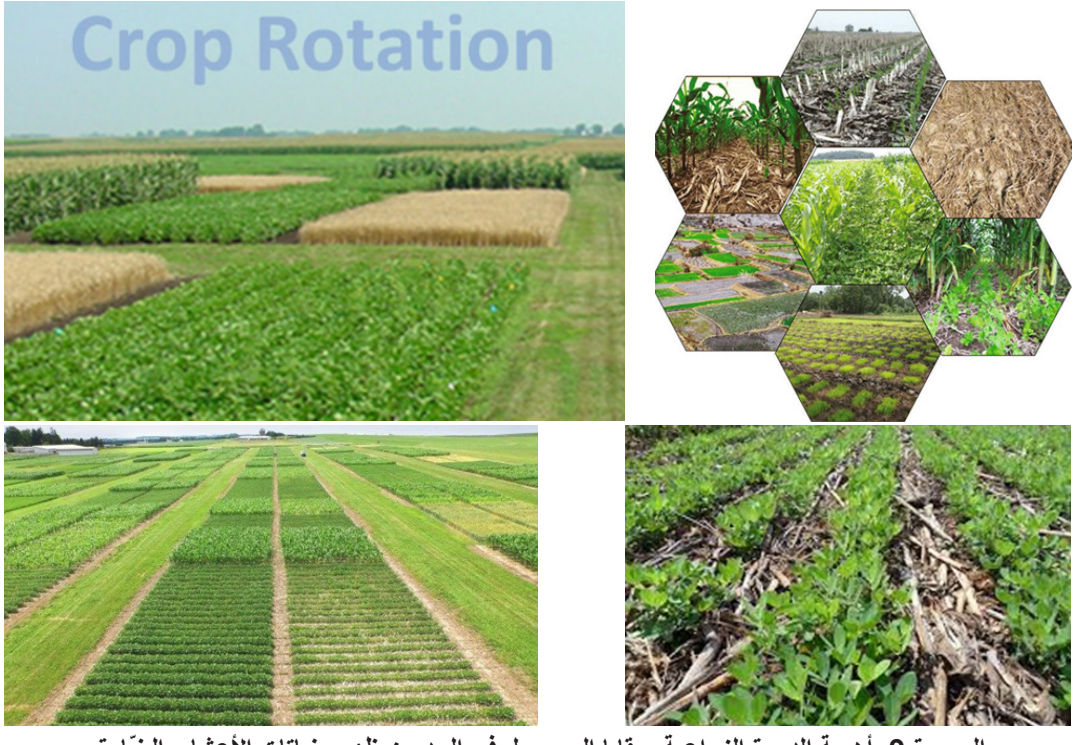
يجب أن تتضمن الدورة الزراعية أحد المحاصيل التي يكون لها تأثير مثبّط لنمو نباتات الأعشاب الضّارة. وتُساعد محاصيل التغطية الخضراء (GCC) في إعاقة نمو الأعشاب الضّارة عن طريق تثبيط النمو، نتيجة حجب الضوء عنها، ومنافستها بقوة على متطلبات النمو الأرضية (المياه، والعناصر المغذية)، ولا سيّما محاصيل التغطية التي تتسم بقوة نمو أولي، حيث تغطي سطح التربة بسرعة، ما تُقلل من كفاءة الأعشاب الضّارة التنافسية (Chen *et al.*, 2018). وإنّ إدخال محاصيل مثل البيقية، والعدس، وفول الصويا، والحمص، واللوبياء في الدورة الزراعية جنباً إلى جنب مع طرائق مكافحة الأعشاب الأخرى، سيُقلل من كثافة نباتات الأعشاب الضّارة، ويقضي على الأعشاب الحولية بسهولة. تؤدي الزراعة المفردة (Monocropping) بشكلٍ مستمر، أي بدون تطبيق الدورة الزراعية إلى انتشار الأعشاب الضّارة (Zhang *et al.*, 2014).

وعند تطبيق الدورة الزراعية سوف يزداد تنوع الأعشاب الضّارة بالمقارنة مع الزراعة المفردة، الأمر الذي يمنع سيادة نوع عشبي وحيد دون غيره ضمن الفلورا العشبية في منطقةٍ بيئة ما (Koocheki *et al.*, 2009; Choudhary, 2016). يُسهم تطبيق الدورة الزراعية وتنويع المحاصيل المزروعة في تغيير ضغط الانتخاب على الأعشاب الضّارة من خلال ثلاث آليات: تغيير عوامل إدارة الأرض والمحصول (الممارسات الزراعية)، تباين أنماط المنافسة على المصادر ومتطلبات النمو الأرضية والجوية، وزيادة احتمال وجود التأثير التضادي لبعض أنواع الأعشاب في أنواعٍ عشبية أخرى (Nichols *et al.*, 2015). يُسهم تطبيق الدورة الزراعية المناسبة لكل منطقة بيئية وتنويع المحاصيل المزروعة في كسر دورة حياة الأعشاب التي يمكن أن تُسيطر في نظم الزراعة المفردة، لأنّ كل محصول له هندسة غطاء نباتي خاصة به Unique architecture، ويحتاج عوامل إدارة وممارسات زراعية مختلفة، الأمر الذي يخلق بيئات دقيقة مختلفة، قد لا تكون مناسبة لهذا العشب الضّار أو ذاك (Rahman, 2017). ويعمل الغطاء النباتي للنوع المحصولي المزروع على حجب الأشعة الشمسية الواردة، ما يؤدي إلى تثبيط إنبات معظم أنواع الأعشاب الضّارة.

إنّ الدورات الزراعية ذات الفترات المتباينة (قمح كمحصول شتوي - فول صويا كمحصول صيفي؛ عدس أو حمص أو بيقية كمحصول شتوي - ذرة صفراء كمحصول صيفي؛ قمح - شوندر سكري) يمكن أن تُقلل بشكلٍ كبير من مخزون بنك بذور الأعشاب الضّارة (Zhang *et al.*, 2014). يجب أن تتسم الأنواع المحصولية الداخلة في الدورة الزراعية بسرعة النمو الأولي، ما يُسهم في تظليل الأعشاب الضّارة، ويثبط نموها وقدرتها التنافسية، مثال محاصيل فول الصويا Soybean، واللوبياء Cowpea، واللبلاب Lablab (Mwangi*et al.*, 2015). وأدّت زراعة محاصيل فول الصويا، وزهرة الشمس Sunflower تحت نظام الزراعة الحافظة فوق بقايا نباتات الشيلم الجافة، إلى انخفاض نسبة الكتلة الحيوية للأعشاب الضّارة بنحو 90 %، من كلٍ من الأنواع العشبية الآتية: *Chenopodium album*، *Amaranthus retroflexus*، *Ambrosia artemisiifolia*as بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية، وبغياب بقايا محصول الشيلم (Lemerle *et al.*, 2013).

من بين الركائز الأربع الأساسية لنظام الزراعة الحافظة، تُعد ركيزة الدورة الزراعية الأفضل في مكافحة الآفات الزراعية (الأمراض، والحشرات، والأعشاب الضّارة)، حيث تؤدي عملية تغيير العائل ضمن الدورة الزراعية (تنوع المحاصيل) دور مبيد الحشرات الطبيعي (Natural insecticide) ومبيد أعشاب حيوي أيضاً، حيث تمنع الآفات الزراعية والأعشاب الضّارة أن تستقر في الحقل، الأمر الذي يحول دون حدوث التراجع في غلّة المحصول الاقتصادية، وانتشار الآفات الزراعية في الحقول، ما يستدعي استعمال المبيدات الكيميائية بكمياتٍ كبيرة. عموماً، بغض النظر عن نظام الزراعة الحافظة، تُعد الدورة الزراعية المناسبة وسيلة فعّالة

في إدارة الأعشاب الضّارة حتى في نظم الزراعة التقليدية (Baghel *et al.*, 2020) (الصورة، 9).



الصورة 9. أهمية الدورة الزراعية وبقايا المحصول في الحد من ظهور نباتات الأعشاب الضّارة.

8.4. منع نباتات الأعشاب الضّارة من الوصول إلى الإزهار ونثر البذور:

هناك حاجة إلى مكافحة الأعشاب الضّارة على مدار العام للتخلص نهائياً منها في الأرض، ولا يقلق معظم المزارعين من الأعشاب الضّارة في نهاية الموسم، أو خلال فصل الشتاء، لأنّها لا تؤثر في غلّة المحصول في السنة الحالية، ومع ذلك، فإنّ هذه الأعشاب تُشكل البذور وتؤدي إلى استفحال كثيف للأعشاب في الموسم التالي، لذلك تعتبر إزالة الأعشاب الضّارة في أواخر الموسم وخلال فصل الشتاء أمراً حيوياً لنجاح مكافحة الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة (Mashavakure *et al.*, 2020).

9.4. المكافحة الكيميائية باستعمال مبيدات الأعشاب:

تُسمّى المواد الكيميائية التي تُستعمل في مكافحة الأعشاب الضّارة اصطلاحاً مبيدات الأعشاب (Herbicides). تُعد إحدى الوسائل الفعّالة لمكافحة الأعشاب الضّارة في ظل تطبيق نظام الزراعة الحافظة (Muoni *et al.*, 2013). للأسف، أجبر تطبيق نظام الزراعة الحافظة (بدون فلاحة) المزارعين على استعمال مبيدات الأعشاب الكيميائية لمكافحة الأعشاب الضّارة بفعّالية كبيرة، ولا سيّما في الحقول الموبوءة ببذور الأعشاب الضّارة (Walsh *et al.*, 2013).

تُعد مكافحة الأعشاب الضّارة كيميائياً سريعة وفعّالة، ولكن يجب استعمال مبيدات الأعشاب بشكلٍ صحيح، ويجب أن يكون لدى الشخص الذي يُطبق المبيدات الكيميائية معرفة متخصصة بمنتجات مبيدات الأعشاب، وأنواع الأعشاب الضّارة المنتشرة في الحقول، والمحاصيل المستخدمة فيها، وسميتها، وكيفية التعامل معها، والظروف التي تعمل فيها بشكلٍ أفضل، والمرحلة من حياة المحصول التي تكون خلالها عملية المكافحة فعّالة جداً، وطرائق الرش ومعدّلاته، وأنواع المعدّات ومعايرتها، وأنواع فوهات المرش، واستخدام الملابس الواقية وما إلى ذلك، ومع ذلك، فإنّ مبيدات الأعشاب تحتاج إلى رأس مال أولي، فهي غالية الثمن، ويجب

أن تكون متاحة في الأسواق المحلية بأسعارٍ معقولة في بداية الموسم. تتوقف فعّاليتها تحت ظروف الزراعة الحافظة على مدى ملائمة مبيد الأعشاب المستعمل للأعشاب المنتشرة في الحقل، ووقت الاستعمال (قبل أو بعد ظهور الأعشاب الضّارة)، وعلى كمية بقايا المحصول السابق المتروكة فوق سطح التربة (Nandan *et al.*, 2020). تحت ظروف الزراعة الحافظة، يُعد استعمال مبيدات الأعشاب بعد ظهورها أكثر فعّالية، لأنّ بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة يمكن أن تُقلل من فعّالية مبيدات الأعشاب التي تُضاف قبل ظهورها. تُضاف مبيدات ما بعد الإنبات وظهور البادرات بعد ظهور بادرات الأعشاب الضّارة، ولا تتأثر فعّاليتها بعملية الفلاحة سواءً تحت الزراعة الحافظة أو التقليدية (Sen *et al.*, 2018).

بيّنت الدراسات أنّه تحت ظروف الزراعة الحافظة، فإنّ بقايا المحصول السابق يمكن أنْ تعترض قرابة 15 - 80 % من مبيدات الأعشاب المُضافة، ما يُقلل من فعّاليتها (Sepat *et al.*, 2017). على سبيل المثال، عند إضافة مبيد الأعشاب أترازين Atrazine فوق بقايا القمح في نظام الزراعة الحافظة، فإنّ البقايا النباتية قد حدّت من وصول كامل كمية المبيد إلى سطح التربة، حيث وصلت فقط 40 % من كامل كمية المبيد المُضافة (Ghadiri *et al.*, 1984). تتوقف أيضاً فعّالية مبيدات الأعشاب تحت نظام الزراعة الحافظة على طبيعة المبيد (سائل، أم مسحوق)، حيث بيّنت العديد من الدراسات أنّ مبيدات ما قبل الظهور على شكل حبيبي (Granular formulation) كانت أكثر فعّالية بالمقارنة مع المبيدات السائلة (Bhullar *et al.*, 2016). يُعزى ذلك إلى حقيقة أنّ المبيدات بصيغة الحبيبات (بودرة) يمكن أن تصل سطح التربة بكفاءة أكبر من المبيدات السائلة، لذلك لا بدّ تحت ظروف الزراعة الحافظة من توخي الحذر باستعمال الشكل (الصيغة) المناسبة من المبيد، ووقت الإضافة الأنسب، ومعدّل الرش الأمثل، بما يضمن المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة، التي يمكن أن تستفحل في نظم الزراعة الحافظة نتيجة إلغاء عملية الفلاحة، التي تُسهم في التخلص من نسبةٍ كبيرة من الأعشاب الضّارة قبل زراعة بذور المحصول الرئيس (الزراعة خضير). بما أنّ وقت ظهور الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة (CA) غير متجانس بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (CT)، لذلك يُقترح عادةً أن ينتظر المزارعون فيما يتعلق بإضافة المبيد إلى حين اكتمال ظهور الأعشاب الضّارة واسترسائها فوق سطح التربة (Sharma and Singh, 2014).

10.4. المبيدات العشبية غير الانتقائية تحت ظروف الزراعة الحافظة:

تحت ظروف الزراعة الحافظة، وخلال زراعة الأنواع المحصولية فإنّ المبيدات العشبية غير الانتقائية (Non-selective herbicides) مطلوبة للقضاء على جميع أنواع الأعشاب الضّارة الموجودة في الحقل. ومن أشهر المبيدات غير الانتقائية مبيد الغلايفوسات Glyphosate، والباركوات Paraquat، والجلوفوسينات Glufosinate (Shyam *et al.*, 2014)، التي يجب أنْ تُضاف إمّا قبل أو بعد الزراعة، ولكن قبل ظهور بادرات المحصول الاقتصادي المزروع. للأسف، تؤدي الإضافة المتكررة للمبيدات غير الانتقائية نفسها، مثل الغلايفوسات عاماً بعد آخر إلى حدوث تغيير في الفلورة العشبية، ويمكن أن تُسرع من تطور المقاومة للغليفوسات في الأعشاب الضّارة (Glyphosate resistance)، لذلك لا بدّ من العمل من وقتٍ لآخر على تغيير المبيدات، واستعمال في كل مرة مبيد ذي طبيعة تأثير مختلفة عن سابقه، الأمر الذي يمكن أن يُقلل من ضغط الانتخاب (Selection pressure)، التي يمكن أن تجنب أو تؤخر تطور المقاومة للمبيدات العشبية (Singh *et al.*, 2018).

11.4. المبيدات الانتقائية تحت ظروف الزراعة الحافظة:

تنضوي الزراعة الحافظة على تحدياتٍ أكبر فيما يتعلق بفعّالية مبيدات الأعشاب قبل ظهور البادرات، حيث يتطلب استعمال مثل هذه المبيدات بمعدّلاتٍ أعلى حتى تكون فعّالة في مكافحة الأعشاب الضّارة. حيث لوحظت فعّالية أكبر في مكافحة الأعشاب الضّارة عندما تمّ تدعيم مبيدات الأعشاب التي تستعمل قبل ظهور البادرات بمبيدات أعشاب غير انتقائية مثل Glyphosate مع المبيد الذي يُضاف قبل ظهور البادرات (Santín-Montanyá *et al.*, 2016).

12.4. الإدارة المتكاملة للأعشاب الضّارة Integrated weed management (IWM)

إنّ الإدارة المتكاملة للأعشاب الضّارة هو أسلوب متعدد الأبعاد، يُسهم في خفض كثافة الأعشاب الضّارة، إلى ما دون العتبة الحرجة (Threshold level). يتضمن مجموعة من عوامل الإدارة المختلفة والمكملة لبعضها البعض، مثل:

- تطبيق الممارسات الزراعية المحصولية الجيدة، تنفيذ العمليات الزراعية المختلفة في وقتها.
- ترك بقايا المحصول السابق التي تُحسّن من فعّالية وكفاءة عملية مكافحة الأعشاب الضّارة.
- زراعة الأصناف ذات الكفاءة التنافسية المرتفعة ضمن سطور ضيقة بمعدّلات بذار مرتفعة.
- استعمال بقايا المحاصيل السابقة كغطاءٍ للتربة، وإضافة المبيدات العشبية الفعّالة بعد ظهور بادرات الأعشاب الضّارة في الحقل (Jena and Meena, 2017).

عموماً، تُسهم الإدارة المتكاملة للأعشاب الضّارة في زيادة إنتاجية الأنواع المحصولية، مع المحافظة على سلامة العوامل البيئية. وتتطلب المكافحة المتكاملة لنباتات الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة ضرورة تطبيق الدورة الزراعية المناسبة، والإدارة السليمة لبقايا المحصول السابق، وضبط موعد الزراعة للمحصول الرئيس، وزراعة الأصناف ذات المقدرة التنافسية الكبيرة للأعشاب الضّارة، وضبط معدّلات البذار، وضبط المسافات بين النباتات وبين السطور/الخطوط، وإدارة مبيدات الأعشاب الضّارة.

13.4. العوامل المعيقة لمكافحة الأعشاب الضّارة:

مقاومة الأعشاب الضارة للمبيدات Herbicide resistant weeds: قد يؤدي التعرض المتكرر للأعشاب الضّارة لمبيد واحد إلى احتمال وجود أنماط حيوية من الأعشاب مقاومة لمبيدات الأعشاب (Eslami, 2014). ويمكن أن تكون مقاومة مبيدات الأعشاب في الأعشاب الضّارة من نوعين:

- مقاومة الموقع المستهدف، حيث يحد التعديل على الموقع النشط لمبيد الأعشاب من سميته.
- مقاومة الموقع غير المستهدف، حيث تكون حركة مبيدات الأعشاب إلى الموقع النشط محدودة بطريقةٍ ما (Chauhan *et al.*, 2012). وذكر Naylor and Lutman (2002) أنّ عدد الأنواع من نباتات الأعشاب المقاومة للمبيدات بلغ 346 حول العالم. ونحو 18 نوعاً من الأعشاب الضّارة تُصنّف كأعشاب ضارة مقاومة للجليفوسات منذ عام 1996.

عموماً، تُعد مشكلة انتشار الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة من القضايا الشائعة، ولا سيّما خلال السنوات الأولى، بسبب إلغاء عملية الفلاحة، التي تُساعد تحت نظم الزراعة التقليدية في التخلص من نسبةٍ كبيرة من نباتات الأعشاب الضّارة، ولكن يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة مع عمليات المكافحة الكيميائية والحيوية والميكانيكية خلال السنوات الثلاث الأولى إلى القضاء بشكلٍ كامل على الأعشاب الضّارة، والتخلص نهائياً من استعمال المبيدات العشبية الكيميائية التي يمكن أن تلوث الترب الزراعية والمياه الجوفية، وتزيد من تكاليف الإنتاج الزراعي.

الفصل الخامس
دور الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية الترب الزراعية وإعادة تأهيل الأراضي الزراعية المتدهورة
Conservation Agriculture and Improving Soil Productivity and Rehabilitation of Degraded Lands

تُعد التربة والمياه من أهم الموارد الطبيعية المتجددة (Renewable resources)، ويرجع لهما الفضل في تكوين الحياة وتطورها على وجه الأرض. ازدادت الحاجة لاستثمار الموارد الطبيعية ولا سيّما التربة والمياه بازدياد عدد السكان، وتغير العادات الاستهلاكية، ونمط الحياة، لتأمين الاحتياجات السكانية من الغذاء والكساء، لذا حاول الإنسان بكل إمكانياته المحافظة على التربة والمياه والحد من تدهورهما، ولكن أدّى التكثيف الزراعي بهدف زيادة إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، من خلال عمليات الفلاحة المكثفة والمتكررة للترب الزراعية إلى زيادة معدّل أكسدة المادة العضوية فيها، وتفتيت الكتل الترابية، وازدياد حساسيتها للانجرافين الريحي والمائي، حيث يُعد الإنجراف بنوعيه الريحي والمائي من أهم عوامل تدهور الأراضي الزراعية حول العالم (Garcia-Ruiz *et al.*, 2017; Plaza-Bonilla *et al.*, 2013)، ولا سيّما في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة في بيئات حوض البحر المتوسط، حيث تؤدي إلى تراجع خصوبة التربة، وتغيير خصائصها الكيميائية والفيزيائية والحيوية، وحتى علاقات التربة المائية (Borrelli *et al.*, 2017; Cheesman *et al.*, 2016). انطلاقاً مما تقدّم، كان لا بدّ من البحث عن نظام زراعي بديل يضمن التوفيق بين زيادة الإنتاج الزراعي مع المحافظة على الموارد الطبيعية الزراعية بشكلٍ مستدام. يُعد نظام الزراعة الحافظة (CA) من التقنيات الحديثة والرائدة التي أُدخلت إلى المنطقة بهدف صيانة التربة من عمليات الانجراف الريحي والمائي، وتحسين كفاءة استعمال المياه (إنتاجية المياه) (WUE) عن طريق المحافظة على مخزون التربة من المياه والاستفادة االقصوى من مياه الأمطار، وتحسين خصوبة التربة وقدرتها الإنتاجية. يعتمد نظام الزراعة الحافظة أساساً على التقليل من تحريك التربة قبل الزراعة بإتباع الفلاحة المخفّضة أوالبذر مباشرة (بدون فلاحة) فوق مخلفات المحصول السابق، والتغطية المستمرة لسطح التربة ببقايا المحصول السابق، وتطبيق الدورة الزراعية المناسبة، مع مراعاة الإدارة الصحيحة لمخلفات المحصول والأعشاب الضّارة.

1.5. مشكلة تدهور التربة:

تتمثل المشكلة الرئيسة للزراعة التقليدية (تحضير الأرض قبل زراعتها) في الانخفاض المستمر في خصوبة التربة، ما يؤثر سلباً في استدامتها، وصلاحيتها للإنتاج الزراعي لفترةٍ زمنيةٍ أطول. يُعزى ذلك بشكلٍ رئيس إلى انجراف التربة، وفقد مادتها العضوية نتيجة عمليات الفلاحة المكثفة والمتكررة، التي تُبقي التربة عارية تماماً من الغطاء النباتي، وغير محمية من التعرض المباشر لأشعة الشمس، أو تأثير الهطولات المطرية الغزيرة. وبالرغم من التقدم الكبير في علوم الوراثة، والتربة، والتسميد، ووقاية المزروعات وإدارة المحصول والأرض والمياه، فلا يزال هناك تدهور واضح ومستمر في إنتاجية الأنواع النباتية عبر الزمن. وتتنبأ منظمة الأغذية والزراعة أنّ مقدار الفقد في إنتاجية المحاصيل المزروعة بعلاً يمكن أن يصل إلى نحو 15 % خلال عقدين من الزمن في أفريقيا، وقرابة 19 % في جنوب شرق آسيا. ولا يعني تدهور التربة إمكانية خروجها فقط من نطاق الاستثمار الزراعي، ولكن ستكون هناك حاجة ملحة

لزيادة كمية مدخلات الإنتاج الزراعي (الأسمدة، البذار، مياه الري، المبيدات، والوقود .... الخ)، وزيادة حجم الاستثمارات للمحافظة على إنتاجية الأنواع النباتية المزروعة فيها، الأمر الذي يزيد من تكاليف الإنتاج الزراعي، ويُقلل صافي الربح (da Silva *et al.*, 2021).

2.5. التأثيرات الناجمة عن انجراف التربة نتيجة الزراعة التقليدية:

1- ارتفاع مستوى الترسبات الطمية (Sedimentation) في الأنهار، والخزانات، والبحيرات، وأماكن تجميع المياه الصغيرة، الأمر الذي يؤثر سلباً في كفاءتها التخزينية.
2- انخفاض نوعية المياه، الأمر الذي يتطلب تكاليف إضافية لتنقيتها ومعالجتها.
3- حدوث مشاكل في محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بقوة المياه.
4- تغطية الطرقات العامة بنواتج انجراف التربة.
5- تدهور الإنتاج الوطني، بسبب خروج نسبة كبيرة من الأراضي الزراعية من نطاق الاستثمار الزراعي بسبب الإنجراف، ما يجعل الاستخدام المستدام للأراضي الزراعية غير ممكن بسبب استنزاف مصادر التربة.

يُعد حدوث الانجراف أحد أهم العوامل المسببة لتدهور التربة. وعندما تكون الأراضي الزراعية على شكل منحدرات، حيث يؤدي استعمال المحاريث القرصية إلى عدم ترك البقايا النباتية فوق سطح التربة، ويؤدي تبعاً لذلك هطول الأمطار بغزارة (Heavey rain) إلى انجراف التربة.
تقدّر كمية التربة المفقودة بسبب الانجراف المائي تحت نظم الزراعة التقليدية في أمريكا اللاتينية بنحو 10- 60 طن . هكتار$^{-1}$. سنة$^{-1}$ (Sher *et al.*, 2021). إذا ما قورنت كمية التربة المفقودة سنوياً مع كمية التربة المتشكلة، التي تُقدر بنحو 250 - 500 كغ/هكتار/سنة، يُلاحظ أنّ مقدار الفقد أكبر بكثير من إعادة التجديد الطبيعي للتربة، وهذا ما يجعل التنمية الزراعية أمراً مستحيلاً. تُشير الدراسات الحديثة بأنّ عملية الانجراف، عملية انتقائية، حيث تنجرف جزيئات التربة الأكثر خصوبة، إذْ يحتوي الطمي المجروف على كميةٍ من العناصر المعدنية المغذية أكثر بكثير من الترب المتشكلة حديثاً من الصخرة الأم، وعادةً ما تنجرف أيضاً الأسمدة المضافة، والمبيدات، وحتى البذور إلى الجداول، والأنهار والبحيرات، والبحار، ما يؤثر سلباً في خصوبة التربة، ويزيد من تكاليف الإنتاج، ويؤدي إلى تلوث المياه الجوفية.

تؤثر الزراعة الحافظة بشكلٍ كبير في جميع خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية، وعادةً ما تتحسن هذه الخصائص تحت ظروف الزراعة الحافظة نتيجة تقليل تدهور التربة، أي الحد من تشكل القشرة السطحية الكتيمة، واستنفاد محتوى التربة من المادة العضوية، والحد من انضغاط طبقات التربة تحت السطحية، وتدهور بناء التربة (Dalal *et al.*, 1998). يُسهم ترك بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة في تحسين عمق قطاع التربة الفعّال، ويُحافظ على مخزون التربة المائي (Peng *et al.*, 2019).
يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى زيادة حجم الكتل الترابية تحت كلٍ من ظروف الزراعة الرطبة والجافة نتيجة زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، التي تؤدي دور الملاط الذي يربط جزيئات التربة بعضها ببعض (Govaerts *et al.*, 2009؛ Minansy *et al.*, 2017).
يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة إلى تخفيض الكثافة الظاهرية للتربة بسبب زيادة عدد الكتل الترابية وحجمها (Chakraborty and Mistri, 2017). ويمكن أن يكون لوقع قطرات المطر بشكلٍ مباشر على سطح التربة الجرداء غير المغطاة ببقايا المحصول تأثيراً مبعثراً، ما يؤدي إلى تفتيت طبقة

التربة السطحية إلى جزيئات صغيرة تعمل على سدّ الشقوق في التربة، ما يؤدي إلى تشكل قشرة سطحية كتيمة عندما تجف الترب، التي تعمل على غلق التربة بشكلٍ محكم، الأمر الذي يؤثر سلباً في معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، ويمكن أنْ تُشكل حاجزاً فيزيائياً يعيق حتى ظهور البادرات فوق سطح التربة، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع الكثافة النباتية، ومن ثمّ إنتاجية المحصول المزروع، في حين تحت ظروف الزراعة الحافظة، ولا سيّما عندما تُترك كمية كافية من بقايا المحصول التي تُغطي سطح التربة بشكلٍ متجانس، فلا تتشكل مثل هذه القشرة السطحية الكتيمة، حيث تعمل بقايا المحصول السابق على امتصاص الطاقة الحركية الناشئة عن وقع قطرات المطر، التي تفقد سرعتها الابتدائية، فتنساب بهدوء على سطح التربة، دون أن يكون لها أي تأثير مبعثر، ما يؤدي إلى زيادة التوصيل المائي، ومن ثمّ معدّل رشح المياه إلى باطن التربة ويُحسّن من محتوى التربة المائي. يُقلل بالمقابل نظام الزراعة التقليدية (المعتمدة على فلاحة التربة قبل الزراعة) من عدد المسامات الكبيرة والدقيقة في التربة، ويزيد من الكثافة الظاهرية (Indoria *et al.*, 2017).

يُقلل تطبيق نظام الزراعة الحافظة من التباين الحاد في درجة حرارة التربة بين الليل والنهار، الأمر الذي يحول دون ظهور الشرائط المتبادلة من اللونين الأصفر والأخضر على أوراق البادرات الفتية، التي عادةً ما تُشاهد تحت ظروف الزراعة التقليدية، ما يؤثر ظهورها سلباً في كفاءة الأوراق التمثيلية، وعادةً ما تكون البادرات في حقول الزراعة الحافظة أقل حساسيةً لمثل هذا التأثير لعدّة أسباب، أهمها:

- تعمل بقايا المحصول المتروكة فوق سطح التربة على عزل التربة، وحمايتها من الانخفاض السريع في درجة الحرارة أثناء الليل.
- تعمل بقايا المحصول على عكس جزء كبير من الأشعة الشمسية، وتحول بذلك دون تسخين التربة بشكلٍ زائد.

تُساعد التبدلات في حجم الكتل الترابية في زيادة مسامية التربة، والكثافة الظاهرية لها، فتزداد مقدرتها على الاحتفاظ بالماء، الأمر الذي يحول دون تسخينها بشكلٍ سريع بسبب ارتفاع الحرارة النوعية للماء (≈ 1) (Kosterna, 2014).

بيّن Thierfelder *et al.*, 2017) أنّ عملية تغطية سطح التربة ببقايا المحصول السابق تحت ظروف الزراعة الحافظة قد خفضت متوسط درجة حرارة التربة بنحو 0.74، 0.66، 0.58 درجة مئوية عند الأعماق 0.05، 0.15، 0.30 م على التوالي. يؤدي ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة بكميةٍ مناسبة مع مراعاة التغطية المتجانسة لسطح التربة إلى تقليل حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي، وتقليل معدّل فقد المياه بالجريان السطحي (Run off)، حيث تُشكل البقايا النباتية القائمة حواجز فيزيائية للمياه المتدفقة، مقللةً من سرعة جريان المياه، وتزيد من فترة بقاء المياه فوق سطح التربة، الأمر الذي يزيد من معدّل رشح المياه إلى باطن التربة (Zhang *et al.*, 2022).

بيّنت العديد من الدراسات أنّ ترك 30 % فقط من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة قد أدّى إلى تقليل الإنجراف المائي بنسبة 80 % (Chaudhary *et al.*, 2019).

3.5. تأثير تطبيق الزراعة الحافظة في خصائص التربة المختلفة:

توجد أدلة علمية كافية من المناطق الأكثر دفئاً في العالم تبين أنّ الزراعة الحافظة (بدون فلاحة) كان لها تأثيرات إيجابية في خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية، والحيوية بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وذلك بسبب انحسار انجراف التربة بشكلٍ كبير، والمحافظة على/ أو زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، بالإضافة إلى دور الغطاء النباتي في الحد من ارتفاع درجة حرارة التربة.

4.5. تأثير الزراعة الحافظة في خصائص التربة الكيميائية:

إنّ من أهم خصائص التربة الكيميائية التي تتأثر عادةً بالفلاحة، هي السعة التبادلية الكاتيونية (CEC)، ودرجة الحموضة التربة (pH)، والشوارد الموجبة القابلة للتبادل، والآزوت (النتروجين) الكلي في التربة، والناقلية الكهربائية لمحلول عجينة التربة المشبعة Electrical conductivity (EC_e). لوحظ وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في الناقلية الكهربائية لمحلول عجينة التربة المشبعة بين المواسم الزراعية حيث كانت الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة التقليدية (CT) (0.2480 $dS.m^{-1}$) بالمقارنة مع نظام الزراعة الحافظة (0.2194 $dS.m^{-1}$). كانت الناقلية الكهربائية لمحلول عجينة التربة المشبعة أعلى معنوياً (EC_e) في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (0.2450 $dS.m^{-1}$) بالمقارنة مع القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية (0.2223 $dS.m^{-1}$). وكانت الأعلى معنوياً في حال زراعة محصول التغطية الأخضر (0.2405 $dS.m^{-1}$)، بالمقارنة مع ترك البقايا النباتية للمحصول السابق (0.2268 $dS.m^{-1}$) (عثمان، 2020). كانت درجة الحموضة الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (8.654 %)، بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (8.414 %)، وكانت الأعلى معنوياً في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (8.593 %)، بالمقارنة مع القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية (8.475 %)، وكانت الأعلى معنوياً في حال زراعة محصول التغطية الأخضر (8.567 %)، بالمقارنة مع ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق (8.500 %) (عثمان، 2020). تُعد الخصائص الكيميائية للتربة في الطبقات السطحية أكثر أهمية تحت ظروف الزراعة الحافظة (CA) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (CT) (Lal, 1997).

بيّنت الدراسات توفر عنصر الآزوت بكمياتٍ منخفضة تحت ظروف الزراعة الحافظة، ولا سيّما عندما كانت بقايا المحصول السابق من بقايا محاصيل الحبوب (القمح، والشعير)، ويمكن أن يكون ذلك بسبب ارتفاع نسبة الكربون إلى الآزوت في بقايا محاصيل الحبوب، وعدم حركية عنصر الآزوت بسبب إتاحة البقايا النباتية بكميةٍ كبيرة فوق سطح التربة. مع ذلك، قد تؤدي بقايا البقوليات التي تحتوي على نسبةٍ منخفضةٍ من C/N إلى تمعدن الآزوت (Hontoria *et al.*, 2016). لوحظ ارتفاع نسبة عنصري الفوسفور والبوتاسيوم القابلة للاستخلاص في الترب تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (فلاحة التربة)، بسبب الحد من تحريك التربة (Lahmar *et al.*, 2012). لوحظ بالمقابل أنّ إتاحة العناصر المغذية الصغرى (Micronutrients) (Zn, Fe, Mn and Cu) كان أعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة مع ترك كمية كافية من بقايا المحصول فوق سطح التربة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وساعد ترك بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة في زيادة مقدرة التربة على التبادل الكاتيوني، وأصبحت التربة ذات تفاعل حامضي في طبقات التربة السطحية، فعادةً ما تكون درجة الـ pH أقل تحت نظام الزراعة الحافظة، وبخاصةٍ في طبقات التربة السطحية (Govaerts *et al.*, 2007).

بيّنت نتائج تجربة حقلية نُفذت في محطة بحوث جلين، بمحافظة درعا خلال الموسمين الزراعيين 2008-2009/2009-2010، وجود فروقاتٍ معنوية في درجة الحموضة (pH) بين موسمي الزراعة، حيث كان متوسط درجة الحموضة الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل (8.53) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني (7.83)، ولم تظهرْ نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية في درجة الحموضة، وقياس الناقلية الكهربائية لمحلول عجينة التربة المشبعة (EC_e)، ونسبة الكلس الفعّال بين نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية (قنبر، 2011). يمنع نظام الزراعة الحافظة أكسدة المركبات الآزوتية وفقدها (IbnoNamr and Mrabet, 2004). لاحظ Dalal (1992) تراجع نسبة الآزوت الكلي المفقود عند عدم فلاحة التربة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (CT). لوحظ أنّ كمية الفوسفور والبوتاسيوم المتاحين قرب

سطح التربة كانتا أعلى في الترب غير المفلوحة بالمقارنة مع الترب المفلوحة، والعكس صحيح في طبقات التربة الأعمق (Mrabet *et al.*, 2001b).

أظهرت دراسة حقلية أنّ ترك البقايا النباتية فوق سطح التربة أدّى إلى زيادة معنوية في المقدرة على التبادل الأيوني على عمق 0-5 سم بالمقارنة مع التربة التي أُزيلت منها البقايا النباتية، ولكن لم يكن هناك فروقات معنوية على عمق 5-20 سم (Govaerts *et al.*, 2007). لاحظ (Rahman *et al.*, 2008) أنّ المقدرة على تبادل الكاتيونات لكلٍ من الكالسيوم، والمغنزيوم، والبوتاسيوم كانت أعلى معنوياً في الطبقة السطحية من التربة تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. بيّن (Ali *et al.*, 2006) أنّ محتوى التربة من الكالسيوم، والبوتاسيوم، والمغنزيوم، والفوسفور، والآزوت، والموليبدنيوم (Mo) كان أقل في القطع التي طُبقت فيها الزراعة التقليدية وذلك نتيجة قلب الطبقة السطحية من التربة عند الفلاحة، حيث تُنقل طبقات التربة الأقل خصوبة من الأسفل إلى الأعلى، بالإضافة إلى زيادة معدّل رشح العناصر المعدنية المغذية.

كان محتوى التربة من الآزوت الكلي الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول (0.06187 %)، بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني (0.05069 %). يُعزى التباين في محتوى التربة من الآزوت الكلي بين موسمي الزراعة أنَ الآزوت الذي أضيف إلى القطع التجريبية المزروعة بالقمح أدّى إلى نمو النباتات خلال الموسم الزراعي الأوّل والثاني، ولا سيّما القطع التجريبية التي لم يُطبق فيها الدورة الزراعية باستهلاك كمياتٍ كبيرة من الآزوت، ما أدّى إلى تراجع محتوى التربة من الآزوت في نهاية الموسم الزراعي الثاني. كان الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (0.06412 %)، بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (0.04844 %)، وكان محتوى التربة من الآزوت الكلي معنوياً أعلى في القطع التجريبية التي طُبقت فبها الدورة الزراعية (0.06077 %)، بالمقارنة مع القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (0.05179 %). يُعزى ذلك إلى أنّ إدخال المحاصيل البقولية في الدورة الزراعية تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية، يُساعد في تحسين خصوبة التربة بفضل عملية تثبيت الآزوت الجوي من خلال العلاقة التعايشية (Symbiotic relationship) بين العقد البكتيرية وجذور نباتات المحاصيل البقولية. يمكن أنّ يُسهم تحسين خصوبة التربة في زيادة كمية العناصر المعدنية المغذية ولا سيّما الآزوت (النتروجين)، المتاحة لنباتات المحصول المزروع، ويقلل من كمية الأسمدة المعدنية الواجب إضافتها سنوياً إلى التربة لتعويض العناصر المعدنية المغذية الممتصة من قبل نباتات المحصول السابق. كان محتوى التربة من الآزوت الأعلى معنوياً في حال ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق (0.05837 %)، بالمقارنة مع زراعة محصول التغطية الأخضر (0.05179 %). كان محتوى التربة من الآزوت الكلي الأعلى معنوياً عند العمق الثاني (20 - 40 سم) (0.05985 %)، في حين كان الأدنى معنوياً عند العمق الأوّل (0 - 20 سم) (0.05271 %). يُلاحظ أنّ متوسط محتوى التربة من الآزوت الكلي قد ازداد بشكلٍ معنوي وطردي مع زيادة عمق قطاع التربة، ويُعزى ذلك إلى انتشار جذور النباتات بشكلٍ رئيس ضمن طبقات التربة السطحية، ما يؤدي إلى استهلاك الآزوت المتاح فيها بدرجة أكبر بالمقارنة مع طبقات التربة الأكثر عمقاً، بالإضافة إلى سهولة غسل ورشح الآزوت بواسطة المياه إلى طبقات التربة العميقة (عثمان، 2020). كان محتوى التربة من الفوسفور المتاح الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، في حال ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق، وعند العمق الأول (17.7 مغ. كغ$^{-1}$ تربة)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة الحافظة، بغياب الدورة الزراعية أو وجودها، في حال ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق أو زراعة محصول التغطية الأخضر، وعند العمق الأول (15.75، 15.07 مغ. كغ$^{-1}$ تربة على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية، في حال

زراعة محصول التغطية الأخضر، وعند العمق الثاني (9.35 مغ. كغ$^{-1}$ تربة)، تلاه وبدون فروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية، في حال ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق، وعند العمق الثاني (10.17 مغ. كغ$^{-1}$ تربة) (عثمان، 2020).

5.5. دور الزراعة الحافظة في تحسين محتوى التربة من المادة العضوية:

العنصر الرئيس المحدد لنوعية الترب الزراعية، وبخاصةٍ الترب الرملية الخفيفة الفقيرة بالطين. تُعد عملية إدارة المادة العضوية بمنزلة حجر الزاوية في الإدارة المستدامة للترب الزراعية، وعادةً ما تتحلل المادة العضوية في التربة بشكلٍ أسرع في البيئات الأكثر دفئاً ورطوبةً. تؤدي عملية فلاحة التربة وتهويتها إلى تسريع معدّل أكسدة المادة العضوية (Montoya, 1984). بهدف إدارة التربة بشكلٍ مستدام والمحافظة على إنتاجيتها فلا بدَّ من تقليل عدد الفلاحات، أو حتى إلغاء عملية الفلاحة بالكامل، للمحافظة على محتوى التربة من المادة العضوية. يُعد محتوى التربة من المادة العضوية مكوناً صغيراً ولكنّه فعّال جداً، حيث يؤثر بشكلٍ كبيرٍ في خصائص التربة الحيوية، والكيميائية، والفيزيائية، ويُعد محتوى التربة من المادة العضوية (SOMC) من أهم العوامل المحددة لحجم الكتل الترابية وثباتيتها (Le Bissonnais *et al.*, 2007). أدّت زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، وتحسين نوعية المادة العضوية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية إلى زيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها، ما أدّى إلى زيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، والحد من الجريان السطحي للمياه، الأمر الذي يُقلل من إمكانية حدوث الانجراف المائي للتربة. يُعد محتوى التربة من المادة العضوية من أهم المؤشرات المحددة لنوعية التربة (Soil quality).

ذكر (Verhulst *et al.*, 2012) أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة قد أدّى إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. عموماً، يزيد تطبيق نظام الزراعة الحافظة من محتوى التربة من المادة العضوية من خلال بقايا المحصول المتروكة فوق سطح التربة، وجذور النباتات المتحللة، وحماية الدبال (Humus) من تأثير أشعة الشمس، أو العوامل الخارجية، وتقليل معدّل تحلل المادة العضوية نتيجة خفض درجة حرارة التربة. تُشير الدراسات أنّ كل زيادة مقدارها 1 % في محتوى التربة من المادة العضوية تزيد من كمية المياه المتاحة بالتربة بنحو 150 م^3 في الهكتار. تتمثل المنافع المترتبة عن تحسين محتوى التربة من المادة العضوية بالنقاط الآتية:

- تحسين قوام التربة، وتحسين كفاءة التربة على الاحتفاظ بالماء، الأمر الذي يُقلل من معدّل فقد المياه بالصرف العميق، بعيداً عن منطقة انتشار الجذور.
- التحرير البطيء للعناصر المعدنية المغذية، ما يضمن إتاحة العناصر المغذية بكمياتٍ كافية خلال مختلف المراحل التطورية.
- زيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها.
- زيادة عمق قطاع التربة الفعّال.
- زيادة أعداد الكائنات الحية في التربة (Biota)، ومن ثمّ النشاط الحيوي، لأنّها تُشكل الغذاء لتلك الكائنات، وتثبط تطور المسببات المرضية ذات الأصل الأرضي.
- تحسين خصوبة التربة، ومن ثمّ كفاءتها الإنتاجية.

عموماً، يُعزى التباين في محتوى التربة من المادة العضوية تحت نظام الزراعة الحافظة إلى التباين في كمية الكتلة الحية الكلية المنتجة، وكمية بقايا المحصول المتروكة فوق سطح التربة بعد الحصاد، وكثافة ديدان الأرض (الصورة، 10).

الصورة 10. يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى زيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها.

تؤدي المادة العضوية دوراً غاية في الأهمية في الاحتفاظ بالعناصر المعدنية المغذية ولا سيّما في المناطق المدارية بالمقارنة مع المناطق المعتدلة (Temperate zones)، وستنخفض تبعاً لذلك كفاءة تحويل المادة العضوية إلى عناصر معدنية بشكلٍ كبير إذا لم تُضف المادة العضوية بشكلٍ مستمر إلى التربة. إنّ معدّل معدنة المادة العضوية في ترب المناطق المدارية أسرع بنحو خمس مرات بالمقارنة مع ترب البيئات المعتدلة، وتُسرّع عمليات الحراثة من تحول المادة العضوية المخزونة في التربة إلى عناصر معدنية مغذية، ما يؤدي إلى تحرير الآزوت الذي يمكن أن يمتص من قبل جذور النباتات، ما قد يؤدي خلال السنوات الأولى من استثمار الأرض إلى زيادة إنتاجية الأنواع النباتية المزروعة، ولكن عندما تُفلح التربة، وتكون ظروف التربة البيئية مناسبة لزيادة معدّل تحلل المادة العضوية (حرارة مرتفعة، ورطوبة عالية، وتهوية جيدة)، وفي حال تبوير التربة وغياب الغطاء النباتي، فإنّ مخزون التربة من الآزوت المعدني (NO_3^-) يمكن أن يُفقد بالغسل العميق إلى أغوار التربة، ويصبح غير متاح للنباتات. وحالما تُستهلك، وتُستنفد المادة العضوية، فسوف يتوقف تحرير الآزوت، وتتردى إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة. تُعد التربة مستنفدة عندما تفتقر للمكون الذي لا غنى عنه (المادة العضوية). لوحظ أنّه عندما أضيفت كمية من السماد العضوي (Manure) تقدر بنحو 22 طن/هكتار/سنة خلال الفترة من عام 1930 إلى 1980، فقد حصلت زيادة طفيفة جداً في محتوى التربة من المادة العضوية قدرت بنحو 1.9 % إلى 2.1 %، وذلك في بعض الترب في شمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية (مناخ معتدل)، ما يُشير إلى صعوبة زيادة محتوى التربة من المادة العضوية المفقودة منها بعمليات الفلاحة المتكررة (Debele, 2020).

بيّنت نتائج تجربة حقلية نفذت في محطة بحوث جلين، بمحافظة درعا، في سورية خلال الموسمين الزراعيين 2008-2009/2009-2010، أنّ متوسط محتوى التربة من المادة العضوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (0.9183 %) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (0.7129 %)، وتناقص بشكلٍ معنوي وطردي مع زيادة عمق قطاع التربة، وهذا شيءٌ طبيعي، لأنّ المادة العضوية عادةً ما تتركز ضمن طبقات التربة السطحية. ولوحظ أنّ محتوى التربة من عنصري الفوسفور والبوتاسيوم كان الأعلى معنوياً عند العمق (40 - 55 سم) (7.942، 379.6 مغ . كغ$^{-1}$ تربة على التوالي)، وسلك عنصر الآزوت سلوكاً معاكساً تماماً (قنبر، 2011).

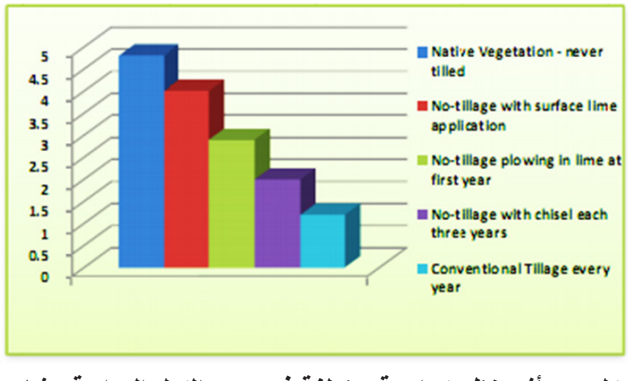
نُفذت تجربة حقلية، في مركز بحوث القامشلي (هيمو)، بمحافظة الحسكة، في سورية، خلال الموسمين الزراعيين 2012-2013/2013-2014، بهدف تقييم أداء صنف القمح القاسي (شام$_9$) ضمن ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وبتطبيق الدورة الزراعية مع محصول العدس بالمقارنة مع غياب الدورة الزراعية. بيّنت النتائج أنّ متوسط محتوى التربة من المادة العضوية كان أعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (1.219 %) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (1.167 %) (عثمان، 2015).

بيّنـت نتائـج تجربـة حقليـة نُفـذت فـي محطـة بحـوث إزرع التابعـة لمنظمـة أكسـاد، بمحافظـة درعـا، فـي سـورية، خـلال الموسـمين الزراعييـن 2011-2012/2012-2013، أنّ متوسـط محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة كان الأعلـى معنويـاً خـلال الموسـم الزراعـي الثانـي الأكثـر هطـولاً، تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، بوجـود الـدورة الزراعيـة، فـي حـال تـرك 100، 50، و75 % مـن البقايـا النباتيـة، وعنـد العمـق الأوّل (0 - 20 سـم) (1.060، 1.053، 1.047% علـى التوالـي)، فـي حيـن كان الأدنـى معنويـاً خـلال الموسـم الزراعـي الأوّل، تحـت ظـروف الزراعـة التقليديـة، بغيـاب الـدورة الزراعيـة، بـدون بقايـا نباتيـة، عنـد العمـق الثالـث (40 - 60 سـم) (0.4167%) (قنبـر، 2015). أظهـرت دراسـة فـي ايـكاردا أنّ تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة (CA) مـن خـلال تـرك بقايـا المحصـول السـابق، وإتبـاع دورة زراعيـة مناسـبة، تتضمـن محصـولاً بقوليـاً (العـدس)، قـد أدّى إلـى تحسـين محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة (Blair *et al.*, 2006).

بيّنـت إحـدى الدراسـات المنفـذة فـي موقـع Dawson Creek فـي كنـدا أنّ زراعـة الشـعير لعشـر سـنوات متتاليـة تحـت نظـام الزراعـة الحافظـة قـد أدّت إلـى زيـادة محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة بنحـو 2.5 % علـى عمـق قرابـة (0 - 10 سـم)، ولوحـظ أيضـاً زيـادة طفيفـة فـي محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة علـى عمـق أكبـر (10 - 25 سـم) بالمقارنـة مـع نظـام الزراعـة التقليديـة (Arshad and Dobb, 1991). كان محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة الأعلـى معنويـاً خـلال الموسـم الزراعـي الثانـي (0.5229 %)، بالمقارنـة مـع الموسـم الزراعـي الأول (0.4748 %)، وكان الأعلـى معنويـاً تحـت نظـام الزراعـة الحافظـة (0.5988 %)، بالمقارنـة مـع نظـام الزراعـة التقليديـة (0.3990 %)، وفـي القطـع التجريبيـة التـي طُبقـت فيهـا الـدورة الزراعيـة (0.5454 %)، بالمقارنـة مـع القطـع التجريبيـة التـي لـم تُطبـق فيهـا الـدورة الزراعيـة (0.4523 %)، وكان الأعلـى معنويـاً فـي حـال تـرك كامـل البقايـا النباتيـة للمحصـول السـابق (0.5946 %)، بالمقارنـة مـع زراعـة محصـول التغطيـة الأخضـر (0.4031 %) (عثمـان، 2020). عمومـاً، يُسـاعد تـرك بقايـا المحصـول فـوق سـطح التربـة فـي تحللهـا وتحولهـا إلـى مـادةٍ عضويـة، ويتناسـب مقـدار الزيـادة فـي محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة طـرداً مـع كميـة الكتلـة الحيـة الناتجـة وكميـة بقايـا المحصـول المتروكـة فـوق سـطح التربـة، بالإضافـة إلـى أهميـة عـدم الفلاحـة فـي تقليـل معـدّل تحلـل (أكسـدة) المـادة العضويـة، ويُسـاعد أيضـاً تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة فـي زيـادة كميـة الكتلـة الحيـة المتشـكلة، التـي يمكـن تركهـا فـوق سـطح التربـة.

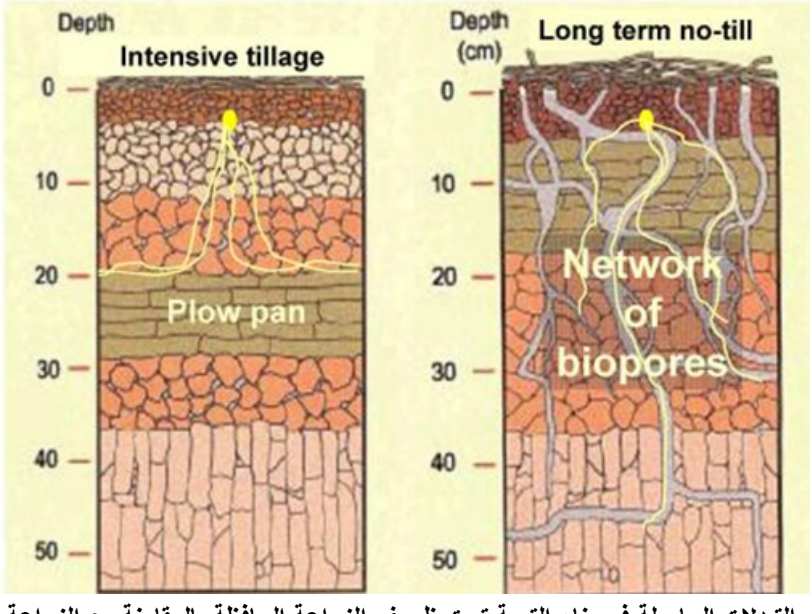
6.5. تأثير الزراعة الحافظة في خصائص التربة الفيزيائية:

يُـؤدي تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة إلـى زيـادة معـدّلات رشـح الميـاه، مـا يـؤدي إلـى الحـد وبشـكلٍ كبيـر مـن فقـد الميـاه بالجريـان السـطحي وانجـراف التربـة، ويـؤدي إلـى زيـادة محتـوى التربـة المائـي، وضبـط درجـة حـرارة التربـة، والمحافظـة علـى ثبـات الكتـل الترابيـة، وتزيـد أيضـاً كثافـة التربـة (Chakraborty and Mistri, 2017) (الشـكل، 3).



الشكل 3. تأثير نظم زراعية مختلفة في حجم الكتل الترابية وثباتيتها.

تؤدي هذه الخصائص مجتمعةً إلى زيادة غلّة الأنواع المحصولية بشكلٍ معنوي بالمقارنة مع نظم الزراعة التقليدية. تزيد الزراعة الحافظة من مسامية التربة، وتخفض من الكتلة الحجمية للطبقة السطحية من التربة التي تُساعد على انتشار الجذور وتفرعها، وزيادة حركة المياه في التربة، وإعادة دورة المغذيات وبالتالي خصوبتها بزيادة محتواها من المادة العضوية (Debele, 2020) (الشكل، 4).



الشكل 4. التبدلات الحاصلة في بناء التربة تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية.

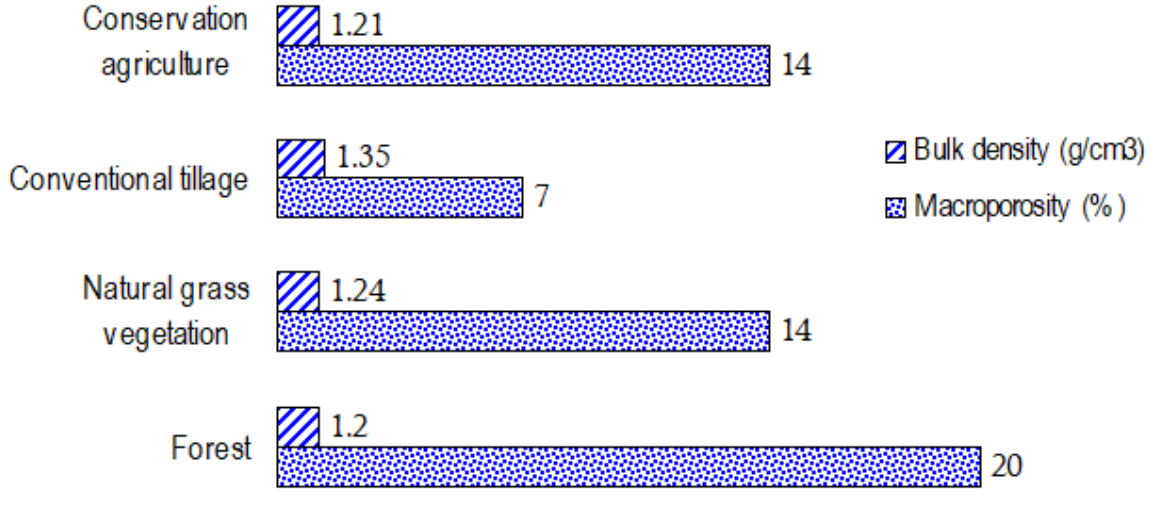
إنّ ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة مع وجود الجذور السطحية الكثيفة يُقلّل من انضغاط التربة بنحو 65 % على الأقل بالمقارنة مع الحقول الخالية من هذه المواد، ولكن لم يجدْ بعض الباحثين (Arshad and Heinoner, 1991 ؛ Coy, 1993) أي تأثير للزراعة الحافظة في الكثافة الظاهرية للتربة، أو ازدياداً في درجة انضغاط طبقات التربة تحت السطحية، في حين بيّن باحثون آخرون حدوث ازديادٍ في انضغاط طبقات التربة تحت نظام الزراعة الحافظة على المدى القصير (Maule, 1992؛ Stobbe, 1990).

وجد الباحثان Arshad and Dobb (1991) أنّه بعد مضي عشر سنوات على تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA)، فإنّ التربة كانت أكثر انضغاطاً عند العمق (0 - 10 سم)، ولكنّها كانت أقل انضغاطاً عند العمق (10 - 30 سم)، ولاحظا حدوث تحسُّن ملموس في بناء التربة، حيث تشكّلت كتل ترابية نسبياً أكبر، وتحسَّن عمق قطاع التربة بعد ازدياد محتوى التربة من المادة العضوية. بيّنت دراسة في شمال غرب الصين لقياس الكثافة الظاهرية للتربة قبل الزراعة وبعد الحصاد، وبوجود دورة زراعية المناسبة (قمح - بازلاء). وبوجود ثلاث معاملات: (T) فلاحة تقليدية، (NT) بدون فلاحة مع إزالة كامل البقايا النباتية، (NTS) بدون فلاحة مع ترك البقايا النباتية. تبيّن أنّ متوسط الكثافة الظاهرية بوجود الدورة الزراعية قبل الزراعة كانت منخفضة لدى معاملة (T)، ومرتفعة نسبياً لدى المعاملتين (NTS)، و(NT) (0.975، 1.110، 1.139 غ. سم$^{-3}$ على التوالي)، في حين كان متوسط الكثافة الظاهرية بعد الحصاد أقل لدى معاملة (NTS)، ومرتفعة لدى المعاملتين (NT)، و(T) (1.233، 1.284، 1.296 غ. سم$^{-3}$ على التوالي) (Luoe *et al.*, 2005).

بيّنت نتائج تجربة حقلية، نُفذت في محطة بحوث إزرع التابعة لمنظمة أكساد، بمحافظة درعا، في سورية، خلال موسمين زراعيين (2011-2012/2012-2013)، أنّ متوسط الكثافة الظاهرية للتربة كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة التقليدية، بوجود الدورة الزراعية، بدون بقايا نباتية،

وعند العمق الثالث (40 - 60 سم) (1.041غ. سم$^{-3}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، بغياب الدورة الزراعية، في حال ترك فقط 50 % من بقايا المحصول السابق، عند العمق الأوّل (0 - 20 سم) (0.8400 غ. سم$^{-3}$) (قنبر، 2015).

لوحظ في تجربةٍ أخرى وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في متوسط الكثافة الظاهرية للتربة بين موسمي الزراعة حيث كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول (1.3661 غ . سم$^{-3}$)، بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني (0.9644 غ . سم$^{-3}$)، وكان متوسط الكثافة الظاهرية الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة التقليدية (1.2250 غ . سم$^{-3}$)، بالمقارنة مع نظام الزراعة الحافظة (1.1056 غ . سم$^{-3}$). وكان متوسط الكثافة الظاهرية للتربة معنوياً أعلى في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (1.1921 غ . سم$^{-3}$)، بالمقارنة مع القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية (1.1384 غ . سم$^{-3}$). وكان الأعلى معنوياً في حال زراعة محصول التغطية الأخضر (1.1811 غ . سم$^{-3}$)، بالمقارنة مع ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق (1.1494 غ . سم$^{-3}$). كان متوسط الكثافة الظاهرية للتربة الأعلى معنوياً عند العمق الثاني (20 - 40 سم) (1.1827 غ . سم$^{-3}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند العمق الأوّل (0-20 سم) (1.1478 غ . سم$^{-3}$) (عثمان، 2020). كان التوصيل المائي المشبع للتربة الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني (0.02419 سم . سا$^{-1}$)، بالمقارنة مع الموسم الزراعي الأوّل (0.02142 سم.سا$^{-1}$). ويُلاحظ أنّ التوصيل المائي المشبع للتربة كان معنوياً أعلى تحت نظام الزراعة الحافظة (0.02812 سم . سا$^{-1}$)، بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (0.01748 سم . سا$^{-1}$). كان الأعلى معنوياً في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية (0.02429 سم . سا$^{-1}$)، بالمقارنة مع القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (0.02131 سم . سا$^{-1}$). كان التوصيل المائي المشبع للتربة الأعلى معنوياً عند العمق الأول (0-20 سم) (0.03448 سم . سا$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند العمق الثاني (20 - 40 سم) (0.01112 سم . سا$^{-1}$) (عثمان، 2020). يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة على المدى الطويل إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، ما يؤدي إلى زيادة مسامية التربة (Macroporosity) وكثافتها الظاهرية(Bulk density) ، بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (Conventional tillage)، وهي تحاكي في تأثيرها النظم البيئية الطبيعية (الغابات Forest)، والغطاء النباتي الطبيعي (Natural grass vegetation) (الشكل، 5).



الشكل 5. العلاقة بين الكثافة الظاهرية ومسامية التربة تحت نظم زراعية مختلفة.

7.5 . تأثير الزراعة الحافظة في خصائص التربة الحيوية

يؤدي عدم استعمال المحاريث إلى المحافظة على الأعشاش "Nests" والأنفاق (Channels) التي بنتها الكائنات الحية (ديدان الأرض)، ما يؤدي إلى زيادة أعداد الكائنات الحية في التربة ونشاطها بالمقارنة مع نظام الفلاحة التقليدية. يُساعد ترك البقايا النباتية فوق سطح التربة في نظام الزراعة الحافظة في تأمين الغذاء اللازم لحياة الكائنات الحوانية في التربة وتكاثرها (Soil fauna). يمكن القول: إنّ صحة التربة مرتبطة إلى حدٍ كبير بالنشاط الحيوي فيها، ويتحدد الأخير بكمية البقايا النباتية المتروكة فوق سطح التربة. تُساعد أيضاً الزراعة الحافظة في زيادة محتوى التربة المائي، والمحافظة على درجة حرارة مناسبة في التربة، التي تُعد من أهم المتطلبات البيئية الأرضية اللازمة لتكاثر الكائنات الحية ونشاطها فيها. استناداً إلى كل الأسباب السابقة، فعادةً ما يكون عدد ديدان الأرض، والكائنات الحية الدقيقة (الريزوبيوم Rhyzobia، والبكتريا الشعاعية Actinomicetes)، وأيضاً ازدياد الفطريات (Fungi)، والميكورايز (Mycorrhiza) (الفطريات الجذرية) أكبر في الترب التي تعتمد على نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الترب التي استمر فيها تطبيق نظام الفلاحة التقليدية، وعلى الرغم من حقيقة ازدياد معدّل استعمال مبيدات الأعشاب، ولاسيما خلال السنوات الأولى من تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلاّ أن ذلك لا يؤثر سلباً في النشاط الحيوي للتربة.

تدل زيادة كمية الكائنات الحية وتنوعها مؤشراتٍ حيويةٍ (Biological indicators) على صحة التربة تحت ظروف الزراعة الحافظة، ويُعزى انتشار الكائنات الحية وزيادة نشاطها في التربة إلى المحافظة على رطوبة التربة، وزيادة محتواها من المادة العضوية، نتيجة تغطية سطح التربة إما ببقايا المحصول السابق أو بمحاصيل التغطية الخضراء، وزيادة تنوع الكائنات الحية الدقيقة الأساسية نتيجة تنوع الدورات الزراعية في أنظمة الزراعة (Jalli *et al.*, 2021). تُؤثر إدارة التربة في الكائنات الحية الدقيقة والعمليات الحيوية في التربة نتيجة تغير نوعية البقايا النباتية المُضافة الى التربة وكميتها، وتوزيعها الزماني والمكاني، والنسبة بين مدخلات الإنتاج الزراعي فوق سطح التربة وأسفلها، والتغييرات التي تطرأ على العناصر المعدنية المُضافة (Kandeler *et al.*, 1999). وجد (Spedding *et al*., 2004) أنّ إدارة البقايا النباتية لها تأثير أكبر من أنظمة الفلاحة في الصفات الميكروبية، وكانت أعلى نسبة من الكائنات الحية الدقيقة، ومن الكربون، والآزوت في القطع التي تُركت فيها البقايا النباتية بالمقارنة مع القطع التي أُزيلت منها البقايا النباتية، على الرغم من أنّ الاختلافات كانت فقط على عمق 0-10 سم. أشار (Wen Qing *et al.*, 2011) إلى أنّ محتوى التربة من المادة العضوية، والكتلة الحيوية للكربون والآزوت، والنشاط الأنزيمي كانت أعلى في الطبقات السطحية من التربة تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية.

تُعد ديدان الأرض من الكائنات الحيوانية المهمة في التربة التي تؤدي دوراً مهماً في زيادة خصوبة التربة، وتُساعد الأنفاق التي تبنيها في تحسين تهوية التربة ورشح المياه إلى باطنها. يتأثر أعداد ديدان الأرض بعمليات الفلاحة، حيث كان عددها أكبر في الترب غير المفلوحة بالمقارنة مع الترب المفلوحة (Rasmussen, 1999). بيّنت دراسة أُجريت على مدار ست سنوات متتالية في ولاية ميريلاند الأمريكية، بمنطقة Piedmont زيادة أعداد ديدان الأرض بشكلٍ كبير في الأراضي غير المفلوحة بالمقارنة مع الأراضي المفلوحة، حيث يؤدي عدم استعمال المحاريث إلى المحافظة على الأعشاش والقنوات التي بنتها الكائنات الحية الدقيقة، ما يؤدي إلى زيادة أعداد الكائنات الحية في التربة ونشاطها بالمقارنة مع نظام الفلاحة التقليدية (مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربي، 2010). أشارت دراسة أخرى أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA) قد أدّى إلى زيادة أعداد الكائنات الحية الدقيقة المفيدة وأعداد الفقاريات واللافقاريات في التربة، نتيجة توفير الغذاء والرطوبة ودرجات الحرارة المناسبة لتكاثرها (Montero *et al.*, 2004)، الأمر الذي أدّى إلى

زيـادة فـرص التـوازن الحيـوي وزيـادة الأعـداء الحيويـة ضـد الآفـات، مـا قلّـل مـن الحاجـة لاسـتعمال المبيـدات الكيميائيـة فـي مكافحـة الآفـات الزراعيـة (Anonymous, 2006؛ Wolfe, 2000؛ Pretty, 2000).

أشـار Ball (2010) أنّ النشـاط الحيـوي فـي التربـة كان مرتفعـاً علـى الرغـم مـن اسـتعمال المبيـدات للقضـاء علـى الأعشـاب الضّـارة تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، وهـذا دليـل علـى صحـة التربـة (الصـورة، 11).

الصورة 11. يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى تحسين صحة التربة والنشاط الحيوي فيها.

8.5. تأثير نظم الفلاحة و الدورات الزراعية في محتوى التربة من الآزوت والكربون العضويين:

يـؤدي كل مـن كربـون وآزوت التربـة العضويـين (SOC) and (SON) دوراً مهمـاً فـي المحافظـة علـى نوعيـة التربـة، وتحسـين إنتاجيـة الأنـواع المحصوليـة المزروعـة، وحمايـة البيئـة، حيـث تـؤدي زيـادة محتـوى التربـة مـن الآزوت والكربـون إلـى تحسـين قـدرة التربـة علـى الاحتفـاظ بالمـاء، وتهويـة التربـة، وتدويـر العناصـر المغذيـة، ونمو جـذور النباتـات (Ankenbauer and Loheide, 2016). يمكـن أن تُسـهم عمليـات فقـد الآزوت والكربـون مـن التربـة إلـى الغـلاف الجـوي علـى هيئـة غـازات فـي زيـادة ظاهـرة الاحتبـاس الحـراري. يمكـن أن تكـون أيضـاً التربـة مصبـاً طبيعيـاً (Natural sink) مـن خـلال احتجـاز غـاز الفحـم الجـوي (CO_2) مـن خـلال عمليـات الإدارة المناسـبة لـلأرض والمحصـول، مقللـةً بذلـك مـن تركيـز غـاز الفحـم الجـوي (Chandregowda *et al.*, 2022). بيّنـت العديـد مـن الدراسـات إمكانيـة زيـادة مخـزون التربـة مـن الآزوت والكربـون العضويـين (SOC, SON) مـن خـلال تطبيـق بعـض الممارسـات الزراعيـة الحافظـة المتعلقـة بـالأرض والمحصـول علـى المـدى البعيـد (أكثـر مـن عشـر سـنوات)، مثـل اعتمـاد نظـام الزراعـة الحافظـة، والـدورات الزراعيـة (Chen *et al.*, 2018). بشـكلٍ معاكـس، فـإنّ الفلاحـة المكثفـة يمكـن أن تُقلـل مخـزون التربـة مـن الآزوت والكربـون العضويـين، لأنّهـا تطمـر وتخلـط بقايـا المحصـول فـي التربـة، وتُقلـل مـن تماسـك التربـة، وتزيـد مـن تهويتهـا (Salem *et al.*, 2020). علـى كل حـال، فـإنّ تأثيـرات عمليـات إدارة الأرض والمحصـول القصيـرة الأجـل (< 10 سـنوات) فـي التبـدلات الحاصلـة فـي محتـوى التربـة مـن الكربـون والآزوت عـادةً مـا تكـون معقـدة ومتباينـة. لوحـظ بعـد تحليـل مجموعـة كبيـرة جـداً مـن البيانـات علـى مسـتوى العالـم، اسـتنتج الباحثـان Minansy and McBratney (2017) ازديـاد الكربـون المحتجـز فـي التربـة نتيجـة تطبيـق الزراعـة بـدون فلاحـة No-tillage (NT)، ولكـن لـم تحـدث مثـل هـذه الاسـتجابة قبـل 5-10 سـنوات علـى تطبيـق تقانـة الزراعـة بـدون فلاحـة. تعتمـد تأثيـرات الممارسـات الزراعيـة، وعمليـات إدارة الأرض والمحصـول علـى التبـدلات التـي يمكـن أن تطـرأ علـى محتـوى التربـة مـن الكربـون والآزوت بشـكلٍ جزئـي علـى خصائـص التربـة، والعوامـل البيئيـة السـائدة، مثـل بنـاء التربـة، وطبوغرافيـة الأرض Topography، والمنـاخ، لذلـك تُسـاعد عمليـة فهـم تأثيـرات الممارسـات الزراعيـة فـي محتـوى التربـة مـن الكربـون (SOC)، والآزوت (SON) للتـرب الرئيسـة فـي منطقـة إنتـاج ذات طبقـات بيئيـة محـددة، فـي تحديـد أفضـل الممارسـات الزراعيـة لتحسـين محتـوى التربـة مـن هذيـن المكونيـن المهميـن فـي تحديـد نوعيـة التربـة. يمكـن أن تـؤدي نظـم الفلاحـة،

وطرائق إدارة بقايا المحصول دوراً مهماً في تعويض الآزوت والكربون في التربة، ولكن عادةً ما تحتوي المواد النباتية على تنوع كبير من المركبات الآزوتية و الكربونية C and N compounds، التي لها معدّلات تحلل مختلفة تتأثر بالعديد من عوامل التربة.

يُساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة بدلاً من نظام الفلاحات العميقة التقليدية السنوية في تحسين نوعية التربة واحتجاز الكربون العضوي في التربة، والحد تبعاً لذلك من استفحال ظاهرة الاحتباس الحراري (Franzluebbers, 2002; Debele, 2020)، نتيجة عدم فلاحة التربة وترك بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة (Mrabet *et al.*, 2001b). أظهرت نتائج تجارب نُفذتْ في إقليم Wagga في البرازيل مدّة أكثر من 20 عاماً بأنّ معدّل الفقد في الكربون كان 400 كغ. هكتار$^{-1}$. سنة$^{-1}$ تحت ظروف الزراعة التقليدية بالمقارنة مع عدم فلاحة التربة وترك بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة في نظام الزراعة الحافظة (CA) (Heenan *et al.*, 2004). تُخفف الزراعة بدون فلاحة من سرعة الأكسدة غير الضرورية للمادة العضوية إلى غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) التي تكون متزايدة في الزراعة التقليدية، نتيجة عمليات الفلاحة المتكررة (Six *et al.*, 2002).

بيّن (Nelson *et al.*, 2009) أنّ معدّل تحول الكربون العضوي إلى غاز ثنائي أكسيد الكربون كان أبطأ بنحو 1.5 مرة تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية.

أدّت الدورة الزراعية تحت ظروف الزراعة بدون فلاحة إلى تراكم 11 طن. هكتار$^{-1}$ من الكربون بعد 9 سنوات من تطبيق نظام الزراعة الحافظة (Baker *et al.*, 2007)، بينما كان معدّل غاز ثنائي أكسيد الكربون المنطلق إلى الغلاف الجوي تحت ظروف الزراعة التقليدية وبدون تطبيق الدورة الزراعية قرابة 1.8 طن. هكتار$^{-1}$. سنة$^{-1}$ (FAO, 2001). تؤثر عملية الفلاحة في توزيع الكربون العضوي في التربة، حيث يكون محتوى التربة من الكربون العضوي أعلى في الطبقات السطحية من التربة تحت ظروف الزراعة الحافظة، في حين يكون أعلى في الطبقات العميقة من التربة في القطع المفلوحة نتيجة قلب بقايا المحصول السابق وطمرها (Jantalia *et al.*, 2007). تُعد البقايا النباتية المتروكة فوق سطح التربة المصدر الأساسي للكربون العضوي، حيث يزداد محتوى التربة من الكربون العضوي مع زيادة كمية البقايا النباتية المتروكة (Dolan *et al.*, 2006). يؤثر تعاقب المحاصيل في الدورة الزراعية في محتوى التربة من الكربون العضوي، وذلك بتغيير نوعية المادة العضوية المُضافة وكميتها (Govaerts *et al.*, 2009a).

وجد (McCarty *et al.*, 1998) زيادة في الكربون العضوي في الطبقة السطحية للتربة تحت ظروف الزراعة الحافظة خلال السنوات الثلاث الأولى من التحول من نظام الزراعة التقليدية (CT) إلى نظام الزراعة الحافظة (CA)، بسبب تراكم البقايا النباتية وتقليل انبعاث غاز ثنائي أوكسيد الكربون(CO_2) (López-Bellido *et al.*, 2010). ازداد في إسبانيا محتوى التربة من الكربون العضوي بنحو 13 % في الزراعة بدون فلاحة على عمق 0 - 30 سم (López-Fando *et al.*, 2007). بيّن Mrabet (2008) أنّه في المناطق شبه الجافة في المغرب كان معدّل الكربون والآزوت المتراكمين في التربة معنوياً أعلى بعد 4 - 13 سنة من تطبيق نظام الزراعة الحافظة.

نُفذت تجربتان لتقويم التأثيرات الناجمة عن تطبيق نظم فلاحة مختلفة في محتوى التربة من الكربون والآزوت العضوي (SOC, SON) وكمية مدخلات كل من الآزوت والكربون الموجودة في البقايا النباتية، وغلّة الدورة الزراعية المحصولية للذرة الصفراء وفول الصويا على مناطق مختلفة من ولاية Iowa الأمريكية. تكونت التجربة الأولى من معاملتين، هما الزراعة بدون فلاحة No-tillage (NT)، وباستخدام المحراث الحفار (CP) Chisel plow ابتدأت من عام 1994. وتكونت التجربة الثانية من الزراعة بدون فلاحة، والفلاحة الشريطية

Strip-tillage (ST)، والمحراث الحفّار (CP)، والمخترق العميق deep-rip (DR)، ومعاملة الفلاحة باستخدام المحراث القلاب Moldboard-plow (MP)، ابتدأت في عام 1998. لوحظ زيادات معنوية في محتوى التربة من الكربون العضوي (SOC) مقدارها 17.3، 19.5، 6.1 و19.3% في أربعة مواقع تجريبية مختلفة، في نهاية سبع سنوات من تطبيق نظام الزراعة بدون فلاحة بالمقارنة مع CP على عمق 15سم من التربة، وباعتماد دورة زراعية من نوع ذرة صفراء- صويا. تمخض عن تطبيق نظامي الزراعة بدون فلاحة (NT)، والفلاحة الشريطية (ST)، عن زيادة في محتوى التربة العضوي مقدارها 14.7، و11.4% على التوالي، بالمقارنة مع معاملة استخدام المحراث القلاب (MP) بعد ثلاث سنوات. لوحظ تفوق نظامي الفلاحة NT و ST بالمقارنة مع CP وMP في زيادة محتوى التربة من الكربون العضوي (SOC) والآزوت العضوي (SON) على عمق 15سم ضمن المدى القصير (Mahdi *et al.*, 2005). من المعروف أنّ استخدام المحراث الحفار يسبب خلخلة وخلط، وقلب أكبر لبقايا المحصول في التربة، ما يؤدي إلى زيادة معدّل تحلل بقايا المحصول بالمقارنة مع نظام عدم الفلاحة (NT)، لذلك يمكن أن يُعزى المحتوى الأعلى من الآزوت والكربون العضوي (SOC, SON) في معاملة الزراعة بدون فلاحة بالمقارنة مع CP على عمق 0 - 15 سم إلى التحلل الأبطأ لبقايا المحصول السابق على سطح التربة وتراجع تماس البقايا النباتية مع الكائنات الحية الدقيقة في التربة (Diop *et al.*, 2022). تُسبب أيضاً الزراعة بدون فلاحة تراجعاً في معدّل تحول المادة العضوية إلى عناصر معدنية، بسبب الظروف الأبرد والأكثر رطوبة، وتراجع تهوية التربة، والتعرض الأقل لأجزاء الكربون العضوي ضمن الكتل الترابية (Ankenbauer and Loheide, 2016). بالإضافة إلى ذلك، تُقلل الزراعة بدون فلاحة من انجراف التربة، مقللةً بذلك من فقد الكربون العضوي، ولكن بالمقابل وبشكلٍ معاكس، فإنّ قلب بقايا المحصول في التربة عند فلاحتها بالمحراث الحفار (CP) يمكن أن يُسرّع من عملية تحليل بقايا المحصول، مقللاً من محتوى التربة من الآزوت والكربون العضوي. إذا ما زادت كمية الكربون الداخلة إلى التربة على كمية الكربون المفقودة منها، فإنّ محتوى التربة من الكربون العضوي (SOC) سوف يزداد، وينتج بشكلٍ عام ازدياد محتوى التربة من الكربون العضوي من تحسين النظم الزراعية، والعمل على زيادة كمية بقايا المحصول المنتجة، ودرجة تغطية بقايا المحصول لسطح التربة، والاستعمال الفعّال لمدخلات الإنتاج، مثل الآزوت والماء (Kakoulas *et al.*, 2022). يُساعد تبني هذه الممارسات في تحسين كمية الكربون العضوي المحتجزة في التربة، ما يُحسّن من كفاءة حفظ التربة، ومحتوى التربة المائي، ويُقلل من التأثيرات الناجمة عن انبعاث غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) إلى الغلاف الجوي، وما يتمخض عنها من ارتفاع في درجات الحرارة (Surendra and Awais, 2019). تُعد بشكلٍ عام البقايا النباتية (الجذور، والأجزاء الهوائية) المصدر الأساسي للكربون الداخل إلى التربة، أما المصدر المحتمل للكربون المنبعث من التربة فهو من تنفس الكائنات الحية الدقيقة، وتحلل المادة العضوية، والبقايا النباتية، ورشح لكربون الذوّاب، ونقل الكربون العضوي أثناء انجراف التربة أو مع التربة المنجرفة (Dumbrovsky *et al.*, 2019). يُساعد بشكلٍ عام، وجود كمية أعلى من المادة العضوية في التربة على تحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتزيد من النشاط الحيوي في التربة، وتُقلل من فقد النترات بالرشح، وإبقاء مبيدات الآفات المُضافة والحيلولة دون ضياعها (Bhadha *et al.*, 2017).

تُعرّف صحة التربة بأنّها قدرة التربة على العمل كنظام حيّ يُحافظ على إنتاجية النبات والحيوان، ويُحافظ على جودة المياه والهواء أو يُحسنهما، ويُعزز صحة النبات والحيوان. تُعد صحة التربة ضرورية لكفاءة استعمال النباتات لمدخلات الإنتاج الطبيعية والخارجية، كما أنّها تُعزز قدرة نباتات المحاصيل الحقلية المعرّضة للإجهادات الأحيائية (Biotic stress)، واللاأحيائية (Abiotic stress) المتزايدة بفعل تغير المناخ

على البقاء على قيد الحياة (Doran and Zeiss, 2000). كي تُعد التربة الزراعية بصحةٍ جيدة، ينبغي أن تُدار الكائنات الحية في التربة بطرائق تتيح للتربة دعم تنمية جذور سليمة والنمو الجيد للنباتات، وتقديم معظم خدمات النظام البيئي التي بوسعها توفيرها وهي في حالتها الطبيعية. تدمر الزراعة التقليدية المعتمدة على الفلاحة المكثفة بنية التربة، من خلال تفتيت الكتل الترابية، وتخفيض محتواها من المادة العضوية، وتقليل المسامية، ما تؤثر سلباً في محتوى التربة المائي، وتعطيل وظائف التربة ورشح المغذيات والاحتفاظ بها (Kassam *et al.*, 2009). يُعزز عدد من الممارسات الزراعية الجيدة صحة التربة ويُحسّن خصوبتها ويزيد إنتاجية المحاصيل، ويضمن استدامتها على المدى الطويل، وتشمل هذه الممارسات الاستخدام المتوازن للعناصر المعدنية المغذية والأسمدة العضوية، وتطبيق الممارسات الزراعية التي تُحافظ على الموارد الطبيعية، بما في ذلك الزراعة بدون حرث، واستخدام المهاد الواقي للتربة من مخلفات المحاصيل، ومحاصيل التغطية (Wang *et al.*, 2012).

كان للزراعة الحافظة في استراليا دوراً مهماً في زيادة غلّة محصول القمح، وقد ربط Bradford (2002) ازدياد غلّة القمح الحبية بتحسين خصائص التربة الفيزيائية ومحتوى التربة المائي، في حين ربط Janzen (1995) ازدياد غلّة القمح الحبية تحت نظم الزراعة الحافظة بتراجع معدّل فقد المياه من التربة وازدياد محتواها من الكربون العضوي ولاسيما في طبقات التربة السطحية، فمن المعروف أنّ نظام الدورة الزراعية يُساعد في زيادة التنوع النباتي ويحافظ على غلّة الأنواع المحصولية ويُقلل من شدّة الإصابة بالأمراض ويزيد من خصوبة التربة وتعداد الكائنات الحية فيها ونشاطها. يُسبب اتباع نظام الفلاحة التقليدية بشكلٍ مستمر تراجعاً كبيراً في محتوى التربة من المادة العضوية بغض النظر عن نظام الدورة الزراعية المتبعة (Mrabet *et al.*, 2001a). يُساعد ترك كمياتٍ كافية من بقايا المحصول فوق سطح التربة في حمايتها من الانجراف ويُحسن من محتواها من الكربون العضوي (Mrabet and Bouzza, 2000). بهدف تقليل تجفيف طبقات الترب السطحية، فقد أوصى Mrabet (1997) بضرورة ترك بين 60-80 % من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة. يمكن أن تُسهم بقايا المحصول السابق أيضاً في تحسين خصوبة التربة بعد تحلل المواد العضوية إلى عناصر معدنية مغذية، ما يُقلل بشكلٍ كبير من تكاليف إضافة الأسمدة المعدنية الآزوتية (Mrabet *et al.*, 2001b). يؤدي كل من كربون وآزوت (نتروجين) التربة العضويين (SON, SOC) دوراً مهماً في المحافظة على نوعية التربة، وتحسين إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، وحماية البيئة (Bauer and Black, 1994). حيث تؤدي زيادة محتوى التربة من الآزوت والكربون العضويين إلى تحسين مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وتهوية التربة، وإعادة تدوير العناصر المغذية، ونمو جذور النباتات (Sainjn and Goat, 1990).

يمكن أن تُسهم عمليات فقد الآزوت والكربون من التربة إلى الغلاف الجوي على هيئة غازات في زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري (Reicosky, 1997a,b). بيّنت العديد من الدراسات إمكانية زيادة مخزون التربة من الآزوت والكربون العضويين من خلال تطبيق بعض الممارسات الزراعية الحافظة المتعلقة بالأرض والمحصول على المدى البعيد (أكثر من عشر سنوات)، مثل اعتماد نظام الزراعة الحافظة (Halvorson *et al.*, 2002)، والدورات الزراعية (Jalli *et al.*, 2020). وبشكلٍ معاكس، فإنّ الفلاحة المكثفة يمكن أن تُقلل مخزون التربة من الآزوت والكربون العضويين، لأنّها تطمر وتدمج بقايا المحصول في التربة، وتُقلل من تماسكها، وتزيد من تهويتها (Norton *et al.*, 2016).

على كل حال، فإنّ تأثيرات عمليات إدارة الأرض المحاصيل القصيرة الأجل (< 10 سنوات) في التبدلات الحاصلة في محتوى التربة من الكربون والآزوت عادةً ما تكون معقدة ومتباينة. وبعد تحليل مجموعة كبيرة جداً من البيانات على مستوى العالم، استنتج الباحثان Post and West (2002) ازدياد الكربون

المحتجـز فـي التربـة نتيجـة تطبيـق الزراعـة بـدون فلاحـة (NT)، ولكـن لـم تحـدث مثـل هـذه الاسـتجابة قبـل 5-10 سـنوات علـى تطبيـق تقانـة الزراعـة بـدون فلاحـة. تتفـق هـذه النتائـج مـع النتائـج المذكـورة مـن قبـل الباحثيـن Franzluebbers and Arshad (1996) مفادهـا: أنّـه يمكـن تحقيـق زيـادة قليلـة جـداً وأحيانـا غيـر قابلـة للقيـاس فـي محتـوى التربـة مـن الكربـون خـلال الفتـرة الأولـى مـن تطبيـق تقانـة الزراعـة بـدون فلاحـة (2-5 سـنوات) ولكـن تـمّ رصـد زيـادة ملحوظـة وكبيـرة بعـد انقضـاء 5-10 سـنوات علـى التحـول مـن نظـام الزراعـة التقليديـة إلـى الزراعـة الحافظـة. عمومـاً، تعتمـد تأثيـرات الممارسـات الزراعيـة، وعمليـات إدارة الأرض والمحصـول فـي التبـدلات التـي يمكـن أن تطـرأ علـى محتـوى التربـة مـن الكربـون والآزوت بشـكلٍ جزئـي علـى خصائـص التربـة، والعوامـل البيئيـة السـائدة، مثـل بنـاء التربـة، وطبوغرافيـة (تضاؤيـس) الأرض، والمنـاخ (Campbell *et al.*, 1999)، لذلـك تُسـاعد عمليـة فهـم تأثيـرات الممارسـات الزراعيـة فـي محتـوى التربـة مـن الكربـون العضـوي (SOC)، والآزوت العضـوي (SON) للتـرب الرئيسـة فـي منطقـة إنتـاج ذات طبقـات بيئيـة محـددة، فـي تحديـد أفضـل الممارسـات الزراعيـة لتحسـين محتـوى التربـة مـن هذيـن المكونيـن المهميـن فـي تحديـد نوعيـة التربـة. يمكـن أن تـؤدي نظـم الفلاحـة، وطرائـق إدارة بقايـا المحصـول دوراً مهمـاً فـي تعويـض الآزوت والكربـون فـي التربـة، ولكـن عـادةً مـا تحتـوي المـواد النباتيـة علـى تنـوع كبيـر مـن المركبـات الآزوتيـة و الكربونيـة، التـي لهـا معـدّلات تحلـل مختلفـة تتأثـر بالعديـد مـن عوامـل التربـة. تبعـاً لذلـك، يمكـن أن تُسـبب التبـدلات فـي رطوبـة التربـة والحـرارة، ومحتواهـا مـن الأوكسـجين وعوامـل التربـة الأخـرى زيـادةً فـي معـدّلات تحلـل البقايـا النباتيـة، ومعـدّل تحـول المـادة العضويـة فـي التربـة إلـى عناصـر معدنيـة (Ajwa and Tabatbai, 1994).

يُسـاعد تبنـي هـذه الممارسـات فـي تحسـين كميـة الكربـون العضـوي المحتجـزة فـي التربـة، ممـا يُحسّـن مـن كفـاءة حفـظ التربـة، ومحتـوى التربـة المائـي، ويُقلـل مـن التأثيـرات الناجمـة عـن انبعاثـات غـاز الفحـم إلـى الغـلاف الجـوي، ومـا يتمخـض عنهـا مـن ارتفـاع فـي درجـات الحـرارة. تُعـد بشـكلٍ عـام البقايـا النباتيـة (الجـذور، والأجـزاء الهوائيـة) المصـدر الأساسـي للكربـون الداخـل إلـى التربـة، أمّـا المصـدر المحتمـل للكربـون المنبعـث مـن التربـة فهـو تنفـس الكائنـات الحيـة الدقيقـة، وتحلـل المـادة العضويـة، والبقايـا النباتيـة، ورشـح الكربون الـذوّاب، ونقل الكربـون العضـوي أثنـاء انجـراف التربـة أو مـع التربـة. ويُسـاعد بشـكلٍ عـام، وجـود كميـة أعلـى مـن المـادة العضويـة فـي التربـة علـى تحسـين قـدرة التربـة علـى الاحتفـاظ بالمـاء، وتزيـد مـن النشـاط الحيـوي فـي التربـة وتقلـل مـن فقـد النتـرات بالرشـح، وإبقـاء مبيـدات الآفـات المُضافـة، والحيلولـة دون ضياعهـا.

تـؤدي بشـكلٍ عـام فلاحـة التربـة بشـكل متكـرر، وحـرق بقايـا المحصـول، وتجريـد التربـة مـن الغطـاء النباتـي إلـى تعريـض التربـة بشـكلٍ مباشـر لأشـعة الشـمس، ممـا يـؤدي إلـى ارتفـاع درجـة حرارتهـا وازديـاد معـدّل تحلـل المـادة العضويـة فيهـا، الأمـر الـذي يـؤدي إلـى تدهـور جميـع خصائـص التربـة الفيزيائيـة والكيميائيـة والحيويـة، لذلـك يُعـد نظـام الزراعـة الحافظـة مـن النظـم الزراعيـة الواعـدة، التـي يمكـن أن تحافـظ علـى التربـة التـي تُعـد مـن أهـم المـوارد الطبيعيـة الزراعيـة.

الفصل السادس
دور الزراعة الحافظة كتقانة مبتكرة وذكية مناخياً في ظل التغيرات المناخية
Role of Conservation Agriculture as an Innovative and Climate-smart Technology under Climate Change

تواجه البشرية في ظل التغيرات المناخية تحدياً كبيراً يتمثل في تأمين الاحتياجات الغذائية المتزايدة للنمو السكاني المتنامي مع مراعاة المحافظة على استدامة النظم البيئية الزراعية، وزيادة قدرتها على التكيف مع التغيرات المناخية، لذلك لا بدّ من البحث عن الأساليب والممارسات الزراعية التي من شأنها أن تُحسّن من القدرة التكيفية للنظم البيئية الزراعية.

يُعد القطاع الزراعي من أكثر القطاعات تأثراً بالتغيرات المناخية، نتيجة ارتفاع تركيز الملوثات الجوية ولا سيّما غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) في الغلاف الجوي، واستفحال ظاهرة الاحتباس الحراري، الأمر الذي سيؤدي إلى ازدياد معدّلات فقد المياه بالتبخر – نتح (Evapotranspiration)، والتباين في معدّلات الهطولات المطرية، وسوء توزعها خلال موسم النمو، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض غلّة المحاصيل المزروعة، ولا سيّما تحت ظروف الزراعة المطرية (Kumar *et al.*, 2017؛ Mall *et al.*, 2017).

وزيادة معدّل أكسدة الكربون العضوي في التربة، فتزداد حساسية التربة الزراعية للانجرافين الريحي والمائي، بسبب الأحداث المناخية المتطرفة (الأمطار الغزيرة جداً، والفيضانات، والأعاصير، وموجات الحرارة المرتفعة جداً، وازدياد وتيرة تكرار دورات الجفاف، والعواصف الغبارية .... إلخ)، حيث تؤدي مثل هذه التغيرات إلى تراجع خصوبة التربة، وأعداد الكائنات الحية فيها، وتعرّض النباتات إلى ظروف الإجهاد المائي (Six *et al.*, 2004؛ FAO, 2011)، لذلك يُسهم تحسين الممارسات الزراعية، وتطوير عوامل إدارة الأرض والمحصول المناسبة لكل صنف ومنطقة بيئية، وتقليل معدّلات انبعاثات غازات الدفيئة في التخفيف من التأثيرات السلبية الناجمة عن التغيرات المناخية، وتحسين مستويات التكيف Adaptation في النظم البيئية الزراعية (Bisht *et al.*, 2016).

يمكن أن يُسهم تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA) كحزمةٍ زراعيةٍ متكاملة في زيادة قدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية مع التغيرات المناخية (FAO, 2012)، وذلك من خلال الدور الذي يمكن أن تؤديه الزراعة الحافظة في تحسين محتوى التربة من الكربون العضوي، وتقليل معدّل استهلاك الوقود نتيجة إلغاء الفلاحات، ما يؤدي إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة، ويحد من تفاقم مشكلة الاحتباس الحراري العالمي (Choudhary *et al.*, 2016).

يُعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA)، الذي يعتمد في جوهره على ثلاث ركائز أساسية: عدم فلاحة التربة أو فلاحتها بالحد الأدنى، والتغطية المستمرة لسطح التربة بالبقايا النباتية أو محاصيل التغطية الخضراء، وتطبيق الدورة الزراعية المناسبة، بالإضافة إلى تحسين عوامل إدارة الأرض والمحصول (الممارسات الزراعية المُحسّنة)، مثل المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة، ولا سيّما في الحقول الموبوءة ببذور الأعشاب الضّارة، وزراعة الأنواع/الأصناف المتحملة للإجهادات اللاأحيائية (الجفاف، والحرارة المرتفعة)، وتأمين الاحتياجات الغذائية للنباتات بكمياتٍ كافية.

سبّبت التغيرات المناخية تحدياتٍ كبيرة لقطاع الإنتاج الزراعي، وستستمر هذه التحديات طالما أنّ المشكلة قائمة. تُسبب التغيرات المناخية ارتفاعاً في درجة الحرارة، وتبايناً في معدّلات الهطل المطري السنوي، وازدياداً في وتيرة تكرار دورات الجفاف وشدّته ومدّته، الأمر الذي سيؤثر سلباً في الإنتاج الزراعي العالمي،

ويهدد استقرار النظم الغذائية. ويتسبب التغير المناخي في ندرة الموارد المائية، وتلوث الهواء والمياه، وتدهور الترب الزراعية، ويتوقع أن تؤثر التغيرات المناخية سلباً في كلٍ من نظم الإنتاج النباتي والحيواني في معظم المناطق، بالرغم من حقيقة أنّ بعض الدول يمكن أن تستفيد من التغيرات الحالية في العوامل المناخية (Bai *et al.*, 2022).

يُسهم القطاع الزراعي بنسبة مهمة في انبعاث غازات الصوب الزجاجية (GHG)، تُقدّر بنحو 17 % ناجمة بشكلٍ مباشر من الأنشطة الزراعية، بالإضافة إلى قرابة 7 - 14 % نتيجة التبدلات الحاصلة في استعمالات الأراضي، وتبعاً لذلك يُشكل القطاع الزراعي جزءً من المشكلة من ناحية، وجزءً من الحل من ناحيةٍ أخرى. من أهم المصادر المباشرة لانبعاثات غازات الدفيئة في الزراعة هي أكاسيد الآزوت من التربة، والأسمدة المعدنية (الأسمدة الآزوتية)، ومخلفات الحيوانات (الصلبة، والسائلة)، وغاز الميثان الناتج من الحيوانات المجترة، ومن حقول الرز المغمور. تمتلك هذه الغازات تأثيراً في تسخين الغلاف الجوي أعلى من تأثير غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) (Chandregowda *et al.*, 2022).

1.6. مالذي يتوجب فعله على مستوى أصحاب القرار في القطاع الزراعي؟

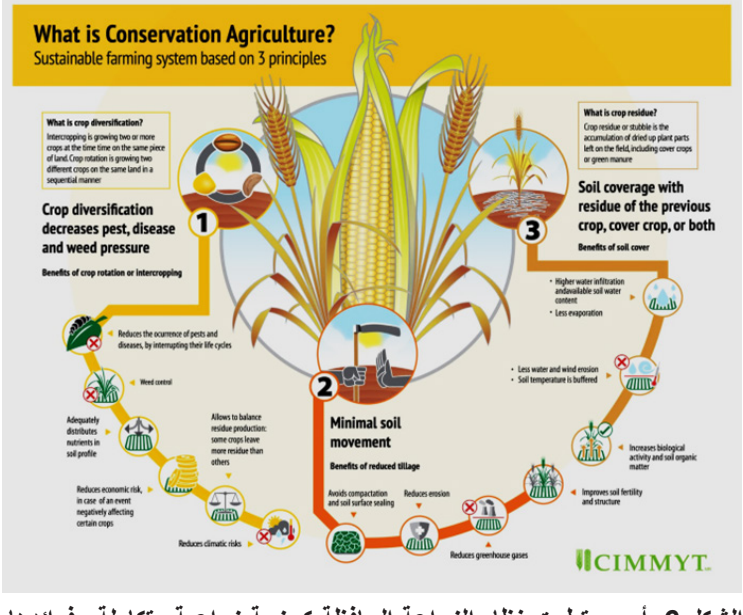
1. **العمل على إصلاح السياسات الزراعية:** لا بدّ من العمل على إصلاح السياسات الزراعية التي تتنافى مع التكثيف الزراعي المستدام والاستعمال المفرط للموارد الزراعية (التربة، والمياه)، والحد ما أمكن من الاستعمال المفرط لمدخلات الإنتاج الزراعي الكيميائية (الأسمدة المعدنية، والمبيدات)، التي تُلحق الضرر بالموارد الزراعية.
2. **لا بدّ من زيادة حجم الاستثمار في تنفيذ البحوث ومشاريع التنمية الزراعية:** التي تتماشى مع مفهوم التنمية الزراعية المستدامة، وتسهيل مساهمة القطاع الخاص في توصيف وتحديد العوامل المعيقة للمشاريع البحثية والتنموية، وتشجيع الشراكة بين القطاع الخاص والحكومي لتنفيذ المشاريع التنموية التي تنعكس مخرجاتها على المجتمعات الريفية.
3. **يجب أن تركز السياسات الخاصة بالتغيرات المناخية** على تقديم العوامل المحفزة للمزارعين وتفعيل أنظمة نقل المعرفة والتكنولوجيا لزيادة كفاءة المزارعين على تحقيق زيادة في إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة على أسسٍ مستدامة من خلال تطبيق الممارسات الزراعية التي تُحسن من عوامل التخفيف (Mitigation)، وتزيد من عوامل التكيف (Adaptation) مع التغيرات المناخية، وتقديم التسهيلات الفنية والمساعدات المالية للمزارعين لتشجيعهم على تطبيق الممارسات الزراعية التي تُقلل من وطأة التغيرات المناخية.
4. يتوجب على الحكومة أن تتكفل بتقديم ونشر المعلومات والتقانات الحديثة الخاصة بتحسين كفاءة استعمال الموارد الزراعية، وسبل إدارة المخاطر لمساعدة المزارعين والعاملين في القطاع الخاص على التطبيق العلمي السليم للممارسات الخاصة بالتخفيف والتكيف مع التغيرات المناخية، وتسهيل الوصول إلى تلك المعلومات والآليات الخاصة بإدارة المخاطر بما يضمن تحقيق مستوىً متقدم من تبني إجراءات التخفيف والتكيف على أسسٍ مستدامة. ويُوصى عادةً بالعمل المستمر على تحديث وتطوير إجراءات التخفيف والتكيف في مختلف المؤسسات البحثية والتنسيق في تطبيق تلك الإجراءات مع القطاع الخاص المهتم.

ما لم تطبق الممارسات الزراعية على أسسٍ مستدامة فيمكن أن يكون للقطاع الزراعي تأثير سلبي في البيئة والنظم البيئية الزراعية، من خلال زيادة معدّلات انبعاث غازات الدفيئة، التي تزيد من وطأة التغيرات المناخية. ويمكن في المستقبل القريب أن يؤدي تطبيق الممارسات الزراعية المستدامة دوراً معاكساً من خلال زيادة قدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية مع التغيرات المناخية، وتحمي التنوع الحيوي، وتضمن استعمال

الموارد الزراعية بشكلٍ مستدام. يُعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة أحد هذه الممارسات الزراعية المستدامة، حيث تعمل على حفظ الموارد الزراعية الطبيعية، والتنوع الحيوي، وتُقلل من الحاجة للعمالة الزراعية، وتُساعد الزراعة الحافظة في زيادة محتوى التربة المائي، وتقلل من تأثيرات الجفاف والحرارة المرتفعة، وتُحسن من النشاط الحيوي ونوعية التربة على المدى الطويل.

2.6. أهمية التطبيق الصحيح لنظام الزراعة الحافظة:

يُساعد التطبيق الصحيح لنظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة المزارعين على تحسين متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، والمحافظة على استقرار الإنتاج الزراعي، وتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، ما يُسهم في زيادة الأرباح وتحسين مستوى المعيشة، ويُسهم بالمقابل في إعادة تأهيل الأراضي الزراعية المتدهورة، ووقاية البيئة من التلوث، وزيادة مقدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية مع التغيرات المناخية. يُسهم تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تقليل شدّة لإصابة بالمسببات المرضية والآفات الحشرية من خلال كسر دورة حياتها (Intrupting life cycle)، نتيجة تطبيق الدورة الزراعية المناسبة، وتسهم التغطية المستمرة لسطح التربة مع المكافحة الكيميائية خلال السنوات الأولى في مكافحة الأعشاب الضّارة، وتقليل كثافتها في حقول المحاصيل الاقتصادية، وتضمن التوزيع المتجانس للعناصر المغذية في كامل قطاع التربة، وتحول دون حدوث حالات الفشل الكامل للمحاصيل الشتوية، ولا سيّما تحت ظروف الزراعة المطرية في البيئات الجافة وشبه الجافة، إذا ما تزامن انحباس الأمطار مع ارتفاع درجات الحرارة خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة المحصول (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، مقللةً بذلك من مخاطر التغيرات المناخية. يؤدي بالمقابل إلغاء الفلاحات، أو فلاحة التربة بالحد الأدنى إلى منع انضغاط طبقات التربة تحت السطحية وتشكل القشرة السطحية الصماء، ما يؤدي إلى تقليل حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريخي والمائي، وتحد من فقد المياه بالجريان السطحي، والتبخر، والصرف العميق (reduce erosion and water losses)، وتُقلل من انبعاثات غازات الدفيئة نتيجة تقليل معدّل استهلاك الوقود بفضل تقليل عدد العمليات الزراعية، وتحسين خصوبة التربة وبنائها (Improve soil fertility and structure)، وزيادة النشاط الحيوي فيها، بسبب زيادة محتواها من المادة العضوية (Increases biological activity and organic mtter) (الشكل، 6).



(المصدر: السيميت، 2015)

الشكل 6. أسس تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة وفوائدها.

3.6. كيف يختلف نظام الزراعة الحافظة عن مفهوم تكثيف الإنتاج الزراعي المستدام؟

إنّ التكثيف الزراعي هو عملية زيادة إنتاجية الأنواع المحصولية بدون أن يكون لذلك تأثيرات سلبية في البيئة، مع الأخذ بعين الاعتبار النظام البيئي ككل. وهذا يتوافق مع أهداف الزراعة الحافظة. ويقود تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى تكثيف الإنتاج الزراعي بشكلٍ مستدام.

4.6. ما هي فوائد تطبيق نظام الزراعة الحافظة؟

1. تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، ما يُسهم في تحسين جميع خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية.
2. تُقلل من الفواقد المائية غير المنتجة (التبخر، والجريان السطحي، والصرف العميق)، ما يُحسّن من محتوى التربة المائي وكمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الفواقد المائية المنتجة (النتح أثناء عملية التبادل الغازي).
3. يوفر تطبيق نظام الزراعة الحافظة من مياه الري، نتيجة تحسين قدرة الترب الزراعية على الاحتفاظ بالمياه، نتيجة زيادة محتواها من المادة العضوية.
4. يثبط نمو نباتات الأعشاب الضّارة.
5. يُقلل من تكاليف شراء المحاريث، وآلات نثر الأسمدة المعدنية، لأنّ آلة البذر المباشر تعمل على التسميد والبذر ورش المبيدات بعمليةٍ زراعية واحدة، ما يُقلل أيضاً من تكاليف الصيانة والاصلاح للآلات الزراعية.
6. يُقلل من عدد ساعات العمل، واستهلاك الوقود، وأجور الأيدي العاملة نتيجة إلغاء الفلاحات، ما يحد من تلوث الهواء بغازات الدفيئة، ويُقلل من معدّل الأسمدة المعدنية، نتيجة زيادة كفاءة استعمالها.
7. يُساعد ترك بقايا المحصول السابق بكميةٍ كافية فوق سطح التربة في تحسين معدّل رشح المياه، والحد من فقد المياه بالصرف العميق، وتقليل حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي.

5.6. ما هي التحديات المرتبطة مع تطبيق نظام الزراعة الحافظة؟

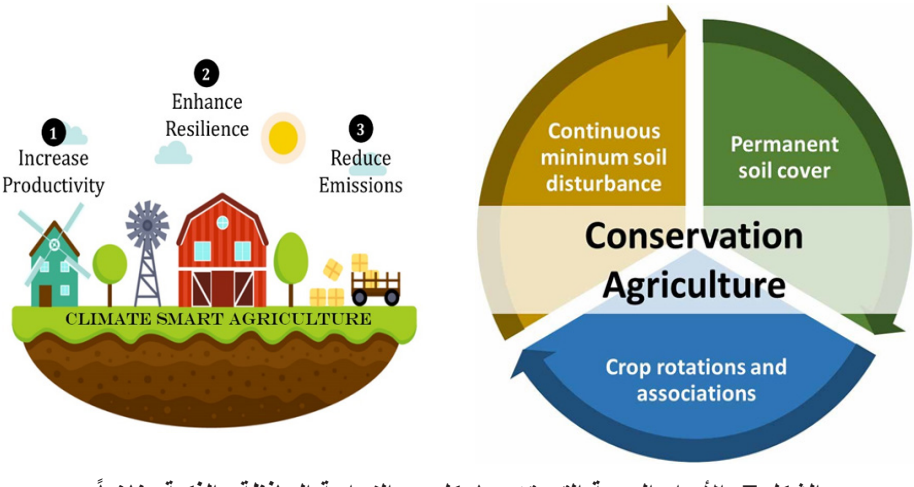
1. لا يمكن تطبيق نظام الزراعة الحافظة في الترب الطينية الثقيلة جداً، لأنّه يُسبب تغدق التربة واختناق الجذور، نتيجة ارتفاع منسوب الماء الأرضي.
2. عندما تكون كمية بقايا المحصول المنتجة محدودة، فعادةً ما يلجأ المزارعون إلى استعمالها بالدرجة الأولى كعلفٍ لحيوانات المزرعة، وبخاصةٍ خلال فترات شح الموارد العلفية، الأمر الذي يحول دون ترك كمية كافية من بقايا المحصول فوق سطح التربة، ويُخل بأحد أهم أركان تطبيق نظام الزراعة الحافظة.
3. يتطلب تطبيق نظام الزراعة الحافظة توافر آلات زراعية خاصة، تُسمى آلة البذر المباشر، ويمكن ألا تكون مثل هذه الآلات الزراعية متوافرة، أو تكون أسعارها مرتفعة لا يستطيع المزارعون الصغار شرائها.
4. يتطلب التطبيق الصحيح لنظام الزراعة الحافظة الإلمام بكمٍ كبير من المعلومات الخاصة بهذا النظام الزراعي الجديد بالمطلق، وقد يكون من الصعب على الكثير من المزارعين الوصول إلى تلك المعلومات، ويحتاج إلى تدريب عملي حول أسس تطبيق وتبني نظام الزراعة الحافظة.
5. يُساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة على زيادة الغلّة الاقتصادية بشكلٍ تدريجي، وبالتالي لا يمكن للمزارعين أن يلمسوا الزيادة في الغلّة مباشرةً منذ السنة الأولى.

6.6. هل تُعد الزراعة الحافظة شكل من أشكال الزراعة العضوية؟

تُحافظ كلٍ من الزراعة الحافظة والزراعة العضوية (Organic farming) على توازن الموارد الزراعية، وتتضمنان تطبيق الدورة الزراعية، وكلٍ منهما أيضاً يقي المادة العضوية في التربة من التأكسد، ولكن الاختلاف الرئيس بين هذين النظامين الزراعيين هو أنّ المزراعين في نظام الزراعة العضوية يعمل على فلاحة التربة للتخلص من الأعشاب الضّارة، ولا يستعملون الأسمدة المعدنية أو المبيدا ، بينما لا يعمل المزارع في نظام الزراعة الحافظة على فلاحتها، ويمكن أن يُضيف الأسمدة المعدنية والمبيدات الكيميائية لمكافحة الآفات الزراعية (الأعشاب، والمسببات المرضية، والآفات الحشرية).

7.6. كيف تختلف الزراعة الحافظة عن الزراعة الذكية مناخياً؟

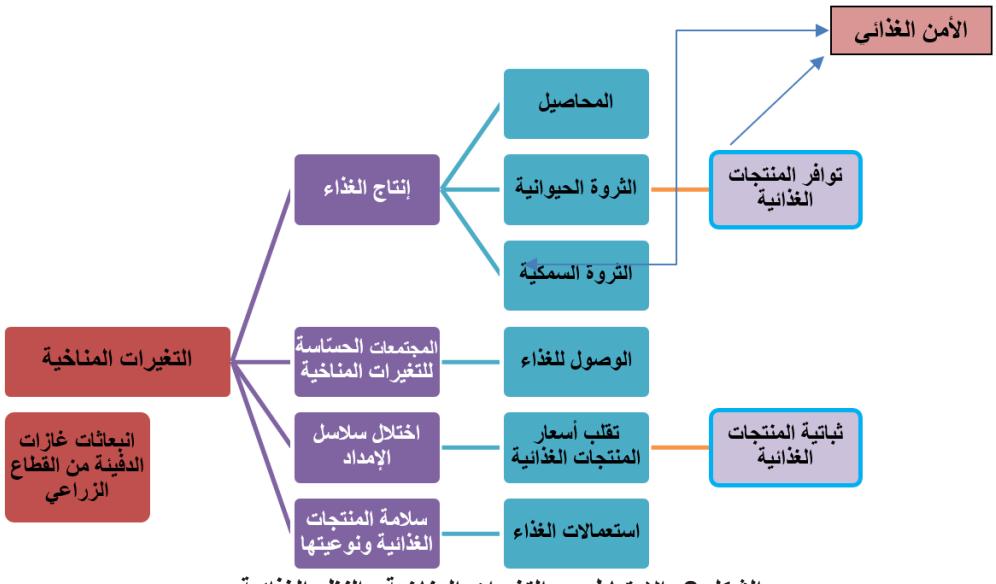
تهدف الزراعة الحافظة (Conservation Agriculture) إلى تكثيف إنتاجية النظم البيئية الزراعية على أسسٍ مستدامة، وعادةً ما يكون لها تأثيرات إيجابية في البيئة، وتُساعد المزارع على التكيف مع التغيرات المناخية من خلال زيادة المقدرة التكيفية (Adaptive capacity) للنظم البيئية الزراعية، وتحقيق الأرباح بالرغم من المخاطر المناخية. أمّا الزراعة الذكية مناخياً (Climate-smart agriculture) فهي تهدف إلى التكيف مع، والتخفيف من التأثيرات الضّارة الناجمة عن التغيرات المناخية (Enhance resilience) من خلال زيادة كفاءة التربة الزراعية على احتجاز الكربون، وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة (Reduce emissions)، وزيادة إنتاجية الأنواع المحصولية (Increase productivity) والأرباح للنظم الزراعية، بما يضمن تحسين مستوى معيشة المزارعين وتحقيق الأمن الغذائي (Food security) في ظل التغيرات المناخية (Thierfelder *et al.*, 2017) (الشكل، 7).



الشكل 7. الأدوار المهمة التي تؤديها كل من الزراعة الحافظة والذكية مناخياً.

8.6. العلاقة الارتباطية بين التغيرات المناخية والنظم الغذائية:

تؤثر التغيرات المناخية في جميع مكونات النظم الغذائية (الإنتاج، والتجميع، والتصنيع، والتوزيع، والاستهلاك، وإعادة تدوير المنتجات الغذائية الزراعية بما فيها المنتجات الحيوانية، والمنتجات الغابوية، والسمكية، والصناعات الغذائية). ولكن تُعد في الوقت نفسه النظم الغذائية مسبباً رئيساً للتغيرات المناخية، حيث تُسهم تقريباً في ثلث (21 - 37 %) إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة من خلال الأنشطة الزراعية، واستعمالات الأراضي، والتخزين، والنقل، والتوضيب، والتصنيع والاستهلاك (IMF , 2022) (الشكل، 8).



الشكل 8. الارتباط بين التغيرات المناخية والنظم الغذائية.

تؤثر التغيرات المناخية في النظم الغذائية بشكلٍ مختلف عبر المناطق في العالم. ففي الوقت الذي تجني فيه المناطق الشمالية المعتدلة بعض المنافع على المدى القصير، إلاّ أنّه يتوقع أن تواجه المناطق المدارية وشبه المدارية على مستوى العالم تغيرات مهددة للنظم الغذائية، وسيكون لمثل هذه التغيرات تأثيراتٍ في الأمن الغذائي من خلال شبكة معقدة من الآليات (الشكل، 8). من أهم تبعات التغيرات المناخية التي يمكن أن تؤثر في الأمن الغذائي، ارتفاع درجات الحرارة، وتغير معدّلات الهطولات المطرية السنوية، وأنماط توزيعها، وازدياد وتيرة وشدّة الظواهر المناخية المتطرفة، مثل الموجات الحارة، والجفاف، والفيضانات، التي تؤثر بدورها في إنتاجية المحاصيل، والثروتين الحيوانية والسمكية من خلال تغيير إتاحة المياه ونوعيتها، ما يؤدي إلى تعرّض النباتات لإجهاد الحرارة المرتفعة، وتغيير بيئة الآفات الحشرية والمسببات المرضية، ما يؤدي إلى استفحال وانتشار الآفات الزراعية والمسببات المرضية. يؤدي ازدياد وتيرة وشدّة الفيضانات ودورات الجفاف إلى حدوث حالات الفشل الكامل للمحصول وإلحاق الضرر بالبنية التحتية. يمكن أن يؤدي تعرض البشر للموجات الحرارية، والجفاف، والفيضانات إلى تراجع حالتهم الصحية وتدني كفاءتهم الإنتاجية، ما يؤثر سلباً في دخلهم ومن ثمّ مستوى معيشتهم، ولا سيّما الأفراد الذين يعملون في القطاعات الحسّاسة للتغيرات المناخية، أو الذين يعملون عادةً في العراء، ويمكن أن يؤثر ذلك بشكلٍ كبير في المجموعات البشرية الأكثر حساسية (الهشة) (Fragile communities)، ولا سيّما في الدول النامية، مثل صغار المزارعين، وأصحاب الدخل المنخفض جداً، والنساء والأطفال (Adonadaga *et al.*, 2022).

من العوامل الأخرى المرتبطة بالتغيرات المناخية التي يمكن أن تؤثر سلباً في النظم الغذائية هي ارتفاع تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون الجوي (CO_2)، وبشكلٍ غير مباشر تدهور الأراضي الزراعية، وتراجع في عمليات التأبير للأزهار (Pollination)، ما يؤثر سلباً في الغلّة الاقتصادية نتيجة تراجع عدد الحبوب/البذور المتشكلة، ولا سيّما في الأنواع النباتية خلطية التأبير/التلقيح (Cross-pollinated). إنّ التأثيرات في تركيز غاز الفحم الجوي نؤثر سلباً في كلٍ من غلّة الأنواع المحصولية ومحتواها من العناصر الغذائية. وسوف تزيد التغيرات المناخية من سوء تدهور الأراضي الزراعية من خلال انجراف التربة المتزايد وبخاصةٍ في الأراضي المنحدرة والمناطق الساحلية، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة تملح التربة تحت ظروف الزراعة المروية، ويمكن أن تجعل المناخ أكثر جفافاً وعرضةً للتصحر في المناطق البيئية الجافة. بيّنت التقديرات أنّ

عدد السكان الذين يمكن أن يتعرضوا للجوع يمكن أن يزيد ويصل إلى قرابة 183 مليون مع نهاية عام 2050، وذلك إذا ما استمر انبعاث غازات الدفيئة بالوتيرة نفسها مع تدني مستوى التدابير التكيفية. ويمكن أن يعاني قرابة 150 - 600 مليون نسمة من أشكال مختلفة من نقص العناصر الصغرى بنهاية عام 2050 إذا ما استمر انبعاث غازات الدفيئة بالوتيرة نفسها (Adonadaga *et al.*, 2022).

9.6. كيف تتداخل التغيرات المناخية مع النظم الغذائية والأمن الغذائي؟

1.9.6. توافر الغذاء Food availability: تُشير العديد من الدراسات أنّ التغيرات المناخية لها تأثيرات سلبية في إنتاج المحاصيل الحقلية في العديد من المناطق البيئية في العالم. وبيّنت الدراسات أنّ مقدار الانخفاض في الإنتاجية للزراعة على مستوى العالم وصلت إلى قرابة 21 % منذ عام 1961. أشارت أنّ التغيرات المناخية خلال العقود الخمسة الماضية قد خفّضت إنتاجية محاصيل الحبوب (القمح، والشعير) في أوروبا، والقمح في الهند، والذرة الصفراء في أفريقيا وغيرها، بنحو 2 - 5 % على مستوى العالم بالمقارنة مع الحالة فيما لو لم تكن هناك تغيرات مناخية. سُجل انخفاضاً أكبر في الإنتاجية يقدر بنحو 5 - 20 % بالنسبة إلى محصولي الدخن والذرة البيضاء في غرب أفريقيا، ونحو 5 - 25 % انخفاضاً في غلّة محصول الذرة الصفراء في شرق وجنوب أوروبا. في المناطق ذات المناخ المعتدل، مثل شمالي الصين، وأجزاء من روسيا، وشمالي أوروبا وأجزاء من كندا، فيمكن للتغيرات المناخية أن تزيد من إنتاجية العديد من الأنواع النباتية المزروعة، مما سيؤدي إلى زيادة الإنتاج الزراعي، ولكن هذه الزيادة في الإنتاج عادةً ما تكون على حساب ثباتية الإنتاجية بسبب التباين الكبير في العوامل الجوية بين المواسم الزراعية. إنّ التغيرات المناخية مسؤولة عن قرابة 50 % من التباين في الإنتاج الزراعي عالمياً. توجد حالياً العديد من الآليات التكيفية التي يمكن أن تزيد من إنتاجية الأنواع المحصولية، أهمها التربية والتحسين الوراثي، وتحسين عوامل إدارة الأرض والمحصول من خلال تطبيق حزمة الممارسات الزراعية المناسبة لكل صنف ومنطقة بيئية ....إلخ، التي يمكن أن تُخفف من التأثيرات السلبية التي يمكن أن تنجم عن التغيرات المناخية (Amadu, 2020).

تؤدي التغيرات المناخية إلى زيادة حموضة المحيطات (Ocean acidification)، ودرجة حرارتها ما يؤثر سلباً في إنتاج الثروة السمكية بنسبة قد تصل إلى 15 - 35 %.

يتوقع أن تسوء تأثيرات التغيرات المناخية في إنتاج الغذاء بشكلٍ كبير بعد عام 2050، ولا سيّما في ظل سيناريو استمرار انبعاث غازات الدفيئة بمعدّلٍ أكبر. بالنسبة إلى القطاع الزراعي، فإنّ الانخفاض الأكبر في إنتاجية المحاصيل بسبب التغيرات المناخية يتوقع أن يكون في المناطق الحارة والجافة، ولا سيّما في المناطق المدارية وشبه المدارية، وفي المناطق الجافة والقاحلة التي تعاني من شح الموارد المائية(Amadu, 2020) . تقترح التنبؤات الحديثة للقرن الحادي والعشرين - باستعمال أحدث الموديلات الزراعية والمناخية -استجاباتٍ أقل مما هو متوقع في غلّة محاصيل الذرة الصفراء، وفول الصويا، والرز بالمقارنة مع التنبؤات العامة. يتوقع في نهاية القرن الحادي والعشرين أن يحدث انزياح في إنتاجية الذرة الصفراء من +5 إلى -5 نتيجة توقعات ارتفاع أكبر في درجة حرارة الغلاف الجوي، وبشكلٍ معاكس سوف تبدي إنتاجية محصول القمح في المناطق المرتفعة ازدياداً، بسبب ارتفاع تركيز غاز الفحم (CO_2)، الأمر الذي يزيد من معدّل التمثيل الضوئي في مثل هذه الأنواع النباتية ثلاثية الكربون. بالمقابل، تُشير التنبؤات المناخية إلى احتمال إنخفاض إنتاجية العديد من الخضار والفواكه والأنواع المحصولية المعمرة بنحو 4 % بسبب التغيرات المناخية.

للأسف، لم تُدرس تأثيرات التغيرات المناخية في الثروة الحيوانية والثروة السمكية مثلما درست تأثيراتها في الأنواع النباتية، وبخاصةٍ المحاصيل الرئيسة. ولكن تُشير العديد من الدراسات أنّ ازدياد الموجات الحارّة

وتكرار دورات الجفاف يمكن أن يؤدي إلى تقليل إنتاجية الثروة الحيوانية، وتراجع كفاءتها التناسلية، بسبب تراجع كمية الأعلاف المتاحة، وازدياد شح الموارد المائية، وانتشار العديد من الأمراض على الحيوانات. يؤدي ارتفاع تركيز غاز الفحم في ظل التغيرات المناخية إلى زيادة معدّلات نمو النباتات الحولية الرعوية، ولا سيّما خلال المواسم الأكثر هطولاً، وفي المواقع الأكثر رطوبةً، وبشكلٍ معاكس، فإنّه في المناطق الجافة وشبه الجافة فإنّ التأثيرات المتوقعة غالباً ما ستكون سلبية. بيّنت بعض الدراسات أنّ التغيرات المناخية يمكن أن تُقلل من إنتاجية العديد من الأنواع البحرية بنحو 4%. عموماً، كل زيادة مقدارها درجة مئوية واحدة في درجة حرارة الغلاف الجوي، يُتوقع أن تترافق مع انخفاضٍ في الكتلة الحيوانية العالمية في المحيطات مقدارة تقريباً 5 % (Amadu, 2020).

2.9.6. الوصول للغذاء Food access: إنّ التأثيرات للتبدلات المناخية في الإنتاج الزراعي، وسلاسل التزويد للمنتجات الغذائية، وإنتاجية الأيدي العاملة، ولا سيّما في القطاعات الحسّاسة للتغيرات المناخية سوف يؤثر في أسعار المنتجات الغذائية، والدخل، ما يؤثر بشكلٍ كبير في مقدرة السكان الشرائية نتيجة ازدياد أسعار المنتجات الغذائية من جهة، وتدني الدخل من جهةٍ أخرى. يتوقع أن تؤدي التغيرات المناخية إلى ارتفاع أسعار محاصيل الحبوب عالمياً بنحة 1 - 29 % حسب المنطقة البيئية، وطبيعة العلاقات الاقتصادية والاجتماعية فيها. ويؤدي أيضاً انخفاض إنتاجية محاصيل البقول، والفواكه، والخضار إلى ارتفاع أسعارها أيضاً، ولكن يمكن أن يستفيد المنتجون (المزارعون) من هذا الارتفاع الحاصل في أسعار المنتجات الزراعية، إلاّ أنّ ارتفاع أسعارها سوف يؤثر بشكلٍ كبير في المجتمعات الريفية الفقيرة، والمستهلكين من أصحاب الدخل المحدود، ويؤدي ازدياد موجات الحر الشديد إلى تدني إنتاجية الأيدي العاملة بسبب صعوبة العمل في العراء لساعاتٍ طويلة، الأمر الذي يؤثر سلباً في مستوى دخلهم ومن ثمّ قدرتهم الشرائية.

10.6. تأثير التغيرات المناخية في استقرار إتاحة المنتجات الغذائية (Food stability):

ستؤدي التغيرات المناخية إلى زيادة وتيرة الظواهر المناخية المتطرفة، مثل الجفاف، والفيضانات، والأعاصير، والعواصف البحرية، الأمر الذي يتمخض عنه تبايناً كبيراً في إنتاج الغذاء، وتدمير البنية التحتية للنقل، وارتفاع أسعار المنتجات الغذائية، الأمر الذي سيؤثر في مقدرة السكان في الحصول على كامل احتياجاتهم الغذائية بصورةٍ مستقرة، وبأسعارٍ مناسبة.

11.6. الاستعمالات الآمنة للمنتجات الغذائية (Food utilization and safety):

تؤدي التغيرات المناخية إلى زيادة حالة الفاقة والعوز وانتشار حالات سوء التغذية والأمراض المرتبطة بها ضمن صفوف الأطفال، ما يؤدي إلى زيادة نسبة الوفيات وحالات الإعاقة الذهنية والجسدية، ولا سيّما في دول أفريقيا وآسيا. أشارت التقديرات إلى أنّ تدني توفر الغذاء وسوء نوعيته بسبب التغيرات المناخية يمكن أن تؤدي إلى زيادة عدد الوفيات سنوياً بنحو 52900 لكل ارتفاع مقداره 2 مْ الذي يُتوقع أن يحدث مع نهاية عام 2050، ويُتوقع أن تكون معظم تلك الوفيات في دول جنوب وشرق آسيا. ويؤدي ارتفاع تركيز غاز الفحم في الغلاف الجوي إلى تراجع تركيز البروتين والعناصر المعدنية في الحبوب، الأمر الذي يؤثر سلباً في نوعيتها، ومن ثمّ معدّل استهلاكها. يؤدي ارتفاع درجات الحرارة في الوسط المحيط إلى انتشار المسببات المرضية والسموم الفطرية (Mycotoxins)، الأمر الذي يُعرض صحة الإنسان والحيوانات للخطر، ويزيد من هدر وفقد المواد الغذائية التي لا تعود – في حالات الإصابة الشديدة- تصلح حتى علفاً للحيوانات. يؤدي أيضاً تدني نوعية المياه بسبب التغيرات المناخية إلى تراجع معدّل استهلاك المنتجات الغذائية.

12.6. تأثير النظم الغذائية في النظم المناخية Impacts of food systems on climate systems

يُعد انبعاث غازات الدفيئة من النظم الغذائية العامل الرئيس االذي يُسهم في التغيرات المناخية. وإنّ النظم الغذائية مسؤولة عن قرابة ربع انبعاثات غازات الدفيئة عالمياً، بالإضافة إلى الثلث الناتج عن التأثيرات المباشرة من إزالة الغابات (21 - 37 %). أشارت التقديرات الحديثة إلى أنّ كمية الانبعاثات الإجمالية من غازات الدفيئة من الأنظمة الغذائية تُقدّر بنحو 16 غيجا طن من CO_2 سنوياً ($16\ Gt\ CO_2\ eq\ yr^{-1}$)، خلال عام 2018، أي ما يُعادل ثلث كمية الانبعاثات الإجمالية من غازات الدفيئة. إنّ ثلاثة أرباع هذه الانبعاثات من غازات الدفيئة عادةً ما تنتج بشكلٍ مباشر خلال عملية الإنتاج الزراعي أو خلال الأنشطة ما قبل أو بعد الإنتاج الزراعي، مثل التصنيع، والنقل، والمعالجة للمنتجات الزراعية، والنفايات أو مخلفات التصنيع، وينتج الجزء المتبقي من التغير في استعمالات الأراضي من النظم البيئية الطبيعية (الغابات) إلى النظم الزراعية، نتيجة إزالة الأشجار وإيجاد أراضٍ زراعية جديدة للتوسع الأفقي في الإنتاج الزراعي (Linderhof *et al.*, 2022).

13.6. الحلول التخفيفية والتكيفية للتغيرات المناخية في النظم الغذائية:

تتلخص أهم الإجراءات الواجب اتخاذها من قبل المؤسسات الحكومية، والقطاع الخاص، والمجتمع المدني في نوعين من التدابير: التدابير المجربة والمختبرة سابقاً كحلولٍ فعّالة وناجعة، والتدابير التي يمكن أن تكون حلولاً للتخفيف من التغيرات المناخية وزيادة القدرة التكيفية للأنظمة الغذائية.

1.13.6 . تعزيز جهود الإدارة المستدامة: إنّ الإدارة المستدامة للأراضي الزراعية، التي تتضمن تحسين كفاءة استعمال المياه، وتطبيق حزمة الممارسات الزراعية المناسبة، والمحافظة على سلامة النظم البيئية الزراعية، سوف تزيد من إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، وتُسهم في زيادة مقدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية مع التغيرات المناخية. تُعرف الإدارة المستدامة للأراضي الزراعية بأنّها استعمال المصادر الزراعية (التربة، والمياه، والحيوانات، والنباتات) لإنتاج السلع الزراعية لتلبية الاحتياجات السكانية، مع مراعاة المحافظة على استدامة تلك الموارد الزراعية والحد من تلوثها. ومن أهم الأمثلة العملية على الإدارة المستدامة للأراضي الزراعية:

- اعتماد طرائق الري الأكثر كفاءة في استعمال المياه، مثل الري بالرش والري بالتنقيط، التي تُسهم في زيادة قدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية من خلال المحافظة على مخزون التربة المائي لأطول فترة زمنية ممكنة، وتحسين كفاءة الري.
- زراعة الأصناف من مختلف الأنواع المحصولية الأكثر تحملاً للجفاف والحرارة المرتفعة وذات الكفاءة العالية في استعمال المياه مع المحافظة على كفاءتها الإنتاجية، ولا سيّما تحت ظروف الزراعة المطرية.
- التوسع بزراعة الأشجار الحراجية، وإعادة تأهيل المراعي الطبيعية المتدهورة من القضايا المهمة جداً للحد من الانجرافين الريحي والمائي، وزيادة كفاءة الترب الزراعية على احتجاز الكربون، مع المحافظة على التنوع الحيوي في المنطقة البيئية المستهدفة، وتنويع مصادر الدخل للأسر الريفية الفقيرة.
- العمل على الإدارة السليمة للمراعي الطبيعية، من خلال تنظيم عملية الرعي، وضبط الحمولة الرعوية، وإعادة تأهيل المراعي المتدهورة، وتحسين إنتاجية المرعى، من خلال استزراعها بالأنواع الرعوية المستساغة والمتكيفة مع تلك البيئات.
- استعمال مخصبات التربة العضوية، وتطبيق الدورة الزراعية التي تتضمن محصولاً بقولياً، وتغطية سطح التربة ببقايا المحصول السابق أو محاصيل التغطية الخضراء، والزراعات التحميلية الخليطة، التي عادةً ما يكون لها تأثيراتٍ إيجابية في النظم البيئية، والأمن الغذائي، والتغذية.

بالرغم من العوائد الاقتصادية والاجتماعية الإيجابية لإدارة الأراضي الزراعية على أسسٍ مستدامة، إلاّ أن مستوى التبني لا يزال غير كافٍ، بسبب وجود العديد من العقبات للتبني، والوصول إلى المصادر والممارسات الخاصة بالتغيير المطلوب، والوقت اللازم حتى تصبح هذه الممارسات الجديدة منتجة.

تؤثر التغيرات المناخية بشكلٍ مباشر في العوائد المادية من القطاع الزراعي، والأمن الغذائي، ومقدرة الناس الفقراء على تفادي حالات الفقر الشديد، وتعمل بشكلٍ غير مباشر في تغيير الأسعار، حيث عادةً ما تترافق مع ارتفاع أسعار المواد الغذائية، وتؤثر سلباً في جميع النظم الغذائية. ويتوقع أن تتلقى العديد من البيئات في حوض المتوسط هطولاتٍ مطرية أقل، بالإضافة إلى تذبذب الهطولات المطرية من موسمٍ زراعي لآخر، وسوء توزيعها خلال الموسم الزراعي نفسه، الأمر الذي سيؤثر سلباً في إنتاجية العديد من الأنواع المحصولية. يتوقع أن ينخفض معدّل الهطل المطري في بيئات حوض المتوسط بنحو 15 - 20 % مع نهاية عام 2050، ويمكن أن ترتفع درجة الحرارة بنحو 1.5 - 2.0 درجة مئوية، وإنّ مثل هذه التغيرات في معدّل الهطل المطري ودرجات الحرارة ستؤدي إلى تقليل كمية المياه المتاحة في المنطقة بنحو 30% مع نهاية عام 2100، ويمكن أن يتباين ذلك من منطقةٍ إلى أخرى، لذلك يتركز التحدي في الوطن العربي، ولا سيّما في البيئات الجافة وشبه الجافة على (Toth *et al.*, 2017):

2.13.6 . ضرورة العمل على زيادة الإنتاج الزراعي: من خلال زيادة متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، ولا سيّما المحاصيل الغذائية الاستراتيجية (القمح، والشعير، والذرة الصفراء، والشوندر السكري، والقطن.... وغيرها) لتأمين الاحتياجات السكانية المتزايدة من الغذاء والكساء.

3.13.6 . تحديد التأثيرات السلبية الحالية والمتوقعة مستقبلاً للتغيرات المناخية: تحديد التأثيرات السلبية الحالية والمتوقعة مستقبلاً للتغيرات المناخية، وتعزيز آليات التكيف للنظم البيئية الزراعية مع التغيرات المناخية.

بيّنت العديد من الدراسات أنّ **نظام الزراعة الحافظة (CA)** يُعد من الحلول المناسبة التي يمكن أن تُقلل من الفقد الحاصل في الغلّة الناجمة عن موجات الجفاف والحرارة المرتفعة المتمخضة عن التغيرات المناخية، وتُسهم تبعاً لذلك في تحقيق أهداف الزراعة الذكية مناخياً Climate smart agriculture (CSA)، التي تتمثل بالنقاط الآتية (Lottering *et al.*, 2020):

1. زيادة الإنتاجية، وتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، لزيادة دخل المزارعين وتحسين مستوى معيشتهم.
2. تحسين القدرة التكيفية للنظم البيئية الزراعية، وزيادة مقدرة الأنواع المحصولية المزروعة على تحمل الجفاف والحرارة المرتفعة، ولا سيّما تحت ظروف الزراعة المطرية مع المحافظة على كفاءتها الإنتاجية.
3. تقليل معدّلات انبعاثات غازات الدفيئة من الأنشطة الزراعية.

يُعد نظام الزراعة الحافظة (CA) خياراً جيداً لتكثيف الإنتاج الزراعي وزيادة قدرة الأنواع المحصولية المزروعة تحت ظروف الزراعة المطرية، وتحسين قدرة النظم الزراعية والسلاسل الغذائية التكيفة في ظل التغيرات المناخية.

14.6. تحديات الإنتاج الزراعي:

تضاعف الإنتاج الزراعي العالمي خلال الستين عاماً الماضية، وتمّ تحقيق ذلك من خلال تغيير استعمالات الأراضي، واستعمال الأسمدة المعدنية، والمبيدات لمختلف الآفات الزراعية (المسببات المرضية، والآفات الحشرية)، وتطوير أصناف جديدة ذات كفاءة إنتاجية مرتفعة من خلال برامج التربية والتحسين الوراثي،

وتطوير حزمة الممارسات الزراعية المناسبة لكل صنف ومنطقة بيئية، الأمر الذي ساهم في حدوث ما بات يُعرف بالثورة الخضراء (Green Revolution). أدّى استعمال كمياتٍ كبيرة من مدخلات الإنتاج الزراعي الكيميائية (Agrochemicals)، وتغيير استعمالات الأراضي (إزالة الغابات لتوفير أراضي زراعية جديدة خصبة)، والتوسع الأفقي، إلى حدوث تأثيراتٍ سلبية في البيئة، وسبّبت فقداً للمواطن البيئية والتنوع الحيوي للعديد من الكائنات الحية النباتية والحيوانية، وتلوث التربة والمياه، واستنزاف الموارد المائية العذبة السطحية والجوفية، وازدياد معدّلات انبعاث غازات الدفيئة، وتدهور خصائص التربة وكفاءتها الإنتاجية.

تتمثل أحد أهم التحديات المستقبلية لقطاع الإنتاج الزراعي في أن يتم إنتاج كمياتٍ كافية من الغذاء مع الحد الأدنى من التأثيرات السلبية في النظم البيئية. وبالنسبة للمختصين في إنتاج المحاصيل الحقلية فهم يهتمون بشكلٍ رئيس بالإنتاجية، في حين يهتم المختصون بالعلوم البيئية (Ecologists) والباحثين في العلوم البيئية بالتأثيرات التي يمكن أن تنجم عن الإنتاج الزراعي. بشكلٍ مثالي، فإنّ نظم الإنتاج الزراعية يجب أن تحقق التوازن المطلوب بين الخدمات المقدّمة (مثال: إنتاج الغذاء)، والخدمات التنظيمية (مثال: التربة، والمياه، وحماية المناخ) والخدمات الداعمة (مثال: المحافظة على التنوع الحيوي، ونوعية التربة) ضمن المحددات الاقتصادية والاجتماعية الموجودة (الدخل، وظروف العمل).

يوصف التغير المناخي بأنّه التغيير في المناخ لمنطقة معينة نتيجة الأنشطة البشرية والاضطرابات الطبيعية، مثل استنزاف طبقة الأوزون (Ozone layer)، وتأثيرات غازات الدفيئة، ويمكن أن ينتج من عوامل أخرى مثل التغيرات في انبعاثات الإشعاع الشمسي (Solar emission)، والعمليات الطبيعية، والأنشطة المدمرة أحياناً للإنسان على كوكب الأرض. تبعاً لذلك، فقد واجه القرن العشرين أعتى ارتفاع في درجات الحرارة خلال الألفية الأخيرة، بمتوسط ارتفاع لدرجة حرارة الأرض بنحو 0.6 مْ. على كل حال، تُشير التنبؤات المستقبلية إلى احتمال ارتفاع درجات الحرارة بنحو 1 - 2 درجة مئوية خلال كل عشرة سنوات.

15.6. تأثير التغيرات المناخية في الأمن الغذائي Effect of climate change on food security

تتم المحافظة على الأمن الغذائي عندما يستطيع كل السكان على كوكب الأرض الحصول على كمياتٍ كافية من الغذاء في جميع الأوقات لدعم حياة صحية وفاعلة. إنّ التنوع الحيوي هو مصدر مفتاحي للغذاء، فإذا ما تأثر التنوع الحيوي سلباً بالتغيرات المناخية، فهذا يعني أنّ الأمن الغذائي سيكون مهدداً بشكلٍ كبير، بسبب اختلال توازن النظم البيئية الزراعية والطبيعية، لذلك فإنّ المخاوف من انقراض بعض الأنواع النباتية يدعوا للحذر والحيطة، لأنّ هذه الأنواع النباتية تزود بالعديد من الخدمات والسلع، مثل التلقيح، والمكافحة الطبيعية للآفات، والغذاء، والدواء. تؤثر التغيرات المناخية في تلك السلع والخدمات وقدرة النظم البيئية التكيفية، من خلال الأعاصير (Hurricanes)، والعواصف الثلجية (Blizzards)، وموجات الحر الشديد (Heat waves)، والجفاف، وغيرها من الأحداث المناخية المتطرفة. على سبيل المثال، فإنّ الفيضانات التي حدثت خلال الفترة بين 1996 إلى 2003 في شرق أفريقيا، أدّت إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل، ومن ثمّ الإنتاج الزراعي الكلي، ما يُشير إلى أنّ للتغيرات المناخية تأثيراتٍ مباشرة في إنتاج الغذاء. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ التغيرات في معدّلات درجات الحرارة والهطل المطري السنوي سوف تؤثر في ملاءمة التربة لنمو الأنواع المحصولية، والمراعي، وإنتاجية الموارد البحرية. سوف تعمل أيضاً على زيادة فرص انتشار الآفات الزراعية والمسببات المرضية، وفقد التنوع الحيوي، وانخفاض كفاءة النظم البيئية الزراعية، وتقليل كمية المياه المتاحة لري المحاصيل المزروعة، وتأمين مياه الشرب للثروة الحيوانية، واستنفاد المياه الجوفية، وارتفاع منسوب مياه البحار.

يتوقع أن تُسبب التغيرات المناخية انخفاضاً في إنتاج الحبوب عالمياً بنحو 1 - 7 % بنهاية عام 2060. بالإضافة إلى أنّ أكثر من 22 % من الأراضي المزروعة بالمحاصيل الرئيسة عالمياً ستعاني من التبعات السلبية للتغيرات المناخية مع نهاية عام 2050. تبعاً لذلك، يتوقع أن تتسبب التغيرات المناخية في تعرض أكثر من 5 - 170 مليون من السكان إلى خطر الجوع مع نهاية عام 2080. يتوقع أنّ إنتاجية المحاصيل الزراعية في أفريقيا لوحدها يمكن أن تنخفض بنحو أكثر من 30 % مع نهاية عام 2050، الأمر الذي سيؤثر في أسعار السلع الغذائية، الذي ستقف عنده شريحة كبيرة من الناس الفقراء عاجزة عن تحمل تكاليف مثل هذه السلع الغذائية، بسبب قلّة المصادر الغذائية المتاحة (Pena-Gallardo *et al.*, 2019).

أصبح حدوث الكوارث المرتبطة بالتغيرات المناخية يتم بمعدّل 500 مرة سنوياً بالمقارنة مع 120 مرة فقط خلال فترة الثمانيات. وبشكلٍ مماثل، ازداد عدد الفيضانات خلال الحقبة السابقة نفسها. وللأسف، فإنّ التغيرات المناخية ستؤثر بشكلٍ أكبر في المجتمعات الريفية الهشّة، التي تعتمد في إنتاجها الزراعي على الزراعة المطرية، ما يزيد من حساسية إنتاجية المحاصيل الغذائية للتبدلات المناخية، فعلى سبيل المثال، خلال الفترة من عام 1996 ولغاية 2018 حصل انخفاض في معدّل الهطل المطري السنوي بقرابة 50 - 150 مم (خلال الأشهر من آذار وحتى أيار)، الأمر الذي عرّض نباتات محاصيل الحبوب والبقوليات الشتوية إلى حدوث حالات الفشل الكامل للمحصول، ولا سيّما الأنواع المحصولية المتأخرة بالنضج، أو تدني الغلّة الاقتصادية بشكلٍ كبير، حتى في الأنواع المحصولية المبكرة بالنضج، الأمر الذي يهدد بقاء المزارع الصغيرة. تبعاً لذلك، فإنّ التغيرات المناخية تؤثر في المكونات الأربعة للأمن الغذائي: إتاحة الغذاء، وسهولة الحصول على الغذاء، استعمالات الغذاء، واستقرار النظم الغذائية.

16.6. الزراعة الحافظة وتحسين إنتاجية المياه

من المتوقع أن ينخفض الطلب على مياه الري الزراعي بنسبة 12% خلال الخمسين سنة القادمة. وتبعاً لذلك تُساعد الزراعة الحافظة كحزمة زراعية متكاملة في المحافظة على رطوبة التربة من خلال ترك ما لا يقل عن 30 % من سطح التربة مغطىً ببقايا المحاصيل السابقة، ما يُقلل من حساسية التربة للتعرية بفعل الرياح والمياه، حيث تُقلل بقايا المحصول من معدّل فقد المياه بالتبخر من سطح التربة بمقدار النصف بالمقارنة مع التربة العارية (غير المغطاة ببقايا المحصول). ويمكن أن تُقلل الزراعة الحافظة أيضاً من التلوث الناجم عن الجريان السطحي، وإثراء التربة بالمواد العضوية (Choudhary *et al.*, 2016).

17.6. التقنيات الزراعية للتخفيف والتكيف مع التغيرات المناخية في الدول النامية:

إنّ للعوامل المناخية تأثيرات واضحة ومباشرة في الإنتاج الزراعي. وإنّ تأثيرات القطاع الزراعي في انبعاثات غازات الدفيئة كبيرة أيضاً. الزراعة هي جزء رئيس من الاقتصاد العالمي، وتُستعمل كمياتٍ كبيرة من الوقود الأحفوري، من أجل تصنيع مدخلات الإنتاج الزراعي (الأسمدة المعدنية، والمبيدات الكيميائية، وجر المياه من الآبار الجوفية... إلخ)، ومعدّات المزرعة. ينجم أيضاً عن قطاع الإنتاج الحيواني كمياتٍ كبيرة من غازات الدفيئة على شكل آزوت (نتروجين)، وغاز الميثان. علاوةً على ذلك، وربما الأهم من ذلك، عملية إزالة الغطاء النباتي (الغابات) لزراعة مساحاتٍ جديدة بالأنواع المحصولية الغذائية، وتحضير الأرض للزراعة من خلال عملية الفلاحة المتكررة والمكثفة للتربة، التي تؤدي إلى زيادة معدّل أكسدة المادة العضوية، وانبعاث غاز الكربون، بالإضافة إلى تحرير الكربون من الكتلة الحيوية التي تمّت إزالتها من الأرض. تُشير التقديرات إلى أنّ الزراعة تُسهم بشكلٍ مباشر بنحو 14 % من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية، أي ما يكافئ 17 % من

الانبعاثات بشكلٍ غير مباشر عند استخدام الأراضي وتحويلها لزراعة المحاصيل الحقلية والمراعي الطبيعية. إذا ما علمنا أنّ حصة الزراعة في الناتج المحلي الإجمالي العالمي حوالي 4 %، فإنّ هذه الأرقام تُشير إلى أنّ الزراعة من المصادر الرئيسة لغازات الدفيئة.

إنّ التنبؤ بتغير المناخ أمر غير كامل وغير دقيق، ومعقد، ومهم، ومثير للجدل في الكثير من الأحيان، في حين لا تزال الخلافات قائمة، هناك إجماع من قبل وحدات الأرصاد الجوية على وجود زيادات متسارعة في متوسط درجات الحرارة السنوية، والتغيرات في معدّل هطل الأمطار، وتذبذب الهطولات المطرية خلال السنة وعبر المواسم، ويؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى ذوبان الجبال الجليدية، ما يؤدي إلى ارتفاع منسوب مياه البحر، وحدوث ظواهر مناخية متطرفة (الصقيع، والفيضانات، والحرارة المرتفعة جداً، وموجات الجفاف ... إلخ). وتبعاً لذلك، سيصبح مناخ العديد من البلدان النامية أقل ملاءمة للممارسات الزراعية التي يقومون بها في الوقت الراهن، بسبب تبدل العوامل المناخية. وبشكلٍ عام، ستكون البلدان النامية أكثر عرضةً لتغير المناخ، كون المزارعين يعتمدون بشكلٍ كبير على الزراعة كمصدرٍ للدخل والمعيشة، وهي تفتقر إلى البنية التحتية اللازمة للاستجابة بشكلٍ جيد للتغيرات المناخية، ويفتقرون إلى رأس المال للاستثمار في تطوير وتبني آليات تكيفية مبتكرة. من المرجح أن تستفيد الزراعة في البيئات المعتدلة من أمريكا الشمالية وأوروبا وآسيا من ارتفاع متوسط درجة الحرارة، وزيادة طول موسم النمو للأنواع المحصولية المزروعة، ولكن سيعاني على الأرجح القطاع الزراعي في الكثير من أنحاء العالم من انخفاض في الإنتاجية، بسبب تقصير طول موسم النمو وزيادة معدّلات فقد المياه بالتبخر والنتح، ما يُعرّض نباتات المحاصيل النجيلية والبقولية الشتوية وبخاصةٍ تحت ظروف الزراعة المطرية إلى مستوياتٍ متطرفة من الجفاف والحرارة المرتفعة خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة المحصول، ما قد يؤدي إلى تراجع الكفاءة الإنتاجية، ويمكن أن يؤدي في بعض الحالات إلى حدوث حالات الفشل الكامل للمحصول. تُشير أفضل التقديرات المتاحة حالياً، إلى أنّ التأثير الكلي لهذه التأثيرات مجتمعةً سيقلل من الإنتاج الزراعي العالمي بنسبة 6 % بحلول عام 2080. بشكلٍ عام، من المرجح أن يُنتج العالم المزيد من الغذاء في عام 2080، أكثر مما ينتجه الآن، ولكن لن تلبي المنتجات الغذائية الاحتياجات للنمو السكاني المتسارع، وسيكون الغذاء أكثر تكلفةً من حيث القيمة الحقيقية.

18.6. مقومات التخفيف والتكيف مع التغيرات المناخية:

يتمثل التحدي الأساسي للتكيف مع تغير المناخ والتخفيف من حدته في قطاع الإنتاج الزراعي بالنقاط الآتية:

(1) إنتاج المزيد من الغذاء.

(2) استعمال مدخلات الإنتاج الزراعي بكفاءةٍ أكبر وعلى أسسٍ مستدامة.

(3) المحافظة على استقرار الإنتاج الزراعي في ظل ظروف الإنتاج غير المستقرة.

(4) الحد ما أمكن من انبعاثات غازات الدفيئة أثناء إنتاج المنتجات الغذائية وتسويقها.

19.6. صفات وأصناف وأنواع نباتية جديدة:

في الدول النامية، يمكن أن يؤدي التكيف المربح وتبني المزارعين لأصناف ومحاصيل مناسبة إلى تحقيق زيادة كبيرة في الغلّة الاقتصادية في وحدة المساحة من الأرض (التوسع الرأسي)، التي تُعد من عوامل وآليات التخفيف المهمة من تأثيرات التغيرات المناخية، من خلال الحد من إزالة الغابات لزراعة أراضٍ جديدة تضمن زيادة الإنتاج الزراعي (التوسع الأفقي). نظراً لأنّ التغيرات في استعمالات الأراضي، بما في ذلك إزالة الغابات والتحويل إلى الإنتاج الزراعي تمثل 17% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية، فإنّ زيادة

الإنتاجية تمثل آلية تخفيف مهمة في الزراعة من خلال زراعة الأصناف المُحسّنة، التي تمتلك مجموعة من الصفات المرتبطة بتحسين تحمل الجفاف والحرارة المرتفعة (نتيجة ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي، وتراجع معدّلات الهطل المطري وتذبذبها)، وتحمل الملوحة (نتيجة ارتفاع مستوى مياه البحر)، وزراعة الأصناف المبكرة في النضج للهروب من الجفاف المتزامن مع الحرارة المرتفعة الذي عادةً ما يحدث في بيئات حوض المتوسط خلال المراحل المتقدمة الحرجة (Terminal stresses)، وذات الكفاءة المرتفعة في استعمال مدخلات الإنتاج الزراعي، مثل المياه، والأسمدة والمبيدات. يمكن تحقيق ذلك من خلال توجيه برامج التربية والتحسين الوراثي التقليدية للعمل على تحسين الأصناف المحلية المتكيفة مع البيئات المحلية في كل دولة، بحيث تُصبح أكثر تكيفاً وزيادة كفاءتها الإنتاجية، بالإضافة إلى استعمال التقانات الحيوية لتسريع وتيرة التحسين الوراثي لمواكبة التغيرات المناخية. في العديد من الأماكن، ستوفر الصفات الجديدة المرتبطة بالتحمل للإجهادات اللاأحيائية المختلفة، والأصناف الجديدة للمحاصيل التي يزرعها المزارعون تقليدياً مجالاً كافٍ للتكيف. في أماكن أخرى، يمكن أن تُصبح الظروف المناخية غير ملائمة للأنواع المحصولية المزروعة تقليدياً، لذلك لا بدّ من التحول إلى مزيج مختلف تماماً من المحاصيل، قادرة على التكيف وإعطاء إنتاجية جيدة في ظل التغيرات الهائلة في هطول الأمطار أو درجات الحرارة، ما قد يضطر المزارع إلى تغيير التركيبة المحصولية بالكامل. ويمكن أيضاً أن يستفيد المزارعون من المحاصيل والأصناف الجديدة، من خلال تنويع المحاصيل المزروعة كوسيلةٍ لتحقيق الاستقرار في عائداتهم أو الإنتاج المحلي للأغذية الأساسية في ظل سوء العوامل الجوية.

سيؤدي تغير المناخ أيضاً إلى ظهور آفاتٍ زراعية جديدة (الآفات الحشرية، والأمراض)، وازدياد شدّة الإصابة بها، حيث يمكن أن يؤدي ارتفاع درجات الحرارة، والتباين بين درجات حرارة الليل والنهار، وانخفاض فترات التجمد إلى تقصير فترات السكون، وتسريع نمو الآفات والأمراض، وتغير استجابة الأنواع النباتية ومدى مقاومتها لتلك العوامل الحيوية، وبالتالي سيسهم تطوير الأنواع النباتية، والأصناف والصفات المرتبطة بتحسين المقاومة للآفات والأمراض في تحسين قدرة المنتجين على التكيف مع تغير المناخ. سوف تُقلل مثل هذه الأصناف المُحسّنة من الحاجة لاستعمال كمياتٍ كبيرة من المبيدات الكيميائية، وتقلل من انبعاثات غاز الكربون نتيجة تقليل الحاجة للمبيدات وعدد مرات إضافتها خلال موسم النمو، بالإضافة إلى تقليل كميات الأسمدة المعدنية ولا سيّما الأسمدة الآزوتية المُضافة (نتيجة تطوير أصناف أكثر كفاءة في استعمال الآزوت)، الأمر الذي سيقلل من كمية الوقود الأحفوري المستخدمة في تصنيعها، ما يُقلل بشكلٍ كبير من انبعاثات غازات الدفيئة، الأمر الذي سيحدث نقلة نوعية في قطاع الإنتاج الزراعي.

20.6. تحسين إدارة الأرض والمحصول:

يمكن أن تكون عوامل إدارة الأرض والمحصول مهمة في التخفيف والتكيف كأهمية العوامل الوراثية، ويُعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة (CA) من أهم الممارسات الزراعية التي تُحسن من قدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية، من خلال تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، وزيادة النشاط الحيوي فيها (تحسين صحة التربة)، وتقليل الفواقد المائية غير المنتجة (التبخر، والجريان السطحي، والصرف العميق)، وزيادة الفواقد المائية المنتجة (النتح)، وزيادة كفاءة الترب الزراعية على احتجاز الكربون. يؤدي استعمال آلات البذر المباشر في نظام الزراعة الحافظة إلى وضع البذور على أعماقٍ مناسبة ومتجانسة من خلال زراعتها فوق بقايا المحصول السابق، ما يحول دون خلخلة بناء التربة بشكلٍ كبير. يمكن أن يُساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة – من خلال زيادة محتوى التربة من المادة العضوية- في تحسين قدرة الترب الزراعية على

الاحتفاظ بالمياه، ومن ثمّ كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور، ما يؤدي إلى زيادة كفاءة استعمال مياه الأمطار Rainwater use efficiency (RWUE). يمكن لأيّة مجموعة أخرى من الممارسات وتقنيات إدارة الإنتاج الأخرى بالمثل تحسين مقدرة المزارعين على التخفيف والتكيف مع تغيرات المناخ، بما في ذلك المعدات الزراعية وتوفر المعلومات، التي تتيح تطبيقاً أكثر دقة للمدخلات الزراعية، ولا سيّما الأسمدة المعدنية. ويتمثل التحدي الرئيس في التأكد من أنّ مثل هذه الممارسات الزراعية لا تُقلل من إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، بحيث يؤدي زيادة الطلب على أراضٍ زراعية إضافية إلى إلغاء الفوائد الناتجة عنها.

للأسف، تمثل خسائر ما بعد الحصاد أحد أكبر مصادر عدم الكفاءة في إنتاج الغذاء في جميع أنحاء العالم، وبالتالي فهي واحدة من أفضل الفرص لتحسين إنتاجية المحاصيل بشكلٍ فعّال، وغالباً ما تحظى هذه الخسائر، التي تنتج عن التوقيت السيء للحصاد (التبكير أو التأخير في الحصاد)، والتعرض للأمطار والرطوبة والحرارة خلال فترات الحصاد، والإصابة ببعض المسببات المرضية والآفات الحشرية، ومجموعةٍ أخرى من مصادر الضرر والتدهور باهتمام أقل بكثير مما ينبغي. يمكن فقدان نصف أو أكثر من إجمالي المحصول لبعض المحاصيل بعد عملية الحصاد، لذلك يُعد الاستثمار في تحسين تقنيات الحصاد ومعاملة الحبوب، والتخزين والتوزيع، والخدمات اللوجستية، والتدريب في تقليل الفواقد ومن ثمّ زيادة الإنتاجية، لأنّه مع ارتفاع درجة حرارة المناخ وعدم انتظام هطول الأمطار، فقد تزداد احتمالية خسائر ما بعد الحصاد، وبالتالي يصبح تحسين النقل والتخزين أكثر أهمية.

الفصل السابع
دور منظمة المركز العربي (أكساد) في تطبيق ونشر نظام الزراعة الحافظة في الوطن العربي
Role of ACSAD Organization in Application and Desimination of Conservation Agriculture in the Arab World

يتطلب تأمين الاحتياجات السكانية المتزايدة من الغذاء والكساء ضرورة العمل على زيادة متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية الحبية الغذائية والعلفية (القمح، والشعير، والذرة الصفراء، والذرة البيضاء)، والبقولية (الحمص، والعدس، والبازلاء، والبيقية) في وحدة المساحة من الأرض، بسبب صعوبة التوسع الأفقي، نتيجة محدودية الأراضي الصالحة للزراعة، بسبب التملح (Salinization)، وقلّة الموارد المائية العذبة السطحية والجوفية، وتراجع معدّلات الهطل المطري السنوي، وتذبذب الأمطار عبر المواسم، وسوء توزعها خلال الموسم الزراعي بما يضمن تأمين احتياجات النباتات المائية خلال مختلف مراحل النمو، ولاسيما خلال المراحل المتقدمة الحرجة (مرحلتي الإزهار، وامتلاء الحبوب) المُحددة لغلّة الأنواع المحصولية المزروعة الاقتصادية. يمكن تحقيق ذلك من خلال عمليات تكثيف الإنتاج الزراعي، الذي يتطلب التحضير الجيد للتربة قبل الزراعة (الفلاحة المكثفة والمتكررة)، وزيادة معدّلات الأسمدة المعدنية المُضافة، وزراعة البذار المحسّن عالي النوعية، واستعمال كمياتٍ أكبر من مبيدات الآفات الزراعية، وإضافة كمياتٍ أكبر من مياه الري تحت ظروف الزراعة المروية، وتطبيق الري التكميلي تحت ظروف الزراعة البعلية. تؤدي مثل هذه الممارسات إلى زيادة تكاليف الإنتاج الزراعي، ولا سيّما في ظل ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي عامةً، والوقود خاصةً، بالإضافة إلى إلحاق الضرر بالنظم البيئية الزراعية، حيث تؤدي عملية الفلاحة المتكررة والمكثفة إلى استنفاد محتوى التربة من المادة العضوية على المدى البعيد، الأمر الذي يؤثر سلباً في جميع خصائص التربة الفيزيائية، والكيميائية، والحيوية، ويُضعف قدرة التربة الإنتاجية. انطلاقاً من أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة، وانتشاره على نطاقٍ واسع عالمياً، فقد تولت منظمة المركز العربي (أكساد) -كبيت خبرة عربي- مهمة تجريب تطبيق نظام الزراعة الحافظة، والوقوف على الأهمية التطبيقية والجدوى الاقتصادية، والعوامل المحددة لنجاح تطبيقه كحزمةٍ زراعية متكاملة، والعمل على تجاوزها، ومن ثمّ نشره في الدول العربية، مع مراعاة الظروف الجوية والعوامل الأرضية، والمعطيات الاقتصادية والاجتماعية للمجتمعات الريفية في المناطق البيئية المستهدفة.

أوضحت العديد من البحوث الفوائد الأساسية لنظام الزراعة الحافظة والمتمثلة في الحد من انجراف التربة، وتحسين كمية المادة العضوية ونوعيتها، وزيادة أعداد ونشاط الكائنات الحية الدقيقة، والمحافظة على المحتوى المائي للتربة والحيلولة دون تدهورها، إضافة إلى تقليل استخدام المخصبات والأسمدة الكيميائية التي عادةً ما ترشح بعيداً عن منطقة انتشار الجذور، وتخفيض احتياجات الطاقة والقوة العاملة، ومن ثمّ تحقيق عائدات صافية على المدى المتوسط والطويل مساوية أو أعلى مما هو عليه في النظم الزراعية التقليدية.

1.7. نشأة تطبيق نظام الزراعة الحافظة في سورية:

قامت منظمة المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) بالتعاون مع الوكالة الألمانية للتعاون الفني (GTZ) على البدء بتجريب تطبيق نظام الزراعة الحافظة منذ مطلع عام 2006 - 2007، حيث زرعت في البداية خلطة من المحاصيل الحبية والبقولية العلفية، واعتمدت كغطاء نباتي، تزرع فوقه نباتات

المحصول الرئيس خلال الموسم الزراعي 2007 - 2008. كانت البداية على مستوى المحطات البحثية (محطتي بحوث إزرع وجلين)، حيث بلغت المساحة المزروعة قرابة 30 هكتاراً في حقول المزارعين (25 مزارعاً). ازدادت المساحة المزروعة إلى 120.3 هكتاراً، لدى 58 مزارعاً خلال الموسم الزراعي 2008 - 2009، أي بزيادة مقدارها تقريباً خمسة أضعاف في المساحة المزروعة، وضعفين في عدد المزارعين الذين رغبوا في تجريب تطبيق نظام الزراعة الحافظة. نُفذت التجارب في حقول المزارعين بالتعاون مع مديرية الإرشاد الزراعي في وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، والهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حيث كان للإرشاد الزراعي دور مهم في اختيار المزارعين المتنورين، الذين لديهم الرغبة، والإمكانية لتجريب التقانات الزراعية الجديدة. تمّ تحديد الحقول المناسبة بالتعاون بين خبراء المركز العربي، وعناصر الإرشاد، وفنيي مراكز البحوث العلمية الزراعية في المحافظات المستهدفة. يُلاحظ من الجدول (3) التطور الواضح في زيادة رقعة المساحات المزروعة بنظام الزراعة الحافظة، وتضاعف أعداد المزارعين الذين طبقوا هذا النظام في حقولهم الخاصة في المحافظات المشمولة بالدراسة في الجمهورية العربية السورية خلال الموسم الزراعي 2009 - 2010.

الجدول 3. تطور المساحات المزروعة بنظام الزراعة الحافظة وأعداد المزارعين خلال أربعة مواسم زراعية متتالية.

حسب المحافظات االموسم الزراعي	المساحة المزروعة (هكتار)	أعداد المزارعين						
		الحسكة	حلب	إدلب	حمص	درعا	السويداء	مجموع أعداد المزارعين
2008-2007	29	5	5	5	5	5	4	29
2009-2008	143	11	14	9	12	7	5	58
2010-2009	623	37	13	33	7	14	-	104
2011 -2010	1788	102	22	40	7	5	5	181

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسم الزراعي المقابل، أكساد.

متوسط إنتاجية محصول القمح على مستوى المحافظة في سورية:

يُلاحظ من الجدول (4) أنّ متوسط إنتاجية محصول القمح (كغ . هكتار$^{-1}$) كان الأعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في جميع المحافظات السورية المستهدفة في الدراسة. كان متوسط الزيادة في إنتاجية محصول القمح نحو 15.3 % تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، ما يُشير إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة في تحسين متوسط إنتاجية محصول القمح تحت ظروف الزراعة المطرية، في جميع المحافظات التي تنتشر فيها زراعة محصول القمح. يُعزى التباين في نسبة الزيادة في متوسط الإنتاجية بين المحافظات السورية المستهدفة إلى التباين في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية، والتباين في الصنف المزروع، ومدى ملاءمته للمنطقة البيئية المستهدفة، والتباين في معدّل الهطل المطري السنوي، والممارسات الزراعية المطبقة، ولاسيما موعد الزراعة، ومعدّل البذار، وكمية الأسمدة المعدنية المُضافة، والمكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة، وكمية بقايا المحصول المتروكة فوق سطح التربة من الموسم الماضي، والنوع المحصولي السابق في الدورة الزراعية.

الجدول 4. متوسط إنتاجية محصول القمح (كغ . هكتار-1) تحت ظروف الزراعة الحافظة والتقليدية في بعض المحافظات السورية، خلال الموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011.

المحافظة	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
الحسكة	1952	1837	6.3
إدلب	2238	2173	3
حلب	2527	2314	9.2
حمص	2666،7	2216.7	20.3
درعا	1662.5	1037.5	60.2
متوسط الإنتاجية لكل المحافظات	2209.6	1915.7	15،3

المصدر: التقرير الفني السنوي، أكساد، 2011.

أدّى تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى زيادة متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية النجيلية والبقولية المزروعة الأخرى (الشعير، والعدس، والحمص)، حيث بلغت نسبة الزيادة في متوسط إنتاجية محصول الشعير (كقيمة متوسطة لجميع المحافظات) قرابة 8.60 %، ومحصول العدس قرابة 11.36 %، ومحصول الحمص قرابة 18 %. تُشير النتائج إلى تباين استجابة النوع المحصولي المزروع لتطبيق نظام الزراعة الحافظة، حيث كان محصول القمح الأكثر استجابةً لهذا النظام الزراعي، في حين كان محصول الشعير الأقل استجابةً. يُعدهذا مهماً من وجهة نظر الإنتاجية، لأنّ محصول القمح هو المحصول الحبي الأكثر أهميةً في سورية، والوطن العربي، ما يُشير إلى أنّ نظام الزراعة الحافظة من الممارسات الزراعية المهمة في تحسين إنتاجية محصول القمح، ولا سيّما تحت ظروف الزراعة المطرية، ما يُسهم بشكلٍ فعّال في تضييق الفجوة الإنتاجية، وزيادة الإنتاج الزراعي، بما يضمن تحقيق الأمن الغذائي الوطني والعربي، وتحسين دخل المزارعن ومستوى معيشتهم.

يُلاحظ من خلال مقارنة متوسط إنتاجية محصول القمح خلال الموسمين الزراعيين المدروسين أنّ نسبة الزيادة في الإنتاجية كانت أعلى (21.38 %) خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011 (الجدول، 5) بالمقارنة مع الموسم الزراعي 2009 - 2010 (15.30 %). تُشير هذه النتائج إلى أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة يؤدي إلى زيادة الغلّة الحبية بشكلٍ تدريجي وتراكمي. يُعزى ذلك إلى دور الزراعة الحافظة في تحسين خصائص التربة الفيزيائية (النفاذية، والتهوية)، والكيميائية، والحيوية (عدد الكائنات الحية ونشاطها)، من خلال تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، وزيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها، (الصورة، 12)، ما يؤدي إلى زيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، ومقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، نتيجة زيادة مسامية التربة، ويؤدي ذلك أيضاً إلى تحسين خصوبة التربة، وكفاءة استعمال الأسمدة المعدنية. يؤدي بالمقابل تطبيق الدورة الزراعية إلى كسر دورة حياة العديد من الآفات الزراعية، والمسببات المرضية، ما يُقلل من حجم الضرر الناجم عن العوامل الحيوية. لذلك، يرتبط مقدار الزيادة الحاصلة في غلّة المحصول الاقتصادية بمدى التحسين الحاصل في نوعية التربة «المحصول مرآة التربة»، ويتوقف هذا بدوره على التطبيق السليم لنظام الزراعة الحافظة، ولاسيما فيما يتعلق بترك أكبر كمية ممكنة من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة، حيث تُشكل البقايا النباتية المادة الأولية للمادة العضوية في التربة، والغذاء الرئيس لجميع الكائنات الحية فيها.

الجدول 5. متوسط إنتاجية (كغ . هكتار-1) محصول القمح تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.

المحافظة	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
الحسكة	442.56	298.33	48.34
إدلب	3431،81	2459.09	0.78 -
درعا	356.66	248.33	43.62
حلب	1571.81	1429.09	9.98
حمص	4760	4500	5.77
المتوسط العام	**2112.56**	**1786.96**	**21.38**

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011.

الصورة 12. يحسّن تطبيق نظام الزراعة الحافظة من مسامية التربة، ومقدرتها على الاحتفاظ بالماء.

يُلاحظ من الجدول (6) أنّ متوسط إنتاجية محصول الشعير كان الأعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في المحافظات السورية المستهدفة، وتراوحت نسبة الزيادة في الإنتاجية بين 8.87 إلى 36.90 %. يُعزى التباين في نسبة الزيادة إلى التباين في معدّل الهطل المطري، والعوامل البيئية السائدة خلال موسم النمو ومدى ملاءمتها لمتطلبات نباتات الشعير البيئية، والتباين في نوعية التربة، والممارسات الزراعية المطبقة (موعد الزراعة، معدّل البذار، عمق الزراعة، معدّل الأسمدة المعدنية المُضافة، ومكافحة الأعشاب الضارة...إلخ) في كل حقل ومنطقة بيئية. يُلاحظ أيضاً أنّ نسبة الزيادة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011 كانت أعلى (8.60 %) بالمقارنة مع الموسم الزراعي السابق، ما يؤكد التأثير التراكمي الذي يؤديه تطبيق نظام الزراعة الحافظة، من خلال تحسين نوعية التربة وخصوبتها. يمكن القول: "**إنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة يُساعد في إعادة تأهيل الترب الزراعية المتدهورة، واستعادة طاقتها الإنتاجية**"، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة فيها، وهذا ينسجم مع مفهوم التنمية الزراعية المستدامة. لذلك، كلّما ازداد عدد سنوات تطبيق نظام الزراعة الحافظة في الحقل نفسه، تزداد الغلّة الاقتصادية عاماً بعد آخر، وصولاً إلى الطاقة الإنتاجية الكامنة للأرض والمحصول.

الجدول 6. متوسط إنتاجية (كغ . هكتار-1) محصول الشعير تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.

المحافظة	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
الحسكة	700	525	33.33
إدلب	3767.85	3460.71	8.87
درعا*	-	-	-
حلب	2000	1460	36.90
حمص	215	185	16.20
المتوسط العام	**1670.71**	**1407.67**	**23.82**

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011.
*ملاحظة: لم يزرع الشعير لدى المزارعين في درعا خلال هذا الموسم.

يُلاحظ أيضاً من الجدول (7) أنّ متوسط إنتاجية محصول العدس كان الأعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في جميع المحافظات السورية المستهدفة. يُلاحظ أيضاً أنّ متوسط نسبة الزيادة في الإنتاجية كان أعلى (12.93 %) خلال الموسم الزراعي اللاحق بالمقارنة مع الموسم الزراعي السابق (11.36 %)، ما يؤكد مجدداً على أهمية تطبيق الزراعة الحافظة في تحسين الإنتاجية تدريجياً للمحاصيل البقولية الغذائية (العدس).

الجدول 7. متوسط إنتاجية (كغ . هكتار-1) محصول العدس تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.

المحافظة	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
الحسكة	912.50	833.33	9.50
إدلب	1695.00	1456.87	16.34
حلب	1482.50	1312.50	12.95
المتوسط العام	**1363.33**	**1278.61**	**12.93**

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011.

يُلاحظ من الجدول (8) أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة في الحقول نفسها خلال أربعة مواسم زراعية متتالية قد سبّب زيادة تراكمية في متوسط إنتاجية محاصيل الحبوب الصغيرة (القمح، والشعير)، والبقوليات الغذائية (العدس). يُعزى ذلك إلى التحسين التدريجي الذي يطرأ على خصائص التربة، نتيجة عدم الفلاحة، حيث يُساعد ذلك في المحافظة على بناء التربة (حجم الكتل الترابية وثباتها)، وتقليل معدّل فقد الكربون العضوي من التربة، لأنّ عملية الفلاحة تؤدي إلى زيادة معدّل أكسدة المادة العضوية، بالإضافة إلى دور عدم الفلاحة في تقليل معدّل فقد المياه بالتبخر. ويُساعد أيضاً ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة في الحد من انجراف

التربـة الريحـي والمائـي، الأمـر الـذي يُسـهم فـي المحافظـة علـى طبقـات التربـة السـطحية الغنيـة بالمـادة العضويـة والعناصـر المعدنيـة المغذيـة، بالإضافـة إلـى تقليـل معـدّل فقـد الميـاه بالجريـان السـطحي، الأمـر الـذي يُقلـل مـن حساسـية التـرب الزراعيـة للانجـراف، ويزيـد مـن معـدّل رشـح الميـاه إلـى باطـن التربـة. يـؤدي أيضـاً تـرك البقايـا النباتيـة إلـى زيـادة معـدّل تشـكيل المـادة العضويـة فـي التربـة، وتتوقـف وتيـرة تراكـم المـادة العضويـة علـى كميـة بقايـا المحصـول المتروكـة فـوق سـطح التربـة. تـؤدي هـذه العوامـل مجتمعـةً إلـى تحسـين نوعيـة التربـة، التـي تـؤدي بدورهـا إلـى تحسـين إنتاجيـة المحصـول، والميـاه.

الجدول 8. نسبة الزيادة (%) في متوسط الإنتاجية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية لبعض الأنواع المحصولية عبر المواسم الزراعية.

المواسم الزراعية	القمح	الشعير	العدس
2008 - 2007	7.14	5.18	3.50
2009 - 2008	12.21	8.56	4.13
2010 - 2009	15.30	18.60	11.36
2011 - 2010	21.38	23.82	12.93

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011.
تمثل القيم متوسط الزيادة في الإنتاجية لجميع المحافظات المستهدفة.

2.7. تكاليف الإنتاج الزراعي (Agricultural Productions Costs):

يُسـاعد تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة فـي تحسـين خصوبـة التربـة تدريجيـاً، وكفـاءة اسـتعمال الميـاه، ويمكـن أن يـؤدي ذلـك مـع الزراعـة فـي الوقـت المناسـب (Timely planting) إلـى زيـادة غلّـة الأنـواع المحصوليـة المزروعـة، ومـن ثـمّ العوائـد الماديـة للمزرعـة. تتمثـل المنافـع الاقتصاديـة الناجمـة عـن تطبيـق الزراعـة الحافظـة بالنقـاط الآتيـة:

1. زيادة متوسط الإنتاجية.
2. زيادة استقرار الإنتاج الزراعي.
3. زيادة نسبة مخرجات الإنتاج الزراعي إلى مدخلاته.
4. تقليل الحاجة للعمالة، واستهلاك الطاقة، بسبب الاستغناء عن فلاحة التربة، وعملية التعشيب.
5. التخفيف من الأضرار السلبية الناتجة عن الجفاف.
6. توفير الوقت والأيدي العاملة خلال أوقاتٍ حرجة من السنة، الأمر الذي يسمح بتنويع الإنتاج الزراعي، ومن ثمّ مصادر الدخل.

سـيتم اسـتعراض تكاليـف عمليـات الإنتـاج الزراعـي، ومسـتلزمات الإنتـاج، والعوائـد تحـت ظـروف الزراعتيـن الحافظـة والتقليديـة لجميـع الأنـواع المحصوليـة المزروعـة فـي كل المحافظـات السـورية المسـتهدفة.

يُلاحـظ مـن الجـدول (9) أنّ متوسـط تكاليـف الإنتـاج الزراعـي لمحصـول القمـح كان أقـل تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة (13799 ل. س . هكتـار$^{-1}$) بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة (164119 ل. س . هكتـار$^{-1}$)، بنسـبة زيـادة قرابـة 15.9 %. يُعـزى انخفـاض تكاليـف الإنتـاج الزراعـي تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة إلـى توفيـر أجـور عمليـة تحضيـر الأرض قبـل الزراعـة، حيـث تتـم الزراعـة مباشـرةً فـي الأرض غيـر المُحضّـرة بشـكلٍ مسـبق (بـدون فلاحـة)، باسـتعمال آلات زراعيـة خاصـة تعمـل علـى إحـداث شـق ضيـق فـي الأرض غيـر المُحضّـرة مسـبقاً،

بعرض وعمق كافيين فقط لوضع الأسمدة المعدنية والبذار على عمقٍ مناسب ومتجانس، وتغطيتهما بشكلٍ جيد، ما يسمح بتوفير أجور الفلاحة ونثر الأسمدة المعدنية قبل الزراعة، في حين تتطلب الزراعة بالبذارات التقليدية (الهارو) ضرورة فلاحة التربة وتحضير المهد المناسب لإنبات البذور، وتختلف عدد مرات الفلاحة، وعمق كل فلاحة من مزارعٍ لآخر، وتقدّر بالمتوسط تكاليف تحضير الهكتار الواحد بنحو 1573 ل. س، بالإضافة إلى أجور نثر الأسمدة المعدنية قبل الزراعة، التي تقدر بالمتوسط بنحو 215 ل. س للهكتار، في حين يسمح استعمال آلات البذر المباشر بإجراء عمليتي التسميد والبذر بعملية زراعية واحدة. يُلاحظ أيضاً أنّ متوسط ثمن البذار المزروعة في الهكتار الواحد كان أقل تحت ظروف الزراعة الحافظة (3124 ل. س . هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3870 ل. س . هكتار$^{-1}$)، بنسبة زيادة تقدّر بنحو 19.3 %. يُعزى ذلك إلى تقليل معدّل البذار (Seeding rate)، تحت ظروف الزراعة الحافظة، وتتراوح نسبة التخفيض بمعدل البذار بين 40 إلى 60 % تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، لأنّ استعمال آلات البذر المباشر يسمح بوضع جميع البذار المزروعة على عمق مناسب (5 سم)، الأمر الذي يضمن إنبات جميع البذور الحية، أي أن نسبة الإنبات تصل تقريباً إلى 100 %، وهذا يضمن الحصول على الكثافة النباتية المطلوبة في وحدة المساحة من الأرض بزراعة عدد أقل من البذار، في حين يضطر المزارع تحت ظروف الزراعة التقليدية (باستعمال الهارو) أن يستعمل معدّل بذار أعلى لضمان الحصول على الحد الأدنى من الكثافة النباتية المطلوبة في وحدة المساحة، بسبب ضياع نسبة كبيرة من البذار، حيث يضع الهارو جزءاً من البذار على أعماقٍ كبيرة (أكبر من 15 سم)، فتفشل البذور المنبتة من الوصول إلى سطح التربة، لأنّ عمق الزراعة أكبر من الطول الأقصى للسويقة الجنينية، فتبقى البادرات تحت سطح التربة وتتعفن، ويضع بالمقابل جزء من البذار على سطح التربة، وهذه البذار عادةً ما تؤكل من قبل الطيور، أو تفشل في الإنبات بسبب الجفاف، ولا تتجاوز نسبة البذور التي توضع على العمق المناسب أكثر من 40 - 50 %، لذلك لا بدّ من زيادة معدّل البذار لضمان الحصول على الكثافة النباتية المثلى.

ويُلاحظ أيضاً أنّ متوسط قيمة الأسمدة المعدنية المضافة كانت أقل تحت ظروف الزراعة الحافظة (3722 ل. س . هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3980 ل.س .هكتار$^{-1}$) بنسبة زيادة تقدّر بنحو 6.5 %. يُعزى ذلك إلى تقليل معدّل الأسمدة المعدنية المُضافة تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، لأنّ آلات البذر المباشر تعمل على وضع الأسمدة المعدنية على عمق مناسب ومتجانس (أسفل وجانب البذار، على مسافة 2 - 3 سم من البذار لتجنب التماس المباشر والتأثير الكاوي للأسمدة المعدنية في البذار)، الأمر الذي يُساعد في الحد من ضياع الأسمدة، ويزيد من كفاءة استعمالها، بالإضافة إلى حقيقة أنّ تطبيق الدورة الزراعية، التي تتضمن محصولاً بقولياً يُساعد في إغناء التربة بالآزوت، نتيجة عملية التثبيت الحيوي للآزوت الجوي (Biological nitrogen fixation)، بفضل العقد البكتيرية (Nodules) المتعايشة على جذور النباتات البقولية. يُساعد أيضاً تحسين محتوى التربة من المادة العضوية في تقليل الحاجة للأسمدة المعدنية الخارجية، نتيجة التحرير البطيء للعناصر المعدنية المغذية من المادة العضوية بفعل الكائنات الحية الدقيقة. يُلاحظ بالمقابل من الجدول (9) أنّ تكاليف أجور نثر الأسمدة المعدنية (نصف كمية الأسمدة الآزوتية المتبقية) كان أعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة (261 ل.س.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (241 ل. س . هكتار$^{-1}$)، لأنّ المزارع يضطر إلى زيادة معدّل الأسمدة الآزوتية تحت ظروف الزراعة الحافظة بسبب نمو النباتات وتطورها بشكلٍ أفضل بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. يؤدي أيضاً ترك بقايا المحصول، ولاسيما بقايا القمح والشعير إلى زيادة نسبة الكربون إلى الآزوت في التربة، الأمر الذي يمكن أن يُعرض النباتات إلى نقص الآزوت ما لم يُضفْ بكمياتٍ أكبر ولاسيما خلال السنوات الثلاثة الأولى من تطبيق نظام الزراعة الحافظة،

إلـى أن يتحسـن محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة (SOMC)، الأمـر الـذي يـؤدي إلـى زيـادة احتياجـات النباتـات مـن الآزوت، مـا يفسـر زيـادة أجـور نثـر الأسـمدة المعدنيـة بعـد الزراعـة بنسـبة 8 % تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة. يُلاحـظ أيضـاً أنّ ثمـن مبيـدات الأعشـاب الضّـارة كان نسـبياً أعلـى تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة (614 ل. س . هكتـار$^{-1}$) بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة (558 ل. س . هكتـار$^{-1}$)، ولكـن لـم تكـن هنـاك فروقـات فـي أجـور الـرش. يُعـزى ذلـك إلـى حقيقـة أنّ كثافـة الأعشـاب الضّـارة، عـادةً مـا تكـون أعلـى فـي الحقـول المزروعـة بنظـام الزراعـة الحافظـة، لأنّ فلاحـة التربـة قبـل الزراعـة تسـمح بالتخلـص مـن الأعشـاب الضّـارة التـي تنبـت قبـل الزراعـة، لذلـك فـإنّ عـدم فلاحـة التربـة يشـجع انتشـار الأعشـاب الضّـارة بكثافـةٍ أكبـر، ومـن ثـمّ سـيضطر المـزارع لاسـتعمال كميـة أكبـر مـن مبيـدات الأعشـاب الضّـارة، ولكـن هـذا لا يعنـي بالضـرورة اسـتمرار اسـتعمال مبيـدات الأعشـاب الضّـارة بكميـاتٍ أكبـر تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، لعـدّة أسـباب، أهمهـا:

- إنّ عـدم فلاحـة التربـة يعنـي عـدم إحضـار بـذور أعشـاب ضـارة جديـدة مـن طبقـات التربـة العميقـة إلـى طبقـات التربـة السـطحية، وبالتالـي تبقـى البـذور خـلال السـنوات اللاحقـة لتطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة علـى أعمـاقٍ لا تسـمح لهـا بالإنبـات.
- تسـمح عمليـة المكافحـة الكيميائيـة الفعّالـة لنباتـات الأعشـاب الضّـارة خـلال السـنوات الثلاثـة الأولـى مـن تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة فـي اسـتنزاف مخـزون طبقـات التربـة السـطحية مـن بـذور الأعشـاب الضّـارة.
- يسـمح تـرك بقايـا المحصـول السـابق بكميـاتٍ كافيـة فـوق سـطح التربـة فـي خفـض درجـة حـرارة التربـة بيـن السـطور المزروعـة، مـا يبطـئ مـن سـرعة إنبـات بـذور الأعشـاب الضّـارة، ويؤخـر ظهورهـا فـوق سـطح التربـة، ويُسـاعد أيضـاً تطبيـق الـدورة الزراعيـة المناسـبة الطويلـة الأمـد فـي تقليـل كثافـة الأعشـاب الضّـارة.

الجدول 9. متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س/هكتار) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول القمح خلال الموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011.

البيان	حافظة	تقليدية	نسبة الفروقات (%)
أجور تحضير الأرض	0	1573	100
أجور نثر الأسمدة قبل الزراعة	0	215	100
أجور نثر الأسمدة بعد الزراعة	261	241	- 8.3
أجور تعبئة الأسمدة	105	105	0
ثمن الأسمدة	3722	3980	6.5
المجموع	**4088**	**4541**	**9.9**
ثمن بذار	3124	3870	19.3
أجور عملية البذر	950	964	1.5
المجموع	4074	4834	15.7
ثمن مبيدات أعشاب	614	558	- 10
أجور رش مبيدات أعشاب	289	290	0.3
ثمن مبيدات أخرى	750	750	0
أجور رش مبيدات أخرى	160	160	0
المجموع	**1813**	**1758**	**3.03**
أجور حصاد	2200	2200	0
ثمن أكياس	874	763	-15
أجور نقل	750	750	0
متوسط اجمالي التكاليف	**13799**	**16419**	**% 15.9**

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011. (سعر صرف الدولار يعادل 50 ل. س).

تُشير نتائج البحوث السابقة أنّ كمية المبيدات المستعملة لمكافحة الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة قد انخفضت بمقدار النصف بعد السنة الثالثة، وتمّ الاستغناء عنها تماماً بعد مضي 5 - 7 سنوات على تطبيق نظام الزراعة الحافظة بشكلٍ مستمر. لذلك، يسمح تطبيق نظام الزراعة الحافظة في توفير ثمن مبيدات الأعشاب، وأجور رشها بعد مضي 5 سنوات، في حين يستدعي الاستمرار بالزراعة التقليدية ضرورة المكافحة الكيميائية للأعشاب الضّارة بشكلٍ سنوي، لأنّ عملية الفلاحة تعني إحضار بذور أعشاب جديدة في كل سنة من طبقات التربة العميقة إلى طبقات التربة السطحية. من المهم التأكيد في هذا الصدد على أهمية المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة في الحقول المزروعة بنظام الزراعة الحافظة، وإلاّ سيكون هذا النظام الزراعي كارثياً على المزارع. أما زيادة التكاليف المتمثلة بثمن الأكياس (15 %)، فهي تُعزى إلى زيادة متوسط الإنتاجية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. يُلاحظ بشكلٍ عام، أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة قد قلّل تكاليف الإنتاج الزراعي لمحصول القمح بنحو 15.9 %.

ونظراً إلى الأهمية الإستراتيجية لمحصول القمح، فقد سُلّط الضوء على المؤشرات التي تبين الأهمية النسبية لتطبيق نظام الزراعة الحافظة في محصول القمح فقط. يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول محصول القمح، تحت ظروف الزراعة المطرية، ضمن دورة زراعية مع المحاصيل البقولية (الحمص، والعدس، والبيقية)، مع مراعاة ترك قرابة 30 - 50 % من بقايا المحصول فوق سطح التربة إلى تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي بنحو 16 %، وزيادة الإنتاجية بنحو 15.3 %، وتقليل كمية الوقود المستهلكة بنحو 43 %، وتقليل عدد ساعات العمل بنحو 32 %، وتقليل كمية البذار المزروعة بنحو 17.7 %، وزيادة الإيرادات بنحو 12.8 %، وزيادة الربح بنحو 33 %، وزيادة هامش الربح الاقتصادي بنحو 34.29 % (الجدول، 10). تُشير هذه النتائج بشكلٍ لا لبس فيه إلى الجدوى الاقتصادية من تطبيق نظام الزراعة الحافظة.

الجدول 10. بعض المؤشرات الاقتصادية للدلالة على الأهمية النسبية لنظام الزراعة الحافظة (محصول القمح).

نوع الزراعة / المؤشر	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الفروقات (%)
التكاليف (ل.س/هكتار)	13799	16419	16
الإنتاجية (كغ/هكتار)	2210	1916	15.3
الوقود (ل/هكتار)	29	51	43
ساعات عمل آلية (ساعة/هكتار)	11	7.5	32
كمية البذار (كغ/هكتار)	158	192	17.7
الإيرادات (ل.س/هكتار)	44950	39820	12.8
الربح (ل.س/هكتار)	31151	23401	33
هامش الربح الاقتصادي (نسبة مخرجات الإنتاج الزراعي إلى مدخلاته)	3.25	2.42	34.29

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011.

3.7. الاستنتاجات والتوصيات من تطبيق نظام الزراعة الحافظة في سورية:

- يُعد نظـام الزراعـة الحافظـة مـن النظـم الزراعيـة الواعـدة تحـت ظـروف الزراعـة المطريـة، للعديـد مـن البيئـات والأنـواع المحصوليـة، لأنّـه يُسـهم فـي تقليـل تكاليـف الإنتـاج الزراعـي، وزيـادة الإنتاجيـة، ويُقلـل انبعـاث غـاز الكربـون، نتيجـة تقليـل معـدّل أكسـدة المـادة العضويـة (بسـبب عـدم الفلاحـة)، وزيـادة معدّل تراكـم المـادة العضوية فـي التربـة، وتقليـل كميـة الوقـود المسـتهلكة لإنجـاز العمليـات الزراعيـة المختلفـة.
- أدّى تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة إلـى زيـادة إنتاجيـة وحـدة المسـاحة لجميـع الأنـواع المحصوليـة المختبـرة، حيـث ازدادت الإنتاجيـة بنحـو 21.8 %، 23.82 %، 12.93 % لمحاصيـل القمـح، والشـعير، والعـدس علـى التوالـي.
- يُسـهم تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة فـي زيـادة هامـش الربـح للمـزارع، نتيجـة زيـادة نسـبة مخرجـات الإنتـاج الزراعـي إلـى مدخلاتـه، ويتأتـى ذلـك مـن توفيـر أجـور الفلاحـة ونثـر الأسـمدة المعدنيـة قبـل الزراعـة، وتقليـل معـدّل البـذار، وتقليـل كميـة الوقـود المسـتهلكة، وتقليـل عـدد سـاعات العمـل، وزيـادة الغلّـة الاقتصاديـة بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة.
- ارتفـاع نسـبة الإقبـال علـى الاسـتمرار بتطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة بيـن صفـوف المزارعيـن (96 %)، بسـبب التوفيـر الكبيـر فـي تكاليـف الإنتـاج الزراعيـة ابتـداءً مـن السـنة الأولـى، وتقليـل حـالات فشـل المحصـول، وتقليـل عـدد سـاعات العمـل.
- الاسـتمرار فـي نشـر نظـام الزراعـة الحافظـة، والتوسـع ضمـن مناطـق بيئيـة لـم تُسـتهدفْ مـن قبـل، لإيصـال هـذه التقانـة إلـى أكبـر شـريحة ممكنـة مـن المزارعيـن، ولاسـيما فـي مناطـق الزراعـة المطريـة.
- زيـادة مسـتوى الوعـي والمعرفـة بهـذا النظـام الزراعـي لـدى جميـع المهتميـن، ولاسـيما المزارعيـن لضمـان التطبيـق السـليم لنظـام الزراعـة الحافظـة لتحقيـق الفوائـد المرجـوة منـه، مـن خـلال الأيـام الحقليـة، والنـدوات العلميـة، والنشـرات الإرشـادية (الصـورة، 13).
- تنفيـذ الـدورات التدريبيـة المعمّقـة للعامليـن فـي مجـال الإرشـاد الزراعـي، لزيـادة كفاءتهـم فـي نقـل هـذه التقانـة الزراعيـة الواعـدة بالشـكل الصحيـح، وتسـريع وتيـرة تبنـي نظـام الزراعـة الحافظـة.
- ضـرورة إدمـاج نظـام الزراعـة الحافظـة ضمـن السياسـات الزراعيـة الحكوميـة، وتقديـم الدعـم للمزارعيـن لتسـهيل عمليـة شـراء الآلات الزراعيـة المناسـبة لهـذا النظـام الزراعـي.
- تشـجيع التصنيـع المحلـي لآلات الزراعـة الحافظـة، لضمـان إتاحتهـا بأسـعارٍ مناسـبة ومعقولـة للمزارعيـن، لا تتجـاوز 40 - 50 % مـن أسـعار الآلات المسـتوردة مـن الخـارج.

الصورة 13. انتشار تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول المزارعين في مختلف المحافظات السورية، وأهمية تشجيع التصنيع المحلي للآلات الزراعية لضمان انتشار هذا النظام الزراعي الواعد.

وتمّ خلال الموسم الزراعي 2019 - 2020 تنفيذ بحث حول تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة في محطة بحوث ازرع (درعا)، التابعة لمنظمة المركز العربي - أكساد، بهدف تقييم دور تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في تحسين إنتاجية محصول القمح (دوما6: أكساد$_{1133}$؛ دوما1: أكساد$_{1105}$)، ومحصول البيقية (البلدية) في دورة زراعية. كان متوسط الغلّة الحبية الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (4354 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3593 كغ.هكتار$^{-1}$)، حيث ازدادت الغلّة الحبية بمقدار 21.2 % تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. كان متوسط الغلّة الحبية الأعلى معنوياً في حال تطبيق الدورة الزراعية (4209 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع غياب الدورة الزراعية (3738 كغ.هكتار$^{-1}$). لوحظ أنّ متوسط الغلّة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري أكساد$_{1133}$ (4214 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع صنف القمح القاسي أكساد$_{1105}$ (3733 كغ.هكتار$^{-1}$) (الجدول، 11). تفوق نظام الزراعة الحافظة بالمتوسط في كفاءة استعمال مياه الأمطار (11.12 كغ. مم$^{-1}$ أمطار.الموسم$^{-1}$) على نظام الزراعة التقليدية (9.18 كغ. مم$^{-1}$ أمطار.الموسم$^{-1}$)، وتفوق صنف القمح الطري أكساد$_{1133}$ بالمتوسط في كفاءة استعمال المياه (10.76 كغ. مم$^{-1}$ أمطار.الموسم$^{-1}$) على صنف القمح القاسي أكساد$_{1105}$ (9.53 كغ. مم$^{-1}$ أمطار.الموسم$^{-1}$) (الجدول، 12). كان متوسط الإيراد والربح للهكتار الواحد المزروع بالقمح الأعلى تحت نظام الزراعة الحافظة (1742000، 1223500 ل.س على التوالي)، بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (1437000، 859000 ل.س على التوالي) (الجدول، 13؛ الصورة، 14). كانت نسبة الزيادة في الإيراد والربح للهكتار الواحد (21.22 و42.43 % على التوالي) في ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (الجدول، 11). كانت نسبة الانخفاض في التكاليف قرابة 10 %.

سجل تطبيق نظام الزراعة الحافظة زيادة معنوية في محتوى التربة من المادة العضوية، والآزوت المعدني، والفوسفور المتاح، والبوتاسيوم المتبادل (1.363 %، 14.72 ملغ/ كغ تربة، 27.32 ملغ/ كغ تربة، 432.17 ملغ/ كغ تربة على التوالي) بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (1.265 %، 10.45 ملغ/كغ تربة، 19.40 ملغ/كغ تربة، 351.43 ملغ/كغ تربة على التوالي) (الجدول، 11).

الجدول 11. متوسط الغلّة الحبية (كغ. هكتار$^{-1}$) لأصناف أكساد من القمح.

الأصناف	زراعة حافظة			زراعة تقليدية			متوسط الدورة الزراعية		المتوسّط الكلي للأصناف
	دورة زراعية	بدون دورة	المتوسط	دورة زراعية	بدون دورة	المتوسط	دورة زراعية	بدون دورة	
أكساد$_{1105}$	4350	3920	4135	3522	3140	3331	3936	3530	3733
أكساد$_{1133}$	4814	4330	4572	4150	3560	3855	4482	3945	4214
المتوسط	4582	4125	4354	3836	3350	3593	4209	3738	3973
المتغير	نظام الزراعة (A)		الدورة (B)	الأصناف (C)	A × B	A × C	B × C	A × B × C	
$LSD_{0.05}$	312.34		213.56	213.56	256.14	256.14	256.14	423.11	
المعنوية	*		*	*	*	*	*	*	
C.V.(%)	13.55								

المصدر: التقرير الفني السنوي، أكساد، 2020.

الجدول 12. كفاءة استعمال مياه الأمطار (كغ. مم-1 أمطار. الموسم-1) في أصناف القمح المدروسة.

نظام الزراعة	الأصناف		المتوسط
	أكساد1133	أكساد1105	
زراعة حافظة	11.68	10.56	11.12
زراعة تقليدية	9.85	8.51	9.18
المتوسط	10.76	9.53	10.15
المتغير	الأصناف	نظام الزراعة	التفاعل
$LSD_{0.05}$	0.47*	0.92*	1.41*
CV(%)	7.14	7.31	10.43

المصدر: التقرير الفني السنوي، أكساد، 2020.

الجدول 13. متوسط تكاليف وإيرادات وأرباح الهكتار الواحد تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية.

البيان	التكاليف (ل.س)		الإيراد (ل.س)		الربح (ل.س)	
نظام الزراعة	حافظة	تقليدية	حافظة	تقليدية	حافظة	تقليدية
	518500	578000	1742000	1437000	1223500	859000
الفرق	59500		305000		364500	
نسبة الانخفاض في التكاليف والزيادة في الإيرادات والأرباح (%)	10.29		21.22		42.43	

المصدر: التقرير الفني السنوي، أكساد، 2020.

حقل الزراعة الحافظة (مرحلة التسنبل)

حقل الزراعة التقليدية (مرحلة التسنبل)

حقل الزراعة الحافظة (مرحلة الحصاد)

حقل الزراعة التقليدية (مرحلة الحصاد)

الشكل 14. حقول الزراعة الحافظة بالمقارنة مع التقليدية خلال مرحلتي التسنبل والحصاد في محطة بحوث إزرع التابعة لأكساد، خلال الموسم الزراعي 2019 - 2020.

وتمّ خلال الفترة 2020 - 2021 تنفيذ مشروع قومي عربي بالتعاون بين منظمة المركز العربي أكساد مع وزارات الزراعة والمؤسسات البحثية التابعة لها والمزارعين في الدول العربية المعنية، بعنوان: **تطبيق نظام الزراعة الحافظة لتحسين إنتاجية محاصيل الحبوب الصغيرة (القمح والشعير) وخصائص التربة في الدول العربية،** وذلك في خمس دول عربية (سورية، لبنان، العراق، تونس، مصر)، بتمويلٍ كاملٍ من منظمة أكساد. وتمثلت أهداف المشروع بالنقاط الآتية:

- إعادة تأهيل النظم البيئية الزراعية المتدهورة.
- تحسين إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة.
- تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، وتحسين إنتاجية الأرض، والمياه.
- زيادة هامش الربح الاقتصادي للمزارعين وتحسين مستوى معيشتهم.
- زيادة مقدرة النظم البيئية الزراعية التكيفية، والتخفيف من وطأة التغيرات المناخية.
- نقل قصص النجاح إلى حقول المزارعين في الدول العربية المهتمة.
- تدريب الكوادر الفنية العربية على الأسس المستدامة لإدارة الأرض والمحصول.

وسيتم استعراض أهم النتائج التي تمّ التوصل إليها عبر المواسم الزراعية في الدول العربية المستهدفة .

الجمهورية العربية السورية:

تمّ تنفيذ المشروع في أربعة مواقع، ثلاثة منها في مراكز البحوث العلمية الزراعية التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، في كلٍ من السلمية، ودرعا (محطة إزرع)، والغاب، بالإضافة إلى حقل مزارع في منطقة السلمية. تمّت في منطقة السلمية دراسة تأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في تحسين إنتاجية محاصيل الشعير (الصنف فرات$_3$)، بمعدّل بذار 100 كغ.هكتار$^{-1}$ للزراعة الحافظة، و120 كغ.هكتار$^{-1}$ للزراعة التقليدية، والعدس (الصنف إدلب$_2$)، بمعدّل بذار 80 كغ.هكتار$^{-1}$ للزراعة الحافظة، و100 كغ.هكتار$^{-1}$ للزراعة التقليدية، والبيقية (الناربونية)، بمعدّل بذار 80 كغ.هكتار$^{-1}$ للزراعة الحافظة، و100 كغ.هكتار$^{-1}$ للزراعة التقليدية في منطقة السلمية، ضمن دورة زراعية ثنائية يتناوب فيه المحصول النجيلي مع المحصول البقولي، في كلا موقعي الدراسة (مركز البحوث: بمساحة 4 دونم؛ وحقل المزارع: بمساحة 6 دونم). تمّت مكافحة الأعشاب الضّارة رفيعة الأوراق في حقول المحاصيل البقولية باستعمال المبيد سوبر كيت، في حين استعمل المبيد غلايفوسيت لمكافحة الأعشاب الضّارة عريضة الأوراق في حقول الشعير، بالإضافة إلى عملية التعشيب اليدوي لإزالة نباتات الأعشاب الضّارة التي ظهرت لاحقاً في الحقول خلال بداية شهر آذار. وتمّت الزراعة بتاريخ 2020/11/15 لجميع الأنواع المحصولية المزروعة في المحطة البحثية وحقل المزارع. أُضيفت الأسمدة الآزوتية والفوسفاتية بمعدّل 50 كغ N، وP_2O_5 وحدة نقية في الهكتار الواحد باستعمال اليوريا 46 %، والسوبر فوسفات الثلاثي 46 % على التوالي، لكلٍ من حقول الزراعة الحافظة والتقليدية. كان معدّل الهطل المطري خلال الموسم الزراعي قرابة 218.9 مم. لوحظ أنّ متوسط الغلّة الحبية، والغلّة الحيوية، ووزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (1265، 4875 كغ . هكتار$^{-1}$، 40.05 غ على التوالي) بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية في حقل المركز (582.50، 3775 كغ . هكتار$^{-1}$، 37.70 غ على التوالي)، بنسب زيادة مقدارها 53.95، 22.56، 5.87 % على التوالي. وأبدى أيضاً نظام الزراعة الحافظة تفوقاً في صفات الغلّة الحبية والحيوية ووزن الألف حبة (1265، 6850 كغ.هكتار$^{-1}$، 39.15 غ على التوالي) بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية في حقل المزارع، بنسب زيادة 33.00، 14.60، 5.62 % على التوالي (الجدول، 14)، ما يُشير إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة في زيادة الكفاءة الإنتاجية الحبية والعلفية لمحصول الشعير ضمن دورة زراعية مناسبة (شعير- بيقية، أفضل من شعير- عدس).

الجدول 14. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في السلمية.

المحصول	موقع التنفيذ	نظام الزراعة	الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$)	الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$)	وزن 1000 حبة (غ)
الشعير	حقل المركز	شعير بعد عدس تقليدي	515	4100	36.9
		شعير بعد بيقية تقليدي	650	3450	38.5
		المتوسط	582.50	3775	37.70
		شعير بعد عدس حافظة	1220	4800	39.7
		شعير بعد بيقية حافظة	1310	4950	40.4
		المتوسط	1265	4875	40.05
		نسبة الزيادة (%)	53.95	22.56	5.87
	حقل المزارع	شعير بعد عدس تقليدي	805	5450	36.50
		شعير بعد بيقية تقليدي	890	6250	37.40
		المتوسط	847.50	5850	36.95
		شعير بعد عدس حافظة	1220	6750	39.4
		شعير بعد بيقية حافظة	1310	6950	38.9
		المتوسط	1265	6850	39.15
		نسبة الزيادة (%)	33.00	14.60	5.62

المصدر: التقرير الفني السنوي، أكساد، **2020**.

يُلاحظ أنّ متوسط الغلّة البذرية والغلّة الحيوية ووزن المئة بذرة بالنسبة إلى محصول العدس كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة في كلٍ من حقل المركز وحقل المزارع (653، 3867 كغ.هكتار$^{-1}$، 3.9 غ؛ 673، 2773 كغ.هكتار$^{-1}$، 4.1 غ على التوالي) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (433، 3630 كغ.هكتار$^{-1}$، 3.6 غ؛ 407، 2510 كغ.هكتار$^{-1}$، 3.9 غ على التوالي)، بنسب زيادة مقدارها 33.69، 6.12، 7.69؛ 39.52، 9.48، 4.47 % على التوالي في حقل المركز والمزارع على التوالي. كان متوسط الغلّة البذرية والغلّة الحيوية ووزن المئة بذرة في محصول البيقية النابونية الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (713، 3313 كغ.هكتار$^{-1}$، 18 غ؛ 667، 1987 كغ.هكتار$^{-1}$، 17.5 غ على التوالي في حقل المركز وحقل المزارع على التوالي) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (533، 2853 كغ.هكتار$^{-1}$، 17 غ؛ 527، 1647 كغ.هكتار$^{-1}$، 17.1 غ على التوالي)، بنسب زيادة مقدارها 25.24، 13.88، 5.55 %؛ 20.96، 17.11، 2.28 % على التوالي في حقل المركز وحقل المزارع) (الجدول، 15).

الجدول 15. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محصولي العدس والبيقية في السلمية.

المحصول	موقع التنفيذ	نظام الزراعة	الغلة البذرية (كغ.هكتار$^{-1}$)	الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$)	وزن 100 بذرة (غ)
عدس	حقل المركز	تقليدية	433	3630	3.6
		حافظة	653	3867	3.9
		نسبة الزيادة (%)	33.69	6.12	7.69
	حقل المزارع	تقليدية	407	2510	3.9
		حافظة	673	2773	4.1
		نسبة الزيادة (%)	39.52	9.48	4.87
بيقية ناربونية	حقل المركز	تقليدية	533	2853	17
		حافظة	713	3313	18
		نسبة الزيادة (%)	25.24	13.88	5.55
	حقل المزارع	تقليدية	527	1647	17.1
		حافظة	667	1987	17.5
		نسبة الزيادة (%)	20.98	17.11	2.28

المصدر: التقرير الفني السنوي، أكساد، **2020**.

محطة بحوث ازرع: تمّت دراسة تأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية محاصيل الشعير (الصنف فرات$_6$)، والقمح القاسي (الصنف دوما$_3$)، العدس (الصنف حوراني)، والحمص (الصنف غاب$_3$) ضمن دورة زراعية ثنائية لكلا نظامي الزراعة التقليدية والحافظة. كان معدّل البذار للأنواع المحصولية المزروعة تحت ظروف الزراعة الحافظة 100 كغ.هكتار$^{-1}$ لكلٍ من القمح والشعير، و80 كغ.هكتار$^{-1}$ لكلٍ من العدس والحمص، في حين كان معدّل البذار تحت ظروف الزراعة التقليدية 120 و150 كغ.هكتار$^{-1}$ لكلٍ من الشعير والقمح على التوالي، و100 كغ.هكتار$^{-1}$ لكلٍ من العدس والحمص. تمّ تقديم كل الإجراءات الوقائية والزراعية اللازمة، بما في ذلك مكافحة فأر الحقل والأعشاب الضّارة باستعمال المبيدات الكيميائية المناسبة. تمّت الزراعة بتاريخ 2020/12/26 لجميع الأنواع المحصولية المدروسة. تميز الموسم الزراعي بشكلٍ عام بأنّه مائل للجفاف، حيث كانت كميات الأمطار السنوية الهاطلة نحو 258.6 مم، أقل بقليل من المعدّل السنوي العام (290 مم)، وللأسف لم تكن الهطولات المطرية موزعة بشكلٍ جيد على مدار فصل النمو، حيث انحبست الأمطار في بداية الموسم، وفي شهر نيسان وتزامن ذلك مع ارتفاع درجات الحرارة لأكثر من خمسة إلى عشرة درجات عن المعدّل العام، حيث وصلت إلى نحو الي 39 درجة، الأمر الذي أدّى إلى تعرّض النباتات للإجهاد المائي المتزامن مع الحرارة المرتفعة، خلال مرحلتي الإزهار وامتلاء الحبوب، ما أثر سلباً في غلّة المحاصيل المزروعة الاقتصادية، وبخاصةٍ تحت ظروف الزراعة التقليدية، حيث أدّى إلى حدوث حالات الفشل الكامل لجميع الأنواع المحصولية المزروعة، باستثناء محصولي الحمص والعدس بالمقارنة مع الزراعة الحافظة (الجدول، 16). يُعزى ذلك إلى دور الزراعة الحافظة في المحافظة على محتوى التربة المائي، نتيجة عدم الفلاحة (قلب التربة)، الأمر الذي يُقلل من معدّل فقد لمياه بالتبخر بشكلٍ مباشر من سطح التربة، ويحافظ على مخزون التربة المائي لفترةٍ زمنيةٍ

أطول، بما يضمن إتاحة المياه في منطقة انتشار الجذور خلال المراحل التطورية المتقدمة الحرجة (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، ما يزيد من عدد الحبوب المتشكلة في النبات/وحدة المساحة من الأرض، ووزن الألف حبة، ومن ثمّ الغلّة الحبية، ويحول دون وقوع حالات الفشل للمحاصيل تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. تفوقت الغلّة البذرية والغلّة الحيوية في محصولي الحمص والعدس ضمن دورة زراعية مع القمح تحت ظروف الزراعة الحافظة (281، 575 كغ.هكتار$^{-1}$؛ 253، 476 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (163، 368 كغ.هكتار$^{-1}$؛ 167، 320 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، إلاّ أنّ ظروف الجفاف حالت دون الحصول على طاقةٍ إنتاجية جيدة (الجدول، 16).

الجدول 16. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في إنتاجية محصول القمح في موقع إزرع.

نظام الزراعة	الغلّة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$)	الغلّة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$)
تقليدية - قمح بعد عدس	0	0
حافظة - قمح بعد عدس	583	223
تقليدية - قمح بعد حمص	0	0
حافظة - قمح بعد حمص	523	177
تقليدية - شعير بعد عدس	0	0
حافظة - شعير بعد عدس	383	193
تقليدية - حمص بعد قمح	368	163
حافظة - حمص بعد قمح	575	281
تقليدية - عدس بعد قمح	320	167
حافظة - عدس بعد قمح	476	253
تقليدية - عدس بعد شعير	298	166
حافظة - عدس بعد شعير	514	261

مركز بحوث الغاب: تمّت دراسة تأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية محاصيل القمح القاسي (بحوث$_{11}$)، والحمص (الصنف غاب$_3$) ضمن دورة زراعية ثنائية (حمص - قمح) لكلا نظامي الزراعة التقليدية والحافظة. كان معدّل البذار للأنواع المحصولية المزروعة تحت ظروف الزراعة الحافظة 100 كغ.هكتار$^{-1}$ لمحصول القمح القاسي و80 كغ.هكتار$^{-1}$ لمحصول الحمص، في حين كان معدّل البذار تحت ظروف الزراعة التقليدية 150 كغ.هكتار$^{-1}$ لمحصول القمح، و100 كغ.هكتار$^{-1}$ لمحصول الحمص. تمّ تقديم كافة الإجراءات الوقائية والزراعية اللازمة، بما في ذلك مكافحة الأعشاب الضّارة باستعمال المبيدات الكيميائية المناسبة. تمّت الزراعة بتاريخ 2020/12/21 لجميع الأنواع المحصولية، أمّا بالنسبة لمحصول القمح، وبتاريخ 2020/12/29 بالنسبة لمحصول الحمص لكلٍ من الزراعتين الحافظة والتقليدية. تميز الموسم الزراعي بشكلٍ عام بأنّه مائل للجفاف، حيث كانت كميات الأمطار السنوية الهاطلة نحو 459.5 مم. كان متوسط الغلّة لمحصولي القمح والحمص الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (3435، 2791 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3369، 992 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، بنسبة زيادة مقدارها 1.92، 14.99 % لكلٍ من محصولي القمح والحمص على التوالي. كان أيضا متوسط الغلّة الحيوية الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (14987، 2791 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (14080، 2635

كغ.هكتار$^{-1}$)، بنسبة زيادة مقدارها 6.05، 5.58 % على التوالي (الجدول، 17).

الجدول 17. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدي في محصولي القمح والحمص في الغاب.

نظام الزراعة	الغلّة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$)	الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$)
تقليدية - قمح بعد حمص	14080	3369
حافظة - قمح بعد حمص	14987	3435
نسبة الزيادة (%)	6.05	1.92
تقليدية - حمص بعد قمح	2635	992
حافظة - حمص بعد قمح	2791	1167
نسبة الزيادة (%)	5.58	14.99

المصدر: التقرير الفني السنوي، 2022.

يُلاحظ بالنسبة إلى نتائج تحليل التربة بعد الحصاد، أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول الحمص قد أدّى إلى زيادة جميع الخصائص الخصوبية للتربة، حيث كانت نسبة الزيادة في محتوى التربة من العناصر المغذية الكبرى (N, P, K) نحو 50.40، 35.49، و 11.54 % على التوالي بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وكانت نسبة الزيادة في محتوى التربة من المادة العضوية نحو 16.73 %. أدّى أيضاً تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول القمح إلى زيادة جميع الخصائص الخصوبية للتربة، حيث كانت نسبة الزيادة في محتوى التربة من العناصر المغذية الكبرى (N, P, K) نحو 38.46، 34.43، و12.61 % على التوالي بالمقارنة مع الزراعة التقليدية.

ازدادت نسبة المادة العضوية في التربة في حقلي الحمص والقمح بنحو 16.73 و13.88 % على التوالي بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وهذا ما يُفسر تفوق الغلّتين الحبية والحيوية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، بالإضافة إلى دور الزراعة الحافظة في تحسين محتوى التربة المائي، نتيجة تقليل كمية المياه المفقودة بالتبخر، وتحسين كفاءة استعمال المياه، وكمية المياه المتاحة للنباتات خلال المراحل المتقدمة الحرجة من دورة حياة المحصول (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، وما يؤكد ذلك انخفاض تركيز الأملاح الذوّابة، ومن ثمّ الناقلية الكهربائية لمحلول عجينة التربة المشبعة تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية بنحو 18.75، و 5.88 % لكلٍ من حقلي الحمص والقمح على التوالي (الجدول، 18؛ الصورة، 15).

الجدول 18. نتائج تحليل التربة في حقول الزراعة الحافظة والتقليدية لمحصولي الحمص والقمح.

نظام الزراعة	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	O.M (%)	ECe dSm^{-1}	pH 5:1
حمص تقليدي	6.2	13.63	207	1.94	0.16	7.65
حمص حافظة	12.5	21.13	234	2.33	0.13	7.55
نسبة الزيادة (%)	50.40	35.49	11.54	16.73	- 18.75	- 1.31
قمح تقليدي	5.6	14.5	201	1.86	0.17	7.53
قمح حافظة	9.1	22.11	230	2.16	0.16	7.58
نسبة الزيادة (%)	38.46	34.43	12.61	13.88	- 5.88	0.66

المصدر: التقرير الفني السنوي، 2022.

حقول الزراعة الحافظة في محطة بحوث الغاب

زراعة حقول الزراعة الحافظة في محطة بحوث الغاب

حقل الزراعة الحافظة في محطة بحوث ازرع

زراعة حقل الزراعة الحافظة في محطة بحوث ازرع

الصورة 15. حقول الزراعة الحافظة في كلٍ من محطة بحوث الغاب وإزرع في سورية.

الجمهورية اللبنانية:

مواقـع تنفيـذ المشـروع: تـمّ تنفيـذ المشـروع فـي ثلاثـة مواقـع بيئيـة تابعـة لمصلحـة الأبحـاث العلميـة الزراعيـة (LARI)، وهـي:

محطـة تـل عمـارة (البقـاع الأوسـط): يُقـدّر معـدّل الأمطـار السـنوية فيهـا بنحـو 650 مـم (علمـاً أنّ معـدّل الهطـل المطـري خـلال الموسـم الزراعـي كان 523.20 مـم). تمّـت زراعـة محصـول القمـح الطـري (أكسـاد$_{1133}$) تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة فـي المسـاحة التـي كانـت مزروعـة خـلال الموسـم الزراعـي السـابق بخليـطٍ علفـي مـن محصولـي الشـعير والبيقيـة، ضمـن دورة زراعيـة ثنائيـة، بتاريـخ 2020/12/5، بمعـدّل بـذار 150 كغ.هكتـار$^{-1}$، فـي حيـن زُرع الخليـط العلفـي فـي القطعـة التـي كانـت مزروعـة خـلال الموسـم الماضـي بمحصـول القمـح الطـري، بمعـدّل بـذار 100 كغ.هكتـار$^{-1}$. تـمّ تقديـم كافـة الإجـراءات الوقائيـة اللازمـة، وعمليـات الخدمـة الموصـى بهـا [(تسـميد: السـماد المركـب NPK (15: 15: 15) بمعـدّل 300 كغ.هكتـار$^{-1}$ عنـد الزراعـة؛ وتمّـت مكافحـة الأعشـاب الضـارة مـن خـلال رش مبيـد أعشـاب عـام قبـل الزراعـة (Glyphostae)، ورش المبيـد الإنتقائـي للقضـاء علـى الأعشـاب

العريضة في حقل القمح بتاريخ 25 شباط لعام 2021 (Clodinafop-propargyl-Tribenuron methyl)، بالإضافة إلى عمليات التعشيب اليدوي لنباتات الشوفان].

محطة كفردان (البقاع الشمالي): يُقدّر معدّل الأمطار السنوية فيها بنحو 250 مم (علماً أنّ معدّل الهطل المطري خلال الموسم الزراعي كان 321.60 مم). تمّت زراعة خمسة دونمات بواسطة الزراعة الحافظة (CA)، وخمسة دونمات بواسطة الزراعة التقليدية (TA) بمحصول الحمص (الصنف غاب$_1$)، بتاريخ 2020/12/11، علماً أنّ المساحة كانت مزروعة خلال الموسم الزراعي السابق بمحصول الشعير (الصنف كفردان$_1$). اعتمدت أيضاً جميع الإجراءات الوقائية والمعاملات السمادية المذكورة آنفاً.

محطة تربل (البقاع الأوسط): يُقدّر معدّل الأمطار السنوية فيها بنحو 650 مم (علماً أنّ معدّل الهطل المطري خلال الموسم الزراعي كان 530.20 مم)، تمّت زراعة 3.5 دونم بواسطة الزراعة الحافظة، و3.5 دونم بواسطة الزراعة التقليدية بكلٍ من محصول صنف الشعير أكساد$_{176}$ (كفردان$_1$)، بمعدّل 130 كغ . هكتار$^{-1}$، ومحصول الفول البلدي، بمعدّل بذار 150 كغ . هكتار$^{-1}$، بتاريخ 19/ 12/ 2020، علماً أنّ الأرض كانت مزروعة خلال الموسم الزراعي السابق بمحصول القمح. تمّ رش مبيد أعشاب عام (غليفوزات Glyphosate) قبل الزراعة، في حين تمّت عملية التعشيب اليدوي في حقلي الفول والشعير. بيّنت النتائج بالنسبة إلى التجربة المنفذة في محطة تل عمارة وجود فروقاتٍ معنوية في صفتي الغلّة الحبية، وغلّة القش بين نظامي الزراعة الحافظة والزراعة التقليدية، في حين لم تكن الفروقات معنوية في صفة وزن الألف حبة. كان متوسط الغلّة الحبية والغلّة الحيوية لمحصول القمح الطري (أكساد$_{1133}$) الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (3170؛ 7140 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3150؛ 6840 كغ.هكتار$^{-1}$) (الجدول، 19).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية في جميع الصفات المدروسة للمخاليط العلفية (بيقية + شعير) بين نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية، حيث كان متوسط الغلّة الحيوية (Biological yield) للخليط العلفي، ونسبة المادة الجافة، ونسبة البروتين الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (5380 كغ.هكتار$^{-1}$ و93.62 %، 13.14 % على التوالي) بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (5266 كغ.هكتار$^{-1}$، 92.65 %، 11.04 % على التوالي) (الجدول، 20).

الجدول 19. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية محصول القمح الطري (أكساد1133).

نظام الزراعة	الغلة الحبية (كغ. هكتار$^{-1}$)	الغلّة الحيوية (كغ. هكتار$^{-1}$)	وزن 1000 حبة (غ)
حافظة	3170^{a}	7140^{a}	32.60^{a}
تقليدية	3150^{b}	6840^{b}	32.25^{a}
المتوسط 3160		6990	32.42
نسبة الزيادة (%)	1	4	1
LSD (5%)	316.22*	*1150.32	0.61^{ns}
CV (%)	11.30	10.52	6.13

الجدول 20. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية الخليط العلفي.

نظام الزراعة	الكتلة الحية (كغ. هكتار$^{-1}$)	نسبة المادة الجافة (%)	نسبة البروتين (%)
حافظة	5380^{a}	93.62^{a}	13.14 ^{a}
تقليدية	5266 ^{b}	92.65^{b}	11.04 ^{b}
المتوسط	5323	93.13	12.09
نسبة الزيادة (%)	2	1	19
LSD (5%)	101.13*	0.85*	1.16*
CV (%)	11.32	5.23	3.43

المصدر: التقرير الفني السنوي، 2022.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي في محطة تربل وجود فروقاتٍ معنوية في صفتي الغلّة الحبية والغلّة الحيوية، في حين لم تكن الفروقات معنوية في صفة وزن الألف حبة 1000-kernel weight، بين نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية لمحصول الشعير أكساد$_{176}$ (كفردان$_{1}$). كان متوسط الغلّة الحبية والغلّة الحيوية الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (3330، 6317 كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (2400، 4716 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي). بلغت نسبة الزيادة في الغلّة الحبية والغلّة الحيوية نحو 39 و34 % تحت نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (الجدول، 21).

الجدول 21. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محصول الشعير (كفردان1).

نظام الزراعة	الغلّة الحبية (كغ. هكتار$^{-1}$)	غلّة القش (كغ. هكتار$^{-1}$)	وزن 1000 حبة (غ)
حافظة	3330^{a}	6317^{a}	32.25^{a}
تقليدية	2400^{b}	4716^{b}	31.70^{a}
المتوسط	2865	5516	32.00
نسبة الزيادة (%)	39	34	2
LSD (5%)	316.22*	*1150.32	0.61^{ns}
CV (%)	11.30	10.52	6.13

المصدر: التقرير الفني السنوي، 2022.

يُلاحظ بالنسبة إلى محصول الفول، فقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية في صفتي الغلّة البذرية والغلّة الحيوية بين نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية ، حيث كانت هاتين الصفتين الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة (2530، 11000 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (1750، 10030 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي). بلغت نسبة الزيادة في الغلّة الحبية والغلّة الحيوية نحو 45 و10 % تحت نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية على التوالي (الجدول، 22).

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي في محطة كفردان وجود فروقاتٍ معنوية في صفات الغلّة البذرية، والكتلة الحيوية، ووزن المئة بذرة بين نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية في محصول الحمص، حيث كان متوسط الغلّة البذرية والغلّة الحيوية، ووزن المئة بذرة الأعلى معنوياً تحت ظروف نظام الزراعة الحافظة (1800 كغ. هكتار$^{-1}$؛ 3566 كغ.هكتار$^{-1}$؛ 27.50 غ على التوالي) بالمقارنة مع ظروف نظام الزراعة التقليدية (1516 كغ.هكتار$^{-1}$؛ 3250 كغ.هكتار$^{-1}$؛ 25.30 على التوالي). بلغت نسبة الزيادة في الغلّة البذرية والغلّة الحيوية ووزن المئة بذرة نحو 18.7، 10، و8.7 % على التوالي تحت نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (الجدول، 23، الصورة، 16).

الجدول 22. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محصول الفول البلدي.

نظام الزراعة	الغلة الحبية (كغ . هكتار$^{-1}$)	الغلة الحيوية (كغ . هكتار$^{-1}$)
حافظة	2530^{a}	11000^{a}
تقليدية	1750^{b}	10030^{b}
المتوسط	2140	10510
نسبة الزيادة (%)	45	10
LSD (5%)	322.52*	723.41*
CV (%)	7.23	9.82

المصدر: التقرير الفني السنوي، 2022.

الجدول 23. تأثير نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محصول الحمص.

نظام الزراعة	الغلّة الحبية (كغ . هكتار$^{-1}$)	غلّة القش (كغ . هكتار$^{-1}$)	وزن المئة بذرة (غ)
حافظة	1800^{a}	3566^{a}	27.5^{a}
تقليدية	1516^{b}	3250^{b}	25.3^{b}
المتوسط	1658	3408	264
نسبة الزيادة (%)	18.7	10.0	8.7
LSD (5%)	126.34*	*250.56	13.44*
CV (%)	9.33	8.73	5.65

المصدر: التقرير الفني السنوي، 2022.

تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في موقع تل عمارة في الجمهورية اللبنانية.

حصاد محصول القمح الطري (أكساد1133) في حقل الزراعة الحافظة في موقع تل عمارة في لبنان.

الخليط العلفي المزروع في موقع تل عمارة تحت ظروف الزراعة الحافظة في لبنان.

الصورة 16. حقول الزراعة الحافظة في الجمهورية اللبنانية.

الجمهورية العراقية:

تمّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في جمهورية العراق خلال الموسم الزراعي 2020-2021 ضمن تسعة مواقع، في محافظتي نينوى والأنبار، توزعت مواقع محافظة نينوى ضمن المنطقتين شبه مضمونة الأمطار (يتراوح معدّل الهطل المطري 350- 450 مم)، والمنطقة غير مضمونة الأمطار (الحدية: 250- 350 مم)، في حين تركزت في المنطقة الصحراوية في محافظة الأنبار، في حقول المزارعين، بواقع (1 هكتار) لكلٍ من الزراعة الحافظة والزراعة التقليدية في كل موقع، وفي محطة بحوث تلعفر التابعة لقسم بحوث نينوى في قضاء تلعفر.

محافظة نينوى

1- المنطقة شبه مضمونة الأمطار: تمّت دراسة تأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية محصول القمح الطري (الصنف أبو غريب) (10 دونم لكلٍ نظام زراعي)، في موقعي النمرود وحميدات (معدّل الهطل المطري 200 مم)، بمعدّل بذار 120 كغ.هكتار$^{-1}$، وزرعت البذار في موقع النمرود بتاريخ 2020/12/12، وفي موقع حميدات بتاريخ 2021/11/18، وفي تحسين إنتاجية محصول الشعير (الصنف أسود محلي)، في منطقة حميدات بمساحة 10 دونم، بتاريخ 2021/11/18، بمعدّل بذار 120 كغ.هكتار$^{-1}$، وتمّ تقديم جميع الإجراءات الوقائية والزراعية الموصى بها لكل نوع محصولي ومنطقة بيئية.

2- المنطقة الحدية غير مضمونة الأمطار: تمّت دراسة تأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية محصول القمح الطري (الصنف أبو غريب نواة) (10 دونم لكلٍ نظام زراعي)، في موقع تلعفر (محطة بحوث تلعفر) (معدّل الهطل المطري 92.35 مم)، بمعدّل بذار 120 كغ . هكتار$^{-1}$، وزُرعت البذار بتاريخ

2020/12/7، وفي تحسين إنتاجية محصول الشعير (الصنف أسود محلي)، في مواقع خراب اجحاش وبكي قوت، والبخور، وحمرة (معدّل الهطل المطري السنوي 134 مم)، بتاريخ 2021/10/28، و2020/11/1، 2020/11/4 على التوالي، بمعدّل بذار 120 كغ.هكتار$^{-1}$، لكلٍ من نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية. وتمّ تقديم جميع الإجراءات الوقائية والزراعية الموصى بها لكل نوع محصولي ومنطقة بيئية.

محافظة الأنبار: تمّت دراسة تأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية محصول القمح الطري (الصنف برشلونة) تحت ظروف الزراعة المروية (10 دونم لكلٍ نظام زراعي)، بمعدّل بذار 160 كغ . هكتار$^{-1}$، وزرعت البذار بتاريخ 2020/11/25، (معدّل الهطل المطري 121 مم). تمّ تقديم جميع الإجراءات الوقائية والزراعية الموصى بها لكل نوع محصولي ومنطقة بيئية.

يُلاحظ أنّ متوسط إنتاجية محصول القمح أو الشعير (حسب الموقع) كان الأعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية تحت ظروف الزراعة المطرية في محافظة نينوى (النمرود، محطة بحوث تلعفر، خراب جحاش، وبكي قوط) (990.40، 394.30، 630.20، 698.80 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (917.40، 180.20، 553.90، 471.00 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، بنسب زيادة مقدارها 7.90، 118.80، 13.80، 48.30 % على التوالي (الجدول، 24). تفوقت إنتاجية محصول القمح (الصنف برشلونة) تحت ظروف الزراعة المروية في محافظة الأنبار تحت ظروف الزراعة الحافظة (4600 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3800 كغ.هكتار$^{-1}$)، بنسبة زيادة مقدارها 23 %. كانت نسبة الزيادة في الغلّة الحبية -تحت ظروف الزراعة الحافظة - أعلى تحت ظروف الزراعة المطرية (28 %) بالمقارنة مع الزراعة المروية (23 %) (الجدول، 24)، ما يؤكد على أهمية نظام الزراعة الحافظة في زيادة المقدرة التكيفية للأنواع المحصولية المزروعة من خلال تحسين إنتاجية المياه (الصورة، 17).

الجدول 24. تأثير تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في محافظتي نينوى والأنبار.

الموقع	متوسط إنتاجية الهكتار الواحد (كغ . هكتار$^{-1}$)		نسبة الزيادة (%)	وزن الألف حبة (غ)		نسبة الزيادة (%)
	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية		الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	
النمرود	990.4	917.4	7.9	26.50	23.18	12.83
محطة بحوث تلعفر	394.3	180.2	118.8	41.33	15.84	105.35
خراب جحاش	630.2	553.9	13.8	0.60	0.60	0.00
بكي قوط	698.8	471	48.3	32.12	29.74	3.11
المتوسط	678	530	28	25.13	17.34	30.32
الأنبار	4600	3800	21	54.17	45.77	15.51
المتوسط العام للمحافظتين	**1462.74**	**1184.5**	**23**	**39.65**	**31.55**	**22.92**

المصدر: التقرير الفني السنوي، 2022.

حقول الزراعة الحافظة

حقول الزراعة التقليدية

الشكل 17. حقول الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في مواقع مختلفة، وخلال مراحل تطورية متباينة في جمهورية العراق.

الفصل الثامن
دور الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية المياه والأنواع المحصولية في البيئات الجافة وشبه الجافة العربية
Role of Conservation Agriculture in Improving Water and Crops Productivity in the Arid and Semi-arid Environments of the Arab World

تشتمل منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط على تنوعٍ كبير من النظم الزراعية، حيث يُعد الماء فيها أحد الأسباب الرئيسة المحددة للإنتاجية. عادةً ما تتسم غلة الأنواع المحصولية في مناطق الزراعة الجافة بانخفاضها، وتباينها من موسمٍ زراعي لآخر، بسبب التباين الموسمي الكبير في معدّل الهطل المطري، وعدم انتظام توزع الأمطار خلال موسم النمو، إذْ يحدث قرابة 85% من الهطل المطري السنوي خلال الأشهر من تشرين الأوّل (October) إلى شهر نيسان (April). تهطل معظم الأمطار خلال فصلي الخريف والشتاء، وتبدأ معالم العجز المائي (Water deficit) بالظهور خلال فصل الربيع مسببةً تعرض النباتات خلال مرحلة الإزهار للإجهاد المائي المتوسط الشدة، وتزداد وطأة شدة الإجهاد المائي تدريجياً بسبب انحباس الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة فتتعرض النباتات للإجهاد المائي الشديد خلال مرحلة امتلاء الحبوب. يُسبب هذا التباين في الأمطار، تبايناً قد يصل إلى 75 % في غلّة محصول القمح الحبية.

تختلف استجابة المحصول لنظام الفلاحة بشكلٍ كبير بسبب التباين في التفاعلات بين طريقة الفلاحة والعوامل الأرضية واحتياجات المحصول، والعوامل المناخية. تُعزى زيادة الإنتاجية إلى ازدياد محتوى التربة المائي واستعمال المياه من قبل نباتات المحصول، ولاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة. في حين يُعزى تردي الإنتاجية إلى الإصابة بالأمراض والحشرات، واستفحال الأعشاب الضّارة وعدم حركة الآزوت. تحت ظروف شح المياه، وعندما تكون كميات المياه المتاحة في التربة غير كافية لتأمين احتياجات النباتات المائية خلال كامل موسم النمو، فإنّ غلّة محاصيل الحبوب عادةً ما تكون أكبر أو تساوي غلّتها في نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الفلاحة التقليدية، وترتبط بشكلٍ إيجابي مع التبكير في ظهور البادرات، والنمو المبكر خلال فصل الخريف. يُساعد إبقاء بقايا المحصول فوق سطح التربة من خلال تطبيق نظام الزراعة الحافظة، مثل الفلاحة السطحية، أو الفلاحة المخففة على المدى الطويل في تحسين قوام التربة، ودورة العناصر المعدنية المغذية فيها، ولاسيما في البيئات المعتدلة.

يُساعد الغطاء النباتي في حماية التربة من تأثير الرياح (López *et al.*, 1998)، ومن التأثير المبعثر لوقع قطرات المطر (Boulal وزملاؤه، 2011؛ Bashour وزملاؤه، 2016)، ويُقلّل من خطر تشكل قشرة سطحية كتيمة، التي يُمكن أن تعيق ظهور البادرات فوق سطح التربة، ورشح المياه إلى باطنها، الأمر الذي يؤثر سلباً في محتوى التربة المائي (Soil moisture content) (SMC)، وكمية المياه المتاحة للنبات (Schuller *et al.*, 2007)، ما يُقلل من الفواقد المائية غير المنتجة (التبخر، والجريان السطحي، والصرف العميق)، ويزيد الفواقد المائية المنتجة (النتح أثناء عملية التبادل الغازي عن طريق المسامات)، فتزداد تبعاً لذلك كفاءة استعمال المياه (WUE) (إنتاجية المياه Water productivity) (Grassini *et al.*, 2011).

بيّنت نتائج تطبيق الزراعة الحافظة في حقول المزارعين من قبل أكساد أنّ كفاءة استعمال مياه الأمطار في محصول القمح في محافظة الحسكة كانت أكبر في حقول الزراعة الحافظة (4.26 كغ. مم$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3.14 كغ. مم$^{-1}$). وكانت قيمة كفاءة استعمال مياه الأمطار أعلى (8.01 كغ. مم$^{-1}$) تحت

ظـروف الزراعـة الحافظـة بالمقارنـة مـع ظـروف الزراعـة التقليديـة (6.88 كـغ. مـم$^{-1}$) بالنسـبة إلـى محصـول القمـح فـي محافظـة حلـب. وكانـت قيمـة كفـاءة اسـتعمال ميـاه الأمطـار فـي الزراعـة الحافظـة للقمـح أعلـى (5.88 كـغ. مم$^{-1}$) بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة (4.17 كـغ. مـم$^{-1}$) فـي محافظـة حمـص. كانـت قيمـة كفـاءة اسـتعمال ميـاه الأمطـار (RWUE) أعلـى فـي حقـول الزراعـة الحافظـة المزروعـة بمحصـول القمـح (9.26 كـغ. مـم$^{-1}$)، فـي حيـن كانـت فـي حقـول الزراعـة التقليديـة (8.11 كـغ. مـم$^{-1}$) وذلـك فـي محافظـة درعـا. يُعـزى ذلـك إلـى دور الزراعـة الحافظـة فـي تقليـل معـدّل فقـد الميـاه بالتبخـر Evaporation (E) المباشـر نتيجـة عـدم قلـب التربـة، بالإضافـة إلـى دور بقايـا المحصـول المتروكـة فـوق سـطح التربـة فـي تقليـل معـدّل فقـد الميـاه بالجريـان السـطحي، وزيـادة معـدّل رشـح الميـاه إلـى باطـن التربـة، مـا يزيـد مـن كميـة الميـاه المتاحـة فـي منطقـة انتشـار الجـذور (أكسـاد، 2010). أكّـد المزارعـون الذيـن طبقـوا نظـام الزراعـة الحافظـة فـي جنـوب غـرب أسـتراليا بـأنّ كفـاءة اسـتعمال الميـاه تضاعفـت تقريبـاً بعـد عشـر سـنوات مـن تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة (Crabtree, 2010).

أظهـرت دراسـة علـى محصـول القمـح أنّ معـدّل فقـد الميـاه بالتبخـر خـلال فتـرة مـن 2 إلـى 5 أسـابيع مـن الهطـول المطـري، كان أقـل بنحـو 0.3 إلـى 3 مـرات فـي القطـع التجريبيـة المغطـاة بالبقايـا النباتيـة بالمقارنـة مـع القطـع الجـرداء، التـي أُزيلـت منهـا كامـل بقايـا المحصـول السـابق، وبالتالـي فـإنّ تراجـع معـدّل فقـد الميـاه بالتبخـر (E) مـن خـلال الاحتفـاظ بالبقايـا النباتيـة، أدّى إلـى زيـادة محتـوى التربـة المائـي (SMC) فـي الطبقـة السـطحية المحيطـة بالبـذور، الأمـر الـذي أدّى إلـى تحسـين معـدّل الإنبـات واسترسـاء البـادرات، بالمقارنـة مـع القطـع الأخـرى المفلوحـة (Li *et al.*, 2005). بيّـن (Govaerts *et al.*, 2009b) أنّ محتـوى التربـة المائـي تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة مـع وجـود البقايـا النباتيـة كان أعلـى بالمقارنـة مـع التربـة المفلوحـة فـي المرتفعـات فـي المكسـيك.

بيّنـت دراسـة لمحتـوى التربـة المائـي عنـد أعمـاقٍ مختلفـة خـلال أربـع مراحـل مختلفـة مـن دورة حيـاة محصـول القمـح (اكتمـال الإنبـات، والإشـطاء، والإزهـار، والحصـاد)، فـي محافظـة الحسـكة، حيـث تراوحـت النسـبة المئويـة للرطوبـة خـلال مرحلـة الإنبـات بيـن 15 و17.5 % بالمتوسـط لكامـل قطـاع التربـة علـى عمـق 55 سـم فـي الزراعتيـن التقليديـة والحافظـة علـى التوالـي. كان محتـوى التربـة المائـي الأعلـى معنويـاً فـي الحقـول المزروعـة بنظـام الزراعـة الحافظـة بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة. لوحـظ عنـد اكتمـال مرحلـة الإشـطاء أنّ الفـرق فـي المحتـوى المائـي للتربـة كان بسـيطاً أيضـاً، إلاّ أنّ متوسـط محتـوى التربـة المائـي كان أعلـى نسـبياً فـي الحقـول المزروعـة بالطريقـة التقليديـة (15%)، بالمقارنـة مـع الحقـول المزروعـة وفـق نظـام الزراعـة الحافظـة (14.8%). يُعـزى ارتفـاع محتـوى التربـة المائـي تحـت ظـروف الزراعـة التقليديـة بالمقارنـة مـع الزراعـة الحافظـة عنـد مرحلـة الإشـطاء إلـى حقيقـة أنّ عمليـة الزراعـة الحافظـة بآلـة البـذر المباشـر تـؤدي إلـى وضـع البـذور علـى أعمـاقٍ متسـاوية، ومتجانسـة ومناسـبة (5 سـم)، الأمـر الـذي يـؤدي إلـى إنبـات جميـع البـذور الحيـة المزروعـة، ومـن ثـمّ زيـادة متوسـط عـدد النباتـات فـي وحـدة المسـاحة، بالإضافـة إلـى النمـو المتجانـس للنباتـات، الأمـر الـذي سـيؤدي إلـى زيـادة معـدّل اسـتهلاك الميـاه بالنتـح، ولا سـيّما مـن منطقـة انتشـار الجـذور (25 - 30 سـم) تحـت نظـام الزراعـة الحافظـة بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة. لوحـظ عنـد مرحلـة الإزهـار، أنّ المحتـوى المائـي للتربـة عنـد تطبيـق الزراعـة الحافظـة كان أكبـر (9.95%) بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة (9.25 %). لوحـظ عنـد الحصـاد أنّ متوسـط المحتـوى المائـي للتربـة كان أعلـى نسـبياً فـي الحقـول المطبـق فيهـا نظـام الزراعـة الحافظـة (5.4 %)، بالمقارنـة مـع حقـول الزراعـة التقليديـة (5.2 %). يُعـزى ذلـك إلـى أنّ عـدم فلاحـة التربـة قبـل الزراعـة فـي حقـول الزراعـة الحافظـة قـد سـاعد فـي تقليـل مسـاحة باطـن الأرض المكشـوفة والمعرّضـة بشـكلٍ مباشـر لأشـعة الشـمس، مـا سـاعد فـي تقليـل معـدّل فقـد الميـاه بالتبخـر، ومـن ثـمّ المحافظـة علـى محتـوى التربـة المائـي وزيـادة كميـة الميـاه المتاحـة فـي منطقـة انتشـار الجـذور (أكسـاد، 2010).

نُفذت دراسة لقياس محتوى التربة المائي عند أعماقٍ مختلفة، العمق الأوّل (0 - 10 سم)، والعمق الثاني (10- 50 سم)، والعمق الثالث (50 - 110 سم)، خلال مرحلة الإنبات لمحصول القمح في شمال غرب الصين، وبوجود ثلاث معاملات: (T) فلاحة تقليدية، (NT) بدون فلاحة مع إزالة كامل البقايا النباتية، (NTS) بدون فلاحة مع الاحتفاظ بالبقايا النباتية، وذلك خلال السنوات 2002 - 2003 - 2004. تبيّن أنّ متوسط محتوى التربة المائي خلال السنوات الثلاث كان الأعلى لدى المعاملة (NTS)، حيث كان متوسط محتوى التربة المائي عند العمقين الأوّل والثاني 18 %، ولدى المعاملة (NT)، كان متوسط محتوى التربة المائي عند العمق الأوّل 12.6 %، والعمق الثاني 17.6 %، ولدى المعاملة (T)، كان متوسط محتوى التربة المائي عند العمق الأوّل نحو 13 %، والعمق الثاني نحو 17.3 %، وتساوت المعاملات الثلاث بمتوسط محتوى التربة المائي عند العمق الثالث بنسبة 15.3 % (Li *et al.*, 2005).

بيّنت نتائج تجربة حقلية نُفذت في ازرع، جنوب سورية (درعا) خلال الموسمين الزراعيين 2011-2012/ 2012-2013 أنّ محتوى التربة المائي كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، بوجود الدورة الزراعية، في حال ترك 50، 100، و75 % من البقايا النباتية، عند العمق الأوّل (0 - 20 سم) خلال مرحلة البادرة، وفي حال ترك فقط 100 % من بقايا المحصول السابق، عند العمق الثاني (20 - 40 سم) خلال مرحلة الإشطاء، وفي حال ترك 100، 75، و50 % من بقايا المحصول السابق، عند العمق الثالث (40 - 60 سم) خلال مرحلة الإزهار، وفي حال ترك 100، 50، 75 % من البقايا النباتية للمحصول السابق، عند العمق الثالث (40 - 60 سم) خلال مرحلة النضج (40.47، 40.09، 40.08، 35.32، 25.98، 25.79، 25.17، 19.91، 19.56، 19.54 % على التوالي) (قنبر، 2015).

في دراسةٍ نُفذت في المغرب على نظام الزراعة الحافظة (CA) أظهرت أنّ عدم فلاحة التربة وبقاء التغطية قد أدّت إلى زيادة طول فترة توافر الرطوبة في التربة بشكلٍ كبير (Mrabet, 1997)، هذا ما تمَّ إثباته من خلال تجربة حقلية في منطقة زيقونة في تونس، حيث بيّنت أنّ نباتات القمح تحت نظام الزراعة التقليدية قد وصلت ألى مرحلة النضج تقريباً، بينما لا تزال النباتات في القطعة المطبق عليها نظام الزراعة الحافظة في مرحلة الطور العجيني (Belloum, 2007). أظهرت دراسة أخرى في المغرب أنّه في نظام الزراعة الحافظة احتاجت التربة إلى 40 يوماً لكي تصل إلى نقطة الذبول الدائم (point Permanent wilting) (PWP)، في حين احتاجت إلى 15 يوماً فقط في نظام الفلاحة التقليدية، وذلك بسبب انخفاض معدّل فقد المياه بالتبخر، وازدياد معدّل رشح المياه في التربة تحت نظام الزراعة الحافظة (Mrabet, 2001). يمكن تفسير زيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة في نظام الزراعة الحافظة إلى زيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة نتيجة تحسُّن بنائها، فضلاً عن أنّ إبقاء البقايا النباتية على سطح التربة يعمل على خفض درجة حرارة التربة، ما يُقلل من معدّل فقد المياه بالتبخر والجريان السطحي. تُعزى كذلك زيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية التي تعمل على زيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء (Peiretti, 2000). أشار Patriquin (2003) إلى أنّ كل زيادة مقدارها 1 % في المادة العضوية زادت مقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه بنحو 50 %.

أوضحت التجارب التي أُجريت شمال شرقي الجمهورية العربية السورية أنّ الزراعة الحافظة قد أدّت إلى زيادة محتوى التربة من الرطوبة، ولكن لم يُلحظْ التأثير الإيجابي في الإنتاج بسبب قلّة البقايا النباتية على سطح التربة التي لم تمنع من تبخر المياه (Pala *et al.*, 2000).

1.8. أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية المياه:

يتطلب تأمين الاحتياجات السكانية المتزايدة من الغذاء ضرورة زيادة إنتاج الغذاء العالمي بنحو 1.1 بليون طناً سنوياً مع نهاية عام 2050. قد يكون من الصعب جداً تحقيق ذلك بسبب محدودية الموارد الزراعية (التربة، والمياه)، وصعوبة التوسع الأفقي، بسبب تملح الأراضي الزراعية، بالإضافة إلى صعوبة زيادة الإنتاجية في وحدة المساحة من خلال تطوير أصناف ذات كفاءة إنتاجية أكبر (FAO, 2006a). تُعاني الكثير من الدول انخفاضاً في غلّة الأنواع المحصولية النجيلية والبقولية المزروعة المترافق مع شح الموارد المائية (Rosegrant and Cline, 2003). تمّ منذ بداية الستينات، تأمين المتطلبات المتزايدة من الغذاء من خلال تحسين الإنتاجية الزراعية، عن طريق زيادة كمية مدخلات الإنتاج الزراعي (الأسمدة، والمبيدات، والبذار المحسن، ومياه الري) (تكثيف الإنتاج الزراعي) (FAO, 2006b). لكن في ظل شح الموارد المائية العذبة، تُعد عملية تحسين إنتاجية المياه من الاستراتيجيات المهمة لاستدامة إنتاجية المحاصيل في ظل الطلب المتزايد على المياه للاستعمالات غير الزراعية (الاستعمالات المنزلية، والصناعية).

يعتمد تحسين إنتاجية المياه على العديد من العوامل الزراعية، مثل الفلاحة، وتوقيت الزراعة، وزراعة الصنف المناسب، وإضافة العناصر المعدنية بالكميات المثلى، وطرائق الري الفعّالة، ومكافحة الأعشاب الضّارة، والإدارة المتكاملة للآفات (IPM). تؤدي هذه العوامل إلى زيادة الغلّة الاقتصادية، التي تؤدي في النهاية إلى زيادة إنتاجية المياه، حيث يمكن حساب إنتاجية المياه لنوع محصولي ما من خلال قسمة الغلة الحبية (Kg) على كمية المياه الكلية المضافة (m^3). يمكن أيضاً تحسين إنتاجية المياه بتقليل معدّل فقد المياه من التربة (الجريان السطحي، والتبخر، والصرف العميق: الفواقد المائية غير المنتجة) وزيادة كميات المياه المفقودة بالنتح (الفواقد المائية المنتجة). يجب التركيز على زيادة غلّة المحصول باستعمال المياه المتوفرة، ويجب بذل الجهود لتقليل الفواقد المائية غير المنتجة، ويمكن تحقيق ذلك من خلال تطبيق ممارسات إدارة المحصول التي من شأنها أن تزيد معدّل رشح المياه السطحية، والمحافظة على رطوبة التربة في منطقة انتشار الجذور، والحد من فقد المياه بالتبخر المباشر من سطح التربة، وتقليل معدّل فقد المياه بالجريان السطحي، والصرف العميق، وزراعة الأصناف المُحسّنة ذات الكفاءة العالية في استعمال المياه.

بيّنت نتائج تطبيق الزراعة الحافظة في حقول المزارعين من قبل أكساد أنّ كفاءة استعمال مياه الأمطار في محصول القمح في محافظة الحسكة كانت أكبر في حقول الزراعة الحافظة (4.26 كغ. مم$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3.14 كغ. مم$^{-1}$). كانت قيمة كفاءة استعمال مياه الأمطار أعلى (8.01 كغ. مم$^{-1}$) تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع ظروف الزراعة التقليدية (6.88 كغ. مم$^{-1}$) بالنسبة إلى محصول القمح في محافظة حلب، وكانت أيضاً قيمة كفاءة استعمال مياه الأمطار في الزراعة الحافظة للقمح معنوياً أعلى (5.88 كغ. مم$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (4.17 كغ. مم$^{-1}$) في محافظة حمص. كانت قيمة كفاءة استعمال مياه الأمطار أعلى في حقول الزراعة الحافظة المزروعة بمحصول القمح (9.26 كغ. مم$^{-1}$)، بالمقارنة مع حقول الزراعة التقليدية (8.11 كغ. مم$^{-1}$) في محافظة درعا. يُعزى ذلك إلى دور الزراعة الحافظة في تقليل معدّل فقد المياه بالتبخر 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 (أكساد، 2010).

تُعد مشكلة الجفاف من المشاكل البيئية العالمية، التي تحد من إنتاجية الأنواع المحصولية، وتهدد الأمن الغذائي العالمي. أدّت التبدلات المناخية، وما تمخض عنها من ارتفاع مضطرد في متوسط درجة حرارة الغلاف الجوي نتيجة ارتفاع تركيز الملوثات الجوية عامةً، وغاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) خاصةً إلى ازدياد

معدّل فقد المياه بالتبخر - نتح (Evapo-transpiration) (T_E)، الأمر الذي أدى إلى ازدياد تكرار دورات الجفاف، وازدياد شدّته، ولا سيّما في بيئات حوض البحر الأبيض المتوسط، ما أدى إلى زيادة حالات الفشل الكامل للمحصول (Pan *et al.*, 2002). يحدث الإجهاد المائي (Water stress) نتيجة الخلل في التوازن بين كمية المياه في التربة وتلك المطلوبة من قبل النبات، ويؤدي تراجع محتوى التربة المائي إلى تراجع جهد التربة المائي (ψ_{soil}) (Soil water potential)، فتقل كمية المياه الممتصة عن طريق المجموع الجذري، وتصبح غير كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح، الأمر الذي يؤثر سلباً في معدّل استطالة الخلايا Cell expansion)، نتيجة تراجع ضغط الانتباج (Turgor potential) (ψ_p)، داخل الخلايا النباتية، الذي يُعد بمنزلة القوة الفيزيائية التي تدفع جدر الخلايا النباتية على الاستطالة، فتتوقف استطالة الخلايا النباتية، ما يؤدي إلى توقف نمو النبات، لأنَّ النمو هو حصيلة انقسام (Cell division) واستطالة غير عكوسة للخلايا النباتية (Bressan *et al.*, 1990). يؤدي تعرض النباتات للإجهاد المائي خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات (الإزهار، ومرحلة امتلاء الحبوب)، إلى تراجع عدد الحبوب في السنبلة أو النبات أو وحدة المساحة، ودرجة امتلاءها، ما يؤثر سلباً في متوسط وزن الألف حبة (1000-kernel weight)، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع غلة القمح الحبية (Shan and Chen, 1998; Deng *et al.*, 2000; Fowler *et al.*, 1989). يثبط الإجهاد المائي إنبات البذور (Seed germination)، ويؤثر سلباً في استرساء البادرات فوق سطح التربة، ومن ثُمَّ الكثافة النباتية في وحدة المساحة (Kaya *et al.*, 2006). يؤدي الجفاف إلى تراجع حجم المصدر (Source size) نتيجة تراجع عدد الإشطاءات الكلية المتشكلة في النبات، وتراجع الكتلة الحية عند النضج (Abo El- Kheir, 2000 ; Naceur *et al.*, 1999).

يؤدي تعرض نباتات القمح لظروف الجفاف خلال فترة نمو الحبة (Grain growth period) إلى تراجع غلّة المحصول الحبية، بسبب تراجع حجم الحبوب، ما يؤثر سلباً في كفاءة الحبوب التخزينية (قوة المصب)، وعادةً ما يكون تأثير الجفاف خلال المراحل المبكرة من تشكل الحبوب وتطورها أكبر بالمقارنة مع المراحل المتقدمة من امتلاء الحبوب (El-Kholy *et al.*, 2005). يمكن أنّ يؤدي الجفاف إلى تشكيل حبوب صغيرة وضامرة ومجعدة، بسبب تسريع النضج وتقصير فترة امتلاء الحبوب، حيث يؤدي الجفاف إلى تقصير مراحل النمو، ويُجبر النباتات على النضج القسري، من خلال إكمال دورة حياتها وتشكيل الحبوب خلال فترة زمنية أقصر (Riaz and Chowdhrv, 2003).

تتأثر الغلّة الحبية للقمح بالظروف البيئية غير المناسبة، ويُعد الجفاف المسبب الرئيس لتراجع الغلّة الحبية، ولا سيّما في المناطق شبه الجافة، ويؤثر الجفاف في 45 % من الأراضي الزراعية في العالم (Amjad Ali *et al.*, 2011). يُسبب الجفاف تراجعاً كبيراً في الغلّة الحبية للقمح (Pan *et al.*, 2002). بيّنت أبحاث (Soloman *et al.*, 2003) أنَّ الإجهاد المائي قلّل من الغلّة الحبية بمعدّل وصل حتى 80 % ويمكن أن يصل حتى 90 %. ووجد مصطفى (2010) أنّ انخفاض الغلّة الحبية بشكلٍ معنوي تحت ظروف قلة الماء يعود بشكلٍ أساسي إلى انخفاض عدد السنابل /م^2 وعدد الحبوب في السنبلة. بيّنت الدراسات الحديثة أنّ زيادة غلّة محصول القمح الحبية يمكن أن تنتج من عملية الانتقال من الفلاحة التقليدية إلى نظام الزراعة بدون فلاحة (Bouzza, 1990)، حيث كان للزراعة الحافظة في استراليا دوراً مهماً في زيادة غلّة محصول القمح. ربط Campbell (1995) ازدياد غلّة القمح الحبية تحت نظام الزراعة الحافظة بتراجع معدّل فقد المياه من التربة وازدياد محتواها من الكربون العضوي، ولا سيّما في طبقات التربة السطحية.

نُفذت تجربة حقلية لتحديد تأثير ثلاثة نظم من الفلاحة في غلّة محصول القمح المزروع في دورة زراعية مع البيقية Vetch (*Vicia sativa* L.) خلال ثلاثة مواسم نمو في تربة لومية طينية في شمال غرب تركيا.

تضمّنت هذه الدراسة ثلاثة نظم فلاحة، هي الفلاحة التقليدية (CT)، والفلاحة السطحية (Shallow tillage) (Sh.T)، والفلاحة بمحراث قرصي مزدوج Double disk tillage (DD). كانت غلّة محصول القمح الأعلى معنوياً عند معاملة الفلاحة السطحية. وازداد عدد السنابل في النبات، وطول السنبلة بشكلٍ معنوي عند معاملة الفلاحة السطحية بالمقارنة مع نظم الفلاحة التقليدية. ولكن لم يؤثر نظام الفلاحة في متوسط وزن الألف حبة. وأشارت نتائج هذه التجربة أنّ نظام الفلاحة السطحية هو الأنسب تحت ظروف المنطقة الجافة، وعند تعاقب محصول القمح ضمن الدورة الزراعية مع البيقية، حيث كانت غلّة محصول القمح الأعلى معنوياً، لذلك لابد من استبدال نظام الفلاحة التقليدية باستخدام المحاريث المطرحية القلابة بنظام الفلاحة السطحية لتحسين الخصائص الإنتاجية للأرض، والمحصول على المدى البعيد (Sakine, 2005). وجد الباحثانAzooz and Arshad (1995) زيادة في محتوى التربة المائي تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع التربة المفلوحة بالمحراث القلاب المطرحي في بريطانيا. بيّنن (Govaerts *et al.,* 2009a) أنّ التربة تحت ظروف الزراعة الحافظة مع وجود البقايا النباتية كانت ذات محتوى مائي أعلى بالمقارنة مع الترب المفلوحة في المرتفعات في المكسيك.

نُفذت تجربة حقلية، في محطة بحوث جلين خلال الموسمين الزراعيين 2008-2009 /2009-2010، بهدف تقييم أداء صنفين من القمح (دوما$_1$، دوما$_2$) ضمن ظروف الزراعة الحافظة (بدون حرث) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (الفلاحة التقليدية)، وبتطبيق الدورة الزراعية مع محصول الحمص بالمقارنة مع غياب الدورة الزراعية، تحت ظروف الزراعة البعلية. سبّبت ظروف الزراعة البعلية تراجعاً معنوياً في جميع الصفات المدروسة، حيث كان متوسط عدد الحبوب في النبات، والغلّة الحبية، ودليل الحصاد الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً، بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً. كانت نسبة الانخفاض في متوسط عدد الحبوب في النبات تحت ظروف الزراعة التقليدية قرابة 8.82 % بالمقارنة مع الزراعة الحافظة. سبّب الإجهاد المائي تراجعاً معنوياً في متوسط عدد الحبوب في النبات، ومتوسط الغلّة الحبية والبيولوجية، تحت ظروف الزراعة التقليدية بالمقارنة مع الزراعة الحافظة، ما يؤكد على أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة لزيادة متوسط عدد الحبوب في النبات، والغلّة الحبية والبيولوجية في وحدة المساحة من الأرض. كان متوسط عدد الحبوب في النبات، ومتوسط وزن الألف حبة، ومتوسط الغلّة الحبية والبيولوجية، ودليل الحصاد الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي (دوما$_1$) بالمقارنة مع نباتات صنف القمح الطري (دوما$_2$). يُعزى التباين بين صنفي القمح المدروسين في مكونات الغلّة إلى التباين في حجم المصدر بما في ذلك الورقة العلمية، ما يُساعد في زيادة كمية الطاقة الضوئية الممتصة Intercepted (I) light energy، الأمر الذي يؤدي إلى تصنيع كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي، فتزداد كمية المادة الجافة المتاحة خلال فترة امتلاء الحبوب. كان متوسط وزن الألف حبة، ومتوسط الغلّة الحبية والبيولوجية، الأعلى معنوياً في القطع التجريبية التي طبقت فيها الدورة الزراعية بالمقارنة مع القطع التي لم تطبق فيها الدورة الزراعية (قنبر، 2011).

بيّنت تجربة حقلية نُفذت في مركز بحوث القامشلي خلال الموسمين الزراعيين 2012-2013 و2013- 2014 على محصول العدس أنّ متوسط عدد البذور في وحدة المساحة ومتوسط وزن المئة بذرة ومتوسط الغلّة الذرية والغلّة البيولوجية كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول تحت ظروف الزراعة، في حين كان متوسط دليل الحصاد الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول تحت ظروف الزراعة التقليدية (49.67 %). تؤكد هذه النتائج أنّ زيادة قيمة دليل الحصاد ناجمة عن التراجع في الغلة البذرية بدرجة أكبر من التراجع في الغلة البيولوجية, وبالتالي فإنّ الانتخاب لزيادة قيمة دليل الحصاد قد لا تترافق بالضرورة مع زيادة الغلة البذرية (عثمان، 2015).

أظهرت دراسة حقلية نُفذت في المغرب أنّ نظام الزراعة الحافظة حقق زيادة في الإنتاجية تراوحت بين 10 - 15 % بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، ولا سيّما خلال سنوات الجفاف (Ribeiro وزملاؤه، 2007). وفي دراسةٍ أخرى في المغرب للمقارنة بين نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية، بلغت إنتاجية محصول القمح تحت نظام الزراعة الحافظة نحو 2.21 طن.هكتار$^{-1}$، بينما لم تتجاوز تحت نظام الزراعة التقليدية 1.90 طن.هكتار$^{-1}$ (Mrabet, 2011). في السودان، دلتّ النتائج المتحققة خلال مراحل تطبيق نظام الزراعة بدون حرث كنظام زراعي بديل للنظام التقليدي السائد، تحقيق معدّلات إنتاجية عالية غير مسبوقة لكافة المحاصيل بنحو ثلاثة إلى خمسة أضعاف الإنتاجية المتحققة في النظم التقليدية. في تونس، تراوحت إنتاجية القمح بين 2.5 - 4.3 طن.هكتار$^{-1}$ في نظام الزراعة بدون حرث في حين لم تتجاوز نحو 2.5- 4.2 طن.هكتار$^{-1}$ في نظام الزراعة التقليدية في ولاية سليانة خلال الموسم 2007 - 2008، وبلغت نحو 1.8 - 3.0 طن.هكتار$^{-1}$ في نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (1.5 - 2.3 طن.هكتار$^{-1}$) في ولاية بنزرت خلال الموسم الزراعي نفسه. ووفر نظام الزراعة الحافظة معالجة فعّالة ضد التعرية في الأراضي الزراعية (التقرير السنوي للهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي، 2008).

في المملكة الأردنية الهاشمية تفوق نظام الزراعة بدون حرث على النظام التقليدي في سرعة الإنبات والنمو. تراوحت إنتاجية القمح بين 0.65 - 0.87 طن.هكتار$^{-1}$، والشعير بين 1.5 - 2.97 طن.هكتار$^{-1}$ في إقليم الوسط، في حين تراوحت إنتاجية القمح في إقليم الشمال بين 1.55 - 1.8 طن.هكتار$^{-1}$، في حين لم تحقق أي إنتاجية لكلا المحصولين تحت ظروف الزراعة التقليدية في كلا الإقليمين، وذلك خلال الموسم الزراعي 2007-2008 (التقرير السنوي للهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي، 2008).

نفذت ايكاردا تجربة حقلية على قطعة أرض مساحتها 5 هكتاراً في منطقة تل حديا عام 2006/2005، وكان معدّل الهطول المطري 289.7 مم، طبقت عليها نظام البذر المباشر. أظهرت النتائج ازدياد غلّة الحمص بنسبة 78 % والقمح بنسبة 44 % بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية. تبين أنّ سبب الزيادة الحاصلة هو توفر الرطوبة في التربة، ولا سيّما خلال مرحلة النمو الأولي لكلا المحصولين، وذلك من خلال ازدياد معدّل الرشح وتقليل التبخر، التي سمحت للجذور بالتعمق للحصول على الرطوبة من الأعماق خلال فترة الجفاف (Pala وزملاؤه، 2007). أظهرت نتائج تجارب برنامج الزراعة الحافظة في سورية المنفذة بين الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية والهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي بين عامي 2004 و2007 في المناطق الجافة (الحسكة) أنّ الزراعة الحافظة في مجال إنتاج القمح تفوقت على الزراعة التقليدية بنسبة 39 %، وتراوحت الزيادة في حقول المزارعين بين 7 إلى 25 % بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (التقرير السنوي للهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي، 2008).

نفذت الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية تجربة لدراسة كفاءة الزراعة بدون حرث في إنتاجية القمح في الزراعات البعلية، في مركز بحوث القامشلي لموسم 2005-2004. أشارت النتائج إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات المدروسة بالإنتاجية الكلية، حيث جاءت معاملة الزراعة بدون حرث في المرتبة الأولى في إنتاجية الحبوب (1223.5 كغ. هكتار$^{-1}$) وتفوقت على الزراعة التقليدية بفارق 121.6 كغ. هكتار$^{-1}$.

في دراسةٍ لكفاءة الزراعة بدون حرث على إنتاجية الشعير في محطة بحوث التوينة في محافظة الحسكة، أشارت النتائج إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات المدروسة، حيث جاءت معاملة الزراعة بدون حرث في المرتبة الأولى في الغلّة الحبية (1311 كغ. هكتار$^{-1}$)، تلتها الإنتاجية تحت ظروف الزراعة التقليدية (CT) (989 كغ. هكتار$^{-1}$) (مجلة الزراعة، 2007).

أظهرت نتائج تجارب برنامج الزراعة الحافظة في سورية المنفذة بين المركز العربي (أكساد) والوكالة الألمانية للتعاون الفني (GTZ) خلال الموسم الزراعي 2008- 2009 في المناطق الجافة (الحسكة)، أنّ الزراعة الحافظة لمحصول القمح قد تفوقت على الزراعة التقليدية في حقول المزارعين بنسبة تراوحت بين 2.8 إلى 66.66 % بالمقارنة مع الإنتاجية في الحقول المزروعة بالطريقة التقليدية. في محافظة إدلب كان متوسط إنتاجية محصول القمح أعلى في الحقول التي زرعت بنظام الزراعة الحافظة (6000 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (4750 كغ. هكتار$^{-1}$). بلغت نسبة الزيادة في متوسط إنتاجية محصول القمح تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية قرابة 20.83 %، ما يُشير إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة لزيادة غلّة محصول القمح تحت ظروف الزراعة المطرية. تُعزى هذه الزيادة بشكلٍ رئيس إلى دور نظام الزراعة الحافظة في المحافظة على محتوى التربة المائي، نتيجة الحد من فقد المياه بالتبخر بسبب عدم قلب التربة، وتعريضه بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، ما يؤدي إلى زيادة كمية المياه المتاحة للنباتات لفترةٍ زمنيةٍ أطول (التقرير الفني السنوي لبرنامج الزراعة الحافظة في أكساد، 2009).

لوحظ أنّ متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظة الحسكة كان أعلى في الحقول المزروعة وفق نظام الزراعة الحافظة (1136.55 كغ. هكتار$^{-1}$)، بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (1087.55 كغ. هكتار$^{-1}$). قدّرت نسبة الزيادة في الإنتاجية بنحو 10.04 % في الحقول المزروعة بنظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع التقليدية. كانت كفاءة استعمال مياه الأمطار (نسبة الغلّة الحبية إلى كمية الأمطار الكلية الهاطلة خلال موسم النمو) أكبر في حقول الزراعة الحافظة (4.26 كغ. مم$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3.14 كغ. مم$^{-1}$) كقيم متوسطة لكل الحقول. كان متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظة حلب قرابة (2638.75 كغ. هكتار$^{-1}$) في الحقول المزروعة تقليدياً، في حين كانت قرابة (2902.50 كغ . هكتار$^{-1}$) في الحقول المزروعة بطريقة الزراعة الحافظة، أي بنسبة زيادة مقدارها 10 % تقريباً، ما يُشير إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة لزيادة غلّة الأنواع المحصولية المزروعة تحت ظروف الزراعة المطرية (أكساد، 2010). كان متوسط إنتاجية محصول العدس الأعلى في حقول نظام الزراعة الحافظة (1615.0 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الحقول المزروعة بالطريقة التقليدية (1448.33 كغ. هكتار$^{-1}$)، ووصلت نسبة الزيادة في متوسط إنتاجية محصول العدس نتيجة تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى قرابة 12.08 %. كان متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظة حمص الأعلى في حقول الزراعة الحافظة (3883.33 كغ. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الحقول المزروعة وفق الطريقة التقليدية (3150 كغ. هكتار$^{-1}$). كان متوسط إنتاجية محصول الشعير في حقول الزراعة الحافظة (3500 كغ. هكتار$^{-1}$) أعلى بالمقارنة مع حقول الزراعة التقليدية (3000 كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي) (أكساد، 2010).

بيّنت دراسة حقلية في المنطقة الشمالية الشرقية من سورية، خلال ثلاثة مواسم زراعية متتالية (2008/2007 - 2009/2008 - 2010/2009)، لدراسة تأثير ثلاثة نظم فلاحة مختلفة (الفلاحة التقليدية، والفلاحة بالديسك مرتين، والزراعة بدون فلاحة) في غلّة محصول القمح الحبية المزروع في دورة زراعية مع البيقية، أنّ الغلّة الحبية كانت الأعلى معنوياً عند معاملة الزراعة بدون فلاحة (5057 كغ . هكتار$^{-1}$)، بالمقارنة مع نظامي الفلاحة الآخرين المدروسين (4821، و4683 كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي)، وازداد عدد السنابل في وحدة المساحة، وعدد الحبوب في السنبلة بشكلٍ معنوي تحت ظروف نظام الزراعة الحافظة (841 سنبلة. م$^{-2}$، 48 حبة. سنبلة$^{-1}$ على التوالي)، ولكن لم يكن لنظام الفلاحة تأثير معنوي في وزن الألف حبة (AL-Ouda, 2013).

بيّنت دراسة لمحتوى التربة المائي عند أعماقٍ مختلفة خلال أربع مراحل مختلفة من دورة حياة محصول القمح (اكتمال الإنبات، والإشطاء، والإزهار، والحصاد)، في محافظة الحسكة. تراوحت النسبة المئوية للرطوبة خلال مرحلة الإنبات بين 15 و17.5 % بالمتوسط لكامل قطاع التربة لعمق 55 سم في الزراعتين التقليدية والحافظة على التوالي. كان محتوى التربة المائي الأعلى نسبياً في الحقول المزروعة بنظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. لوحظ عند اكتمال مرحلة الإشطاء أنّ الفرق في المحتوى المائي للتربة كان بسيطاً أيضاً، إلاّ أنّ متوسط محتوى التربة المائي كان أعلى نسبياً في الحقول المزروعة بالطريقة التقليدية (15 %)، بالمقارنة مع الحقول المزروعة وفق نظام الزراعة الحافظة (14.8 %). يُعزى ارتفاع محتوى التربة المائي تحت ظروف الزراعة التقليدية بالمقارنة مع الزراعة الحافظة عند مرحلة الإشطاء إلى حقيقة أنّ عملية الزراعة الحافظة بآلة البذر المباشر تؤدي إلى وضع البذور على أعماقٍ متساوية، ومتجانسة ومناسبة (5 سم)، الأمر الذي يؤدي إلى إنبات جميع البذور الحية المزروعة، ومن ثمّ زيادة متوسط عدد النباتات في وحدة المساحة، بالإضافة إلى النمو المتجانس للنباتات، الأمر الذي سيؤدي إلى زيادة معدل استهلاك المياه بالنتح، وخاصةً من منطقة انتشار الجذور (25 - 30 سم) تحت نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. لوحظ عند مرحلة الإزهار، أنّ المحتوى المائي للتربة عند تطبيق الزراعة الحافظة كان أكبر (9.95 %) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (9.25 %). لوحظ عند الحصاد أنّ متوسط المحتوى المائي للتربة كان أعلى نسبياً في الحقول المطبق فيها نظام الزراعة الحافظة (5.4 %)، بالمقارنة مع حقول الزراعة التقليدية (5.2 %). ويُعزى ذلك إلى أنّ عدم فلاحة التربة قبل الزراعة في حقول الزراعة الحافظة قد ساعد في تقليل مساحة باطن الأرض المكشوفة والمعرّضة بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، ما ساعد في تقليل معدل فقد المياه بالتبخر، ومن ثمّ المحافظة على محتوى التربة المائي وزيادة كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور (أكساد، 2010).

نُفذت دراسة لقياس محتوى التربة المائي عند أعماقٍ مختلفة العمق الأول (0 - 10 سم)، والعمق الثاني (10-50 سم)، والعمق الثالث (50- 110 سم)، خلال مرحلة الإنبات لمحصول القمح في شمال غرب الصين، وبوجود ثلاث معاملات: (T) فلاحة تقليدية، (NT) بدون فلاحة مع إزالة كامل البقايا النباتية، (NTS) بدون فلاحة مع الاحتفاظ بالبقايا النباتية، وذلك خلال السنوات 2002 - 2003 - 2004. تبين أنّ متوسط محتوى التربة المائي خلال السنوات الثلاث كان الأعلى لدى المعاملة (NTS)، حيث كان متوسط محتوى التربة المائي عند العمقين الأول والثاني 18 %، ولدى المعاملة (NT)، كان متوسط محتوى التربة المائي عند العمق الأول 12.6 %، والعمق الثاني 17.6 %، ولدى المعاملة (T)، كان متوسط محتوى التربة المائي عند العمق الأول 13 %، والعمق الثاني 17.3 %، وتساوت المعاملات الثلاثة بمتوسط محتوى التربة المائي عند العمق الثالث بنسبة 15.3 % (Li *et al.*, 2005).

أظهرت دراسة أخرى في المغرب أنّه في نظام الزراعة الحافظة احتاجت التربة إلى 40 يوماً لكي تصل إلى نقطة الذبول الدائم (PWP)، في حين احتاجت إلى 15 يوماً فقط في نظام الفلاحة التقليدية، وذلك بسبب انخفاض معدل فقد الماء بالتبخر، وازدياد معدّل رشح الماء في التربة تحت نظام الزراعة الحافظة (Mrabet، 2001). يمكن تفسير زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة في نظام الزراعة الحافظة إلى زيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة نتيجة تحسُّن بنائها، فضلاً عن أنَّ إبقاء البقايا النباتية على سطح التربة يعمل على خفض درجة حرارة التربة، ما يُقلل من معدّل فقد الماء بالتبخر والجريان السطحي. تُعزى كذلك زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية التي تعمل على زيادة قدرتها على الاحتفاظ بالمياه (FAO, 2000).

لوحظ بالنسبة إلى تفاعل مواسم الزراعة مع نظام الزراعة الحافظة والدورة الزراعية ومحصول التغطية والأصناف المدروسة، أنّ متوسط كفاءة استخدام مياه الأمطار كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الأول، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، في حال ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق، ولدى صنف القمح القاسي دوما3 (19.006 كغ. هكتار$^{-1}$. مم$^{-1}$)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، في حال ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق، ولدى صنف القمح القاسي دوما3 (16.128 كغ. هكتار$^{-1}$. مم$^{-1}$على التوالي)، ثُمَ خلال الموسم الزراعي الأول، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، في حال زراعة محصول التغطية الأخضر أو ترك كامل البقايا النباتية للمحصول، ولدى صنفي القمح القاسي والطري دوما3 وشام6 (15.898، 15.663 كغ. هكتار$^{-1}$. مم$^{-1}$على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية، في حال ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق، ولدى صنف القمح الطري دوما4 (5.988 كغ. هكتار$^{-1}$. مم$^{-1}$)، تلاه وبدون فروقاتٍ معنوية خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية، في حال زراعة محصول التغطية الأخضر، ولدى صنف القمح الطري دوما4 (6.332 كغ. هكتار$^{-1}$. مم$^{-1}$) (عثمان، 2020). يُعزى تفوق متوسط كفاءة استعمال مياه الأمطار تحت ظروف الزراعة الحافظة مع ترك كميات مناسبة من بقايا المحصول السابق بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، إلى دور الزراعة الحافظة بوجود كميات مناسبة من البقايا النباتية في تقليل الفواقد المائية غير المنتجة (التبخر، الجريان السطحي) نتيجة عدم فلاحة التربة وتعريض طبقات التربة تحت السطحية الرطبة بشكلٍ مباشر إلى أشعة الشمس، وترك البقايا النباتية فوق التربة، ما يُساعد في المحافظة على محتوى التربة المائي. تُشير أيضاً هذه النتائج إلى أهمية إدخال المحاصيل البقولية في الدورة الزراعية تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية، حيث يحول ذلك دون استنفاذ محتوى التربة المائي على أعماق محددة ضمن قطاع التربة، الذي عادةً ما يحدث عند زراعة النوع المحصولي نفسه في الأرض نفسها عاماً بعد آخر. بالإضافة إلى أهميتها في تحسين خصوبة التربة وزيادة كمية العناصر المعدنية المغذية وبخاصة الآزوت. يُساعد عنصر الآزوت مع توفر كمياتٍ أكبر من المياه في منطقة انتشار الجذور في زيادة إنتاجية المياه، من خلال زيادة معدّل نمو الأجزاء الهوائية وتطورها، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كفاءة النبات التمثيلية خلال كامل الموسم، ما يؤدي إلى زيادة كمية المادة الجافة المصنَّعة، والمسخّرة لمرحلة النمو الثمري (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، وبالتالي زيادة عدد الزهيرات الخصبة (Fertile florets) في السنبلة، وزيادة نسبة الإشطاءات المثمرة إلى الخضرية، فيزداد عدد الحبوب المتشكلة في السنبلة والنبات، ووحدة المساحة من الأرض، بالإضافة إلى زيادة متوسط وزن الحبة الواحدة، الأمر الذي يؤدي بالمحصلة إلى زيادة غلة محصول القمح الحبية، ومن ثمَّ إنتاجية المياه. كان محتوى التربة المائي خلال مرحلة الإزهار بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة فيما بينها باستثناء تفاعل المواسم الزراعية مع نظام الزراعة الحافظة والدورة الزراعية ونوع التغطية والأعماق، حيث كان محتوى التربة المائي خلال مرحلة الإزهار الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول (17.87 %)، بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني (14.67 %). كان الأعلى معنوياً تحت نظام الزراعة الحافظة (17.88 %)، بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (14.55%). يُلاحظ أنّ محتوى التربة المائي خلال مرحلة الإزهار كان معنوياً أعلى في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية (16.54 %)، بالمقارنة مع القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (16.00 %)، وكان الأعلى معنوياً في حال ترك كامل البقايا النباتية للمحصول السابق (17.23 %)، بالمقارنة

مع زراعة محصول التغطية الأخضر (15.31 %)، وكان الأعلى معنوياً عند العمق الثاني (20-40 سم) (17.57 %)، في حين كان الأدنى معنوياً عند العمق الأوّل (0 - 20 سم) (14.87 %) (عثمان، 2020).

2.8. أهمية تطبيق الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية المحاصيل:

بيّنت الدراسات أنّ زيادة غلّة محصول القمح الحبية يمكن أن تنتج عن عملية الانتقال من الفلاحة التقليدية إلى نظام الزراعة بدون فلاحة، حيث كان للزراعة الحافظة في أستراليا دوراً مهماً في زيادة غلّة محصول القمح، وتُعزى زيادة الإنتاجية في الزراعة بدون فلاحة إلى المحافظة على الرطوبة واستخدامها الأمثل من قبل النباتات، وبالتالي تهيئة الظروف الأنسب لنمو نباتات المحصول.

ربط الباحثان Campbell and Janzen (1995) ازدياد غلّة محصول القمح الحبية تحت نظام الزراعة الحافظة بتراجع معدّل فقد المياه من التربة وازدياد محتواها من الكربون العضوي، ولا سيّما في طبقات التربة السطحية. أشار McMaster *et al.,* (2002) إلى أنّ إنتاجية القمح تحت ظروف الزراعة الحافظة كانت أعلى أو مساوية لإنتاجيته تحت ظروف الزراعة التقليدية. وأظهرت دراسة في المغرب أنّ الزراعة الحافظة حققت زيادة في الإنتاجية بنسبة 10 - 15 % بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، ولا سيّما خلال سنوات الجفاف (Ribeiro *et al.,* 2007).

نفذتْ إيكاردا تجربة حقلية في منطقة تل حديا خلال الموسم الزراعي 2006/2005، وكان معدّل الهطل المطري 289.7 مم، طُبق عليها نظام البذر المباشر (بدون فلاحة). أظهرت النتائج ازدياداً في غلّة محصول الحمص بنسبة 78 %، وغلّة محصول القمح بنسبة 44% بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية (ICARDA, 2010). تبيّن أنّ سبب الزيادة الحاصلة هو توفر الرطوبة في التربة، ولا سيّما في مرحلة النمو الأولي لكلا المحصولين، وذلك من خلال ازدياد معدّل الرشح وتقليل معدّل التبخر (E)، الذي سمح للجذور بالتعمق للحصول على الرطوبة من الأعماق خلال فترة الجفاف (Pala *et al.,* 2007). أظهرت دراسة أُخرى أُجريت في إيكاردا (تل حديا) أنّ إنتاجية محصول القمح المزروع ضمن دورة زراعية مع محصول العدس كانت أعلى معنوياً تحت ظروف نظام الزراعة الحافظة (1.71 طن. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (1.66 طن. هكتار$^{-1}$) (ICARDA, 2012). أظهرت نتائج تجارب برنامج الزراعة الحافظة في سورية المنفذة بين الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية والهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي بين عامي 2004 و2007 في المناطق الجافة (الحسكة)، أنّ إنتاجية محصول القمح تحت ظروف الزراعة الحافظة كانت أعلى بنسبة 39 % بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وتراوحت الزيادة في حقول المزارعين بين 7 إلى 25% بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (التقرير السنوي للهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي، 2008).

نفذتْ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية تجربة لدراسة كفاءة نظام الزراعة بدون فلاحة (Zero-tillage) في إنتاجية محصول القمح في الزراعات المطرية، في مركز بحوث القامشلي خلال الموسم الزراعي 2005-2004. أشارت النتائج إلى وجود فروقاتٍ معنوية في غلّة المحصول بين المعاملات المدروسة، حيث جاءت معاملة الزراعة بدون فلاحة في المرتبة الأولى في في صفة الغلّة الحبية (1223.5 كغ. هكتار$^{-1}$)، وتفوقت على الزراعة التقليدية بفارق 121.6 كغ. هكتار$^{-1}$. في دراسةٍ لكفاءة الزراعة بدون حرث في إنتاجية الشعير (*Hordeum vulgare* L.) Barley في محطة بحوث التوينة بمحافظة الحسكة، أشارت النتائج إلى وجود فروقاتٍ معنوية بين المعاملات المدروسة، حيث جاءت معاملة الزراعة بدون حرث في المرتبة الأولى في إنتاجية الحبوب (1311 كغ. هكتار$^{-1}$)، ثمّ الزراعة التقليدية (989 كغ. هكتار$^{-1}$) (مجلة الزراعة، 2007). أظهرت نتائج تجارب برنامج الزراعة الحافظة في سورية المنفذة بين المركز العربي (أكساد) والوكالة

الألمانية للتعاون الفني (GTZ) خلال الموسم الزراعي 2008-2009 في المناطق الجافة (الحسكة)، أنّ إنتاجية القمح تحت ظروف الزراعة الحافظة قد تفوقت على الزراعة التقليدية في حقول المزارعين بنسبةٍ تراوحت بين 2.8 إلى 66.66% بالمقارنة مع الإنتاجية في الحقول المزروعة بالطريقة التقليدية. في محافظة إدلب، كان متوسط إنتاجية محصول القمح أعلى في الحقول التي زُرعت بنظام الزراعة الحافظة (6000 كغ. هكتار$^{-1}$ متوسط الحقلين) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (4750 كغ. هكتار$^{-1}$)، وبلغت نسبة الزيادة في متوسط إنتاجية محصول القمح تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية قرابة 20.83 %، ما يُشير إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة لزيادة غلّة محصول القمح تحت ظروف الزراعة المطرية. تُعزى هذه الزيادة بشكلٍ رئيس إلى دور نظام الزراعة الحافظة في المحافظة على محتوى التربة المائي، نتيجة الحد من فقد المياه بالتبخر (E) بسبب عدم قلب التربة، وتعريضها بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، ما يؤدي إلى زيادة كمية المياه المتاحة للنباتات لفترةٍ زمنيةٍ أطول (أكساد، 2009).

نُفذت تجربة حقلية لتحديد تأثير ثلاثة نظم من الفلاحة في غلّة محصول القمح المزروع في دورة زراعية مع محصول البيقية Vetch (*Vicia sativa* L.) خلال ثلاثة مواسم زراعية في تربة لومية طينية في شمال غرب تركيا. تضمّنت هذه الدراسة ثلاثة نظم فلاحة، هي الفلاحة التقليدية (CT)، والفلاحة السطحية (Sh.T)، والفلاحة بمحراث قرصي مزدوج (DD). كانت غلّة محصول القمح الأعلى معنوياً عند معاملة الفلاحة السطحية. ازداد عدد السنابل في النبات، وطول السنبلة بشكلٍ معنوي عند معاملة الفلاحة السطحية بالمقارنة مع نظم الفلاحة التقليدية، ولكن لم يؤثرْ نظام الفلاحة في متوسط وزن الألف حبة. أشارت نتائج هذه التجربة أنّ نظام الفلاحة السطحية هو الأنسب تحت ظروف المنطقة الجافة، وعند تعاقب محصول القمح ضمن الدورة الزراعية مع البيقية، حيث كانت غلّة محصول القمح الأعلى معنوياً، لذلك لابدّ من استبدال نظام الفلاحة التقليدية باستخدام المحاريث المطرحية القلّابة بنظام الفلاحة السطحية لتحسين الخصائص الإنتاجية للأرض، والمحصول على المدى البعيد (Sakine, 2005).

نُفذتْ تجربة حقلية في محطة بحوث جلين بمحافظة درعا في الجمهورية العربية السورية خلال الموسمين الزراعيين 2008-2009 و2009-2010، بهدف تقييم أداء صنفين من القمح (صنف القمح القاسي أكساد$_{1105}$ وصنف القمح الطري أكساد$_{885}$)، ضمن ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وبتطبيق الدورة الزراعية مع محصول الحمص بالمقارنة مع غياب الدورة الزراعية، لوحظ أنّ متوسط عدد الحبوب في النبات كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل تحت ظروف الزراعة الحافظة مع تطبيق الدورة الزراعية لدى صنف القمح القاسي أكساد$_{1105}$ (121.5 حبة. نبات$^{-1}$). كان متوسط وزن الألف حبة الأعلى معنوياً خلال الموسمين الزراعيين الأوّل والثاني تباعاً تحت ظروف الزراعة الحافظة، مع تطبيق الدورة الزراعية لدى صنف القمح القاسي أكساد$_{1105}$ (41.40 غ، 41.17 غ على التوالي)، ولوحظ أنّ متوسط الغلّتين الحبية والبيولوجية ودليل الحصاد كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة مع تطبيق الدورة الزراعية لدى صنف القمح القاسي أكساد$_{1105}$ (309.3، 822.2 كغ. دونم$^{-1}$، 37.63 %على التوالي)، ما يُشير إلى إمكانية تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعيةٍ متكاملة بنجاح لزيادة إنتاجية محصول القمح في نظم الزراعة الجافة (الشحاذة العودة وزملاؤه، 2011).

أشار العوده ومحل (2014) أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة في الحقول نفسها مدّة أربعة مواسم زراعية متتالية، أدّى إلى زيادة تراكمية في متوسط إنتاجية محاصيل الحبوب الصغيرة كالقمح (21.38%)، والشعير (23.82%)، والبقوليات الغذائية كالعدس (12.93%)، وذلك لجميع المحافظات المستهدفة بالدراسة في القطر العربي السوري، ويُعزى ذلك إلى التحسن التدريجي الذي طرأ على خصائص التربة، بالإضافة إلى دور عدم

الفلاحة في تقليل معدّل فقد المياه بالتبخر. ويُساعد أيضاً ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة في الحد من انجراف التربة الريحي والمائي، الأمر الذي يُسهم في المحافظة على طبقات التربة السطحية الغنية بالمادة العضوية والعناصر المعدنية المغذية، بالإضافة إلى تقليل معدّل فقد المياه بالجريان السطحي، الأمر الذي يُقلل من حساسية الترب الزراعية للانجراف، ويزيد من معدّل رشح المياه إلى باطن التربة.

نُفذتْ تجربة حقلية، في محطة بحوث إزرع، بمحافظة درعا، في سورية، خلال الموسمين الزراعيين 2011-2012/2012-2013، بهدف تقييم أداء بعض أصناف القمح القاسي (دوما$_1$، ودوما$_3$)، والطري (دوما$_2$، ودوما$_4$)، ضمن ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (تحضير الأرض قبل الزراعة، وإزالة بقايا المحصول)، وبوجود الدورة الزراعية مع محاصيل الحمص، والعدس، والبيقية، بالمقارنة مع غيابها، وعند نسبٍ مختلفة من بقايا المحصول السابق (0، 50، 75 و100) لتحديد الحد الأدنى الأمثل من بقايا المحصول الواجب تركها فوق سطح التربة تحت ظروف الزراعة المطرية. لوحظ أنّ متوسط عدد الحبوب في وحدة المساحة كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي تضمَّنتْ محصولي البيقية، والعدس في الدورة الزراعية، لدى صنفي القمح الطري (دوما$_2$، ودوما$_4$)، وفي حال ترك 50 % من البقايا النباتية (5932.16، 5831.35 حبة. م$^{-2}$ على التوالي). لوحظ أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي تضمَّنتْ محصول الحمص في الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي (دوما$_1$)، وفي حال ترك 50، 100، و75 % من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة (41.91، 41.83، 41.74 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. كان متوسط الغلّة الحبية الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي تضمَّنتْ محصول العدس في الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي دوما$_1$، وفي حال ترك 50، 100، و75 % من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة (234.60، 228.50، 226.70 كغ. دونم$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. كان متوسط الغلّة الحيوية الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي تضمَّنتْ محصول العدس في الدورة الزراعية، لدى صنفي القمح القاسي (دوما$_3$، ودوما$_1$)، وعند ترك 50 % من بقايا المحصول السابق (585.70، 583.00 كغ. دونم$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. ولوحظ أنّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي تضمَّنتْ محصول العدس في الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي دوما$_1$، وعند ترك 50 % من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة (40.19%) (قنبر، 2015).

نُفذت تجربة حقلية في مركز بحوث القامشلي، خلال موسمي 2012/2013 و2013/2014، بهدف تحسين الكفاءة الإنتاجية لمحصول القمح القاسي ضمن ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، وبتطبيق الدورة الزراعية مع محصول العدس بالمقارنة مع غياب الدورة الزراعية. أظهرت النتائج أنّ متوسط عدد الحبوب في وحدة المساحة كان أعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، بوجود الدورة الزراعية (4631 حبة. م$^{-2}$). كان متوسط وزن الألف حبة أعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، وبوجود الدورة الزراعية (50.45غ). لوحظ أنّ متوسط الغلّة الحبية والحيوية كان أعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، مع تطبيق الدورة الزراعية (3364، 8747 كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي). في حين كان دليل الحصاد أعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة التقليدية، وبوجود وغياب الدورة الزراعية (39.67، 39.00 % على التوالي) (عثمان، 2015).

نُفذتْ تجربة حقلية في الهند خلال الموسم الزراعي 2009- 2010 على عشرة أنواع من العدس طبقت فيها الزراعة الحافظة، حيث كان معدّل الهطول المطري 300 مم. بيّنت النتائج أنّ الغلّة البذرية تراوحت بين 990- 1560كغ. هكتار$^{-1}$ بمتوسط قدره 1330 كغ. هكتار$^{-1}$، وذلك تحت ظروف الزراعة التقليدية، بينما تراوحت بين 1110- 1570 كغ. هكتار$^{-1}$ بمتوسط قدره 1380 كغ. هكتار$^{-1}$ تحت ظروف الزراعة الحافظة (Kumar وزملاؤه، 2011). بيّنت تجربة نُفذتْ في الهند أنّ زراعة العدس تحت ظروف الزراعة الحافظة مع تقليل معدّل البذار (30 كغ. هكتار$^{-1}$) قد ساعدت في تقليل مرض الذبول، كما أنّها حسّنت الغلّة البذرية بمقدار 1.53 طن. هكتار$^{-1}$، بينما كانت 1.22 طن. هكتار$^{-1}$ في الزراعة التقليدية (CSISA، 2010).

بيَّنت نتائج تجربة حقلية نُفذت في مركز بحوث القامشلي خلال الموسمين الزراعيين 2012-2013 و2013-2014 على محصول العدس، أنّ متوسط وزن المائة بذرة، ومتوسط الغلّة البذرية والغلّة الحيوية كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة (4.36غ، 1806، 3796 كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزرراعة التقليدية (3.73غ، 1071، 2469 كغ. هكتار$^{-1}$ على التوالي) (عثمان، 2015).

نُفذ دراسة في محطة بحوث ازرع التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، في محافظة درعا، خلال الموسمين الزراعيين (2017/2016)، (2018/2017)، بهدف تقييم أداء أصناف القمح القاسي [دوما$_3$، وشام$_5$]، وأصناف القمح الطري [دوما$_4$، وشام$_6$]، المعتمدة في المنطقة الجنوبية، تحت ظروف الزراعة المطرية، استجابةً لنظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعيةٍ متكاملة مقارنةً بالزراعة التقليدية، وأُعتمد صنف العدس [إدلب$_3$] كمحصولٍ بقولي في الدورة الزراعية. كان متوسط نسبة الإشطاءات المثمرة إلى الكلية الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (71.27%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة التقليدية، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي شام$_5$ (55.79%). كان متوسط الوزن الجاف للسنبلة عند اكتمال الإزهار الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (4.937غ)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة الحافظة، لدى صنف القمح القاسي شام$_5$ (2.645غ). كان متوسط عدد الحبوب في المتر المربع الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي شام$_5$ (3353 حبة. م$^{-2}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة التقليدية، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية، لدى صنف القمح الطري شام$_6$ (2132 حبة. م$^{-2}$). .كان متوسط وزن الألف حبة الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (37.60غ)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة التقليدية، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية، لدى صنفي القمح الطري والقاسي دوما$_4$ وشام$_5$ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (25.273، 25.468غ على التوالي). كان متوسط الغلّتين الحبية والحيوية، ودليل الحصاد الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (4162، 7466 كغ. هكتار$^{-1}$، 53.18% على التوالي). وكان متوسط الغلّة البذرية لمحصول العدس الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في حال ترك 50% من البقايا النباتية للمحصول السابق (905.3 كغ. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني الأقل

هطولاً، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في حال زراعة محصول التغطية الأخضر (633.7 كغ. هكتار$^{-1}$). كان متوسط كفاءة استعمال مياه الأمطار الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل الأكثر هطولاً، تحت ظروف الزراعة الحافظة، في القطع التجريبية التي طُبقت فيها الدورة الزراعية، لدى صنف القمح القاسي دوما$_3$ (19.006 كغ حبوب. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الثاني، تحت ظروف الزراعة التقليدية، بغياب الدورة الزراعية أو وجودها، لدى صنف القمح الطري دوما$_4$ (4.775، 5.042 كغ. هكتار$^{-1}$. مم$^{-1}$ على التوالي). كان متوسط كفاءة استعمال الآزوت الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأوّل، تحت ظروف الزراعة الحافظة، بوجود الدورة الزراعية أو غيابها وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (30.82، 30.64 كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً خلال الموسمين الزراعيين الثاني والأوّل، تحت ظروف الزراعة التقليدية، في القطع التجريبية التي لم تُطبق فيها الدورة الزراعية (18.75، 18.91 كغ حبوب. كغ N. هكتار$^{-1}$ على التوالي). يُعد صنف القمح القاسي دوما$_3$، والقمح الطري شام$_6$ أكثر استجابة لنظام الزراعة الحافظة في المنطقة الجنوبية (ازرع) من سورية، حيث كانت الغلّتين الحبية والحيوية الأعلى معنوياً لدى هذين الصنفين بالمقارنة مع الصنفين الآخرين المدروسين. ويُوصى باستبدال نظام الزراعة التقليدي الهدّام بنظام الزراعة الحافظة المستدام، ولا سيّما في البيئات الجافة، تحت ظروف الزراعة المطرية (عثمان، 2020).

تُعد الدورة الزراعية ضرورية لنجاح تطبيق نظام الزراعة الحافظة، وتحقيق المنافع المرجوة منه، ليس فقط لأنّها تقدم الغذاء للكائنات الحية الدقيقة في التربة، ما يزيد من النشاط الحيوي، ولكن يسمح وجود جذور النباتات ضمن قطاعات مختلفة من التربة (جذور ليفية سطحية، وجذور وتدية عميقة) لها بامتصاص المياه والعناصر المعدنية من طبقات مختلفة من قطاع التربة. تعمل الدورة الزراعية كمضخاتٍ حيوية، نتيجة إعادة تدوير وإتاحة العناصر المعدنية التي رشحت إلى طبقات التربة العميقة، ولم تعدْ متاحةً لنباتات المحصول الاقتصادي، بالإضافة إلى ذلك، يؤدي تنوع المحاصيل في الدورة الزراعية إلى تنوع الكائنات الحية الحيوانية والنباتية في التربة. تُسهم الدورة الزراعية في المحافظة على صحة النباتات، فهي تمنع انتقال بعض الآفات والأمراض من محصولٍ إلى المحصول اللاحق عن طريق بقايا المحصول التالي في الدورة الزراعية. يُساعد أيضاً تطبيق الدورة الزراعية وزراعة محاصيل التغطية في زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، وتحد من الانجرافين الريحي والمائي، وتُحافظ على رطوبة التربة، وتُساعد التربة على استعادة نشاطها الحيوي (Singh, 2011). يُساعد تطبيق الدورة الزراعية المناسبة في مكافحة الأعشاب الضّارة (Farooq *et al.*, 2011)، حيث تبيّن أنّه عند تطبيق نظام الزراعة الحافظة يتراجع على المدى الطويل استعمال المبيدات الكيميائية وذلك عائد لسيطرة عمليات المكافحة الطبيعية، وأيضاً يقل نمو الأعشاب الضّارة من خلال إتباع الدورات الزراعية المناسبة (Saturnion and Landers, 2002)، كما تزيد الدورة الزراعية من غلّة محاصيل الحبوب ونوعيتها (Gan *et al.*, 2003).

بيّن (Gan *et al.*, 2003) زيادة الغلّة الحبية ومحتوى الحبوب من البروتين في القمح الربيعي عندما زرع بعد العدس والحمص Chickpea (*Cicer arietinum* L.) والبازلاء Peas (*Pisum sativum* L.) بالمقارنة مع زراعته بعد القمح. وأظهرت نتائج دراسة نُفذت في ايكاردا (تل حديا) أنّ إنتاجية محصول القمح المزروع ضمن دورة زراعية ثنائية مع محصول العدس كانت أعلى تحت نظام الزراعة الحافظة (1.71 طن. هكتار$^{-1}$)، بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (1.66 طن. هكتار$^{-1}$).

كان متوسـط إنتاجيـة محصـول القمـح الطـري (*Triticum aestivum* L.) أقـل بنسـبة 6 % بالمقارنـة مـع متوسـط إنتاجيـة القمـح القاسـي (*Triticum durum* L.) (Sommer وزمـلاؤه، 2012). أظهـرت البحـوث المنفـذة فـي شـمال أمريـكا أنّ إدخـال محاصيـل بقوليـة حبيـة فـي دورة زراعيـة مـع محاصيـل حبيـة أخـرى يُحسِّـن مـن نسـبة العناصـر المعدنيـة المغذيـة فـي التربـة (Miller *et al.*, 2003 ؛ Gan *et al.*, 2007)، حيـث يزيـد إدخـال محصـول بقولـي فـي الـدورة الزراعيـة تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة مـن الآزوت المتـاح للنباتـات، وبالتالـي يُقلّـل الحاجـة إلـى كميـاتٍ كبيـرةٍ مـن الأسـمدة الآزوتيـة (Boddey *et al.*, 2006). وجـد Tab (2003) بعـد 7 سـنوات مـن الاسـتمرار فـي زراعـة محصـول القمـح مـع المحاصيـل البقوليـة ضمـن الـدورة الزراعيـة، أنّ كميـة الآزوت المتوفـرة فـي التربـة كانـت أعلـى بكثيـر فـي التـرب غيـر المفلوحـة بالمقارنـة مـع التـرب المفلوحـة، وأدّت الفلاحـة العميقـة بالمحـراث القرصـي إلـى تقليـل محتـوى التربـة مـن الآزوت فـي كل الأعمـاق. بيّـن (Gan *et al.*, 2003) أنّ القمـح المـزروع علـى بقايـا بقوليـة يُقلّـل مـن معـدّل اسـتعمال الأسـمدة الآزوتيـة بنحـو 20 - 40 % بالمقارنـة مـع القمـح المـزروع علـى بقايـا نجيليـة. أوصـى (Giller *et al.*, 2009) بإدخـال المحاصيـل البقوليـة فـي الـدورة الزراعيـة لتحسـين دورة العناصـر المعدنيـة المغذيـة، وزيـادة محتـوى التربـة مـن الآزوت المثبـت حيويـاً بواسـطة العقـد البكتيريـة المتعايشـة مـع جـذور النباتـات البقوليـة، حيـث كان معـدّل تثبيـت الآزوت الجـوي فـي جنـوب البرازيـل عنـد زراعـة محصـول فـول الصويـا قرابـة 82.4 % تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، بينمـا كان قرابـة 70.9 % تحـت ظـروف الزراعـة التقليديـة، وفـي الترمـس Lupine (*Lupinus* sp.) كان 74.4 % تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، بينمـا كان قرابـة 68.8 % تحـت ظـروف الزراعـة التقليديـة (Zotarelli *et al.*, 2002). أظهـرت دراسـة أخـرى زيـادة كميـة الآزوت الجـوي المثبـت فـي التربـة بفضـل العقـد البكتيريـة المتعايشـة علـى جـذور محصـول العـدس بنحـو 10 % بعـد 4 سـنوات مـن تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة فـي ظـروف البيئـة شـبه الجافـة (Van Kessel and Hartley, 2000). يُسـاعد أيضـاً تطبيـق الـدورة الزراعيـة وزراعـة محاصيـل التغطيـة فـي زيـادة محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة (Singh, 2011). بيّنـت دراسـة حقليـة أنّ اتبـاع دورة زراعيـة ثنائيـة (قمـح- بقـول) قـد أدّى إلـى زيـادة محتـوى التربـة مـن المـادة العضويـة بالمقارنـة مـع تكـرار زراعـة محصـول القمـح فـي الأرض نفسـها عامـاً بعـد عـام (Ryan, 1998). لوحـظ زيـادة حجـم الكتـل الترابيـة المتشـكلة فـي الطبقـة السـطحية مـن التربـة (0-10 سـم) عنـد إدخـال العـدس فـي الـدورة الزراعيـة بالمقارنـة مـع الـدورة الزراعيـة (قمـح- بـور) فـي البيئـات شـبه الجافـة فـي كنـدا (Beiderbeck *et al.*, 1998).

كان متوسـط الغلّـة الحبيـة الأعلـى معنويـاً خـلال الموسـم الأول، تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، فـي القطـع التجريبيـة التـي طُبقـت فيهـا الـدورة الزراعيـة، فـي حـال تـرك كامـل البقايـا النباتيـة للمحصـول السـابق، ولـدى صنـف القمـح القاسـي دومـا3 (4533 كـغ. هـكتار$^{-1}$)، تـلاه وبفروقـاتٍ معنويـة خـلال الموسـم الزراعـي الأوّل، تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، فـي القطـع التجريبيـة التـي طُبقـت فيهـا الـدورة الزراعيـة الزراعيـة، فـي حـال زراعـة محصـول التغطيـة الأخضـر أوتـرك كامـل البقايـا النباتيـة للمحصـول السـابق، ولـدى صنفـي القمـح القاسـي والطـري دومـا3 وشـام6 (3792، 3736 كـغ. هـكتار$^{-1}$على التوالـي)، فـي حيـن كان الأدنـى معنويـاً خـلال الموسـم الزراعـي الثانـي، تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، فـي القطـع التجريبيـة التـي لـم تُطبـق فيهـا الـدورة الزراعيـة، فـي حـال تـرك كامـل البقايـا النباتيـة للمحصـول السـابق، ولـدى صنـف القمـح الطـري دومـا4 (1312كـغ. هـكتار$^{-1}$)، تـلاه وبـدون فروقـاتٍ معنويـة خـلال الموسـم الزراعـي الثانـي، تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة، فـي القطـع التجريبيـة التـي طُبقـت فيهـا الـدورة الزراعيـة، فـي حـال زراعـة محصـول التغطيـة الأخضـر، ولـدى صنـف القمـح الطـري دومـا4 (1387 كـغ. هـكتار$^{-1}$). يُعـزى تفـوق الغلّـة الحبيـة خـلال الموسـم الزراعـي الثانـي وتحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة وبوجـود الـدورة الزراعيـة، لـدى نباتـات صنفـي القمـح القاسـي والطـري (دومـا$_3$، شـام$_6$) إلـى وجـود

فروقاتٍ معنوية في صفة متوسط وزن الألف حبة، حيث كان متوسط وزن الألف حبة الأعلى معنوياً لدى صنفي القمح القاسي والطري، تحت ظروف الزراعة الحافظة، وفي القطع التجريبية التي طُبقتْ فيها الدورة الزراعية (36.12، 34.73غ على التوالي)، بالمقارنة مع صنفي القمح القاسي والطري (شام$_5$، دوما$_4$) المدروسين (عثمان، 2020).

يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة كحزمةٍ زراعية متكاملة في تحسين الكفاءة الإنتاجية لمختلف الأنواع المحصولية النجيلية والبقولية الغذائية والعلفية، من خلال تحسين الصفات الشكلية والكمية المرتبطة بالغلّة الحبية. ويُسهم تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين كفاءة استعمال مياه الأمطار من خلال تقليل الفواقد المائية غير المنتجة، وتحسين مخزون التربة المائي وكمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور، الأمر الذي يزيد من كفاءة النتح وكمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة والمتاحة لنمو نباتات المحصول وتطورها وإنتاجيتها، ما يُحسّن من قدرة النظم البيئة الزراعية التكيفية، ولا سيّما في المناطق الجافة وشبه الجافة. من المهم بمكان تحديد الأصناف الأكثر استجابةً لظروف الزراعة الحافظة في كل منطقة بيئية، نظراً لوجود تباين وراثي في استجابة الطرز الوراثية المختلفة من النوع المحصول نفسه لنظام الزراعة الحافظة، لضمان تحقيق المنافع المرجوة من تطبيق هذه التقانة المبتكرة والذكية مناخياً، والمحافظة على استقرار الإنتاج الزراعي واستدامة الموارد الطبيعية الزراعية المتاحة بكمياتٍ محدودة.

الفصل التاسع
الأهمية التطبيقية والجدوى الاقتصادية لنظام الزراعة الحافظة
Applied Relevance and Economic Feasibility of Conservation Agriculture

يتطلب تأمين الاحتياجات السكانية المتزايدة من الغذاء والكساء ضرورة العمل على زيادة متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية النجيلية الغذائية والعلفية (القمح، والشعير، والذرة الصفراء، والذرة البيضاء، والدخن)، والبقولية (الحمص، والعدس، والبازلاء، والفول العادي، والبيقية) في وحدة المساحة من الأرض، بسبب صعوبة التوسع الأفقي، نتيجة محدودية الأراضي الصالحة للزراعة، بسبب التملح، وقلّة الموارد المائية العذبة السطحية والجوفية، وتراجع معدّلات الهطل المطري السنوي، وتذبذب الأمطار عبر المواسم، وسوء توزعها خلال الموسم الزراعي بما يضمن تأمين احتياجات النباتات المائية خلال مختلف مراحل النمو، ولا سيّما خلال المراحل المتقدمة الحرجة (مرحلتي الإزهار، وامتلاء الحبوب) المُحددة لغلّة الأنواع المحصولية المزروعة. يمكن تحقيق ذلك من خلال التكثيف الزراعي، الذي يتطلب التحضير الجيد للتربة قبل الزراعة (الفلاحة المكثفة والمتكررة)، وزيادة معدّلات الأسمدة المعدنية المُضافة، وزراعة البذار المحسّن ذي النوعية العالية، واستعمال كمياتٍ أكبر من مبيدات الآفات، وإضافة كمياتٍ أكبر من مياه الري تحت ظروف الزراعة المروية، وتطبيق الري التكميلي تحت ظروف الزراعة البعلية. تؤدي مثل هذه الممارسات إلى زيادة تكاليف الإنتاج الزراعي، ولا سيّما في ظل ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي عامةً، والوقود خاصةً، بالإضافة إلى إلحاق الضرر بالنظم البيئية الزراعية، حيث تؤدي عملية الفلاحة المكثفة والمتكررة على المدى البعيد إلى استنفاد محتوى التربة من المادة العضوية، الأمر الذي يؤثر سلباً في جميع خصائص التربة الفيزيائية، والكيميائية، والحيوية، ويُضعف مقدرة التربة الإنتاجية. ويؤدي تدهور الأراضي الزراعية نتيجة التكثيف الزراعي، وشح الموارد المائية العذبة إلى تدني إنتاجية الأرض والمحاصيل الزراعية، والمياه. وتتمثل أعراض تدهور الأراضي الزراعية (Soil degradation) بالنقاط الآتية:

- ازدياد حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي.
- تدني خصوبة التربة، وانضغاط طبقات التربة تحت السطحية.
- تراجع قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، بسبب تراجع حجم الكتل الترابية ومسامية التربة، نتيجة استنفاد محتوى التربة من المادة العضوية ، وتشكل القشرة السطحية الكتيمة.

وأصبح تبعاً لذلك لزاماً على المزارعين أن يبحثوا عن طرائق الإنتاج الزراعي المستدامة، والمنتجة، والمربحة، والأقل استنفاداً للموارد الطبيعية (التربة، والمياه)، والأكثر حفاظاً على النظم البيئية الزراعية والطبيعية. يتمثل الحل الأساسي بتطبيق نظام الزراعة الحافظة (Conservation Agriculture)، الذي يعتمد في جوهره على أربع دعائم رئيسة، هي:

1. عدم فلاحة التربة، أو فلاحتها بالحد الأدنى.
2. التغطية المستمرة لسطح التربة بمحاصيل التغطية الخضراء، أو بالبقايا النباتية الميتة.
3. تطبيق الدورة الزراعية المناسبة، التي تتضمن محصولاً بقولياً ذي كفاءة عالية على تثبيت الآزوت الجوي، وتنتج كتلة حية أكبر.
4. المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة، ولا سيّما في الحقول الموبوءة ببذور الأعشاب الضّارة.

عموماً، أشارت العديد من الدراسات العالمية والعربية إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين عوامل إدارة الأرض والمحصول، وتقليل تلوث التربة والمياه، وتخفيف حساسية الترب الزراعية للانجرافين الريحي والمائي، وتقليل الاعتماد على مدخلات الإنتاج الزراعي الخارجية، وتحسين إنتاجية المياه ونوعيتها، والمحافظة على البيئة من خلال تقليل معدّل انبعاث غازات الصوب الزجاجية، وزيادة كفاءة الترب الزراعية على احتجاز الكربون، نتيجة تقليل كميات الوقود المستهلكة. يُساعد ذلك بالمحصلة في تحسين إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة، وتقليل الفجوة الإنتاجية (Yield gap)، والغذائية (Food gap)، وزيادة دخل المزارع العربي وتحسين مستوى معيشته، بالإضافة إلى تحسين العوامل البيئية.

1.9. متوسط إنتاجية محصول القمح على مستوى المحافظة في الجمهورية العربية السورية:

يُلاحظ من الجدول (25) أنّ متوسط إنتاجية محصول القمح (كغ . هكتار$^{-1}$) كان الأعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في جميع المحافظات السورية المستهدفة في الدراسة. كان متوسط الزيادة في إنتاجية محصول القمح نحو 15.3 % تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، ما يُشير إلى أهمية تطبيق نظام الزراعة في تحسين متوسط إنتاجية محصول القمح تحت ظروف الزراعة المطرية، في جميع المحافظات التي تنتشر فيها زراعة محصول القمح. يُعزى التباين في نسبة الزيادة في متوسط الإنتاجية بين المحافظات السورية المستهدفة إلى التباين في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية، والتباين في الصنف المزروع، ومدى ملاءمته للمنطقة البيئية المستهدفة، والتباين في معدّل الهطل المطري السنوي، والممارسات الزراعية المطبقة، ولا سيّما موعد الزراعة، ومعدّل البذار، وكمية الأسمدة المعدنية المضافة، والمكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة، وكمية بقايا المحصول المتروكة فوق سطح التربة من الموسم الماضي، والنوع المحصولي السابق في الدورة الزراعية.

أدّى تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى زيادة متوسط إنتاجية الأنواع المحصولية الأخرى (الشعير، والعدس، والحمص)، حيث بلغت نسبة الزيادة في متوسط إنتاجية محصول الشعير (كقيمة متوسطة لجميع المحافظات) قرابة 8.60 %، ومحصول العدس قرابة 11.36 %، ومحصول الحمص قرابة 18 % (الجدول، 26). تُشير النتائج إلى تباين استجابة النوع المحصولي المزروع لتطبيق نظام الزراعة الحافظة، حيث كان محصول القمح الأكثر استجابةً لهذا النظام الزراعي، في حين كان محصول الشعير الأقل استجابةً. وهذا مهم من وجهة نظر إنتاجية، لأنّ محصول القمح هو المحصول الحبي الأكثر أهميةً في سورية، والوطن العربي، ما يُشير إلى أنّ نظام الزراعة الحافظة من الممارسات الزراعية المهمة في تحسين إنتاجية محصول القمح، ولا سيّما تحت ظروف الزراعة المطرية، ما يُسهم بشكلٍ فعّال في تضييق الفجوة الإنتاجية، وزيادة الإنتاج الزراعي، بما يضمن تحقيق الأمن الغذائي الوطني والعربي، وتحسين دخل المزارعين ومستوى معيشتهم.

الجدول 26. متوسط إنتاجية (كغ . هكتار$^{-1}$) بعض الأنواع المحصولية المزروعة تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة، ، خلال الموسم الزراعي 2009/2010.

المحصول	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
القمح	2209.6	1915.7	15.30
الشعير	2010	1850	8.60
العدس	1225	1100	11.36

المصدر: التقرير الفني السنوي أكساد، 2011.

الجدول 25. متوسط إنتاجية محصول القمح (كغ . هكتار-1) تحت ظروف الزراعة الحافظة والتقليدية في بعض المحافظات السورية، خلال الموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011.

المحافظة	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
الحسكة	1952	1837	6.3
إدلب	2238	2173	3
حلب	2527	2314	9.2
حمص	2666.7	2216.7	20.3
درعا	1662.5	1037.5	60.2
متوسط الإنتاجية لكل المحافظات	2209.6	1915.7	15.3

المصدر: التقرير الفني السنوي أكساد، 2011.

يُلاحظ من خلال مقارنة متوسط إنتاجية محصول القمح خلال الموسمين الزراعيين المدروسين (2009/2010 - 2010/2011) أنّ نسبة الزيادة في الإنتاجية كانت أعلى (21.80 %) خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011 بالمقارنة مع الموسم الزراعي 2009 - 2010 (15.30 %) (الجدول، 27). تُشير هذه النتائج إلى أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة يؤدي إلى زيادة الغلّة الحبية بشكلٍ تدريجي وتراكمي. يُعزى ذلك إلى دور الزراعة الحافظة في تحسين خصائص التربة الفيزيائية (النفاذية، والتهوية)، والكيميائية، والحيوية (عدد الكائنات الحية ونشاطها)، من خلال تحسين محتوى التربة من المادة العضوية، وزيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها، ما يؤدي إلى زيادة معدّل رشح المياه إلى باطن التربة، ومقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، نتيجة زيادة مسامية التربة، ويؤدي ذلك أيضاً إلى تحسين خصوبة التربة، وكفاءة استعمال الأسمدة المعدنية. يؤدي بالمقابل تطبيق الدورة الزراعية إلى كسر دورة حياة العديد من الآفات الزراعية، والمسببات المرضية، ما يُقلل من حجم الضرر الناجم عن العوامل الحيوية. لذلك، يرتبط مقدار الزيادة الحاصلة في غلّة المحصول الاقتصادية بمدى التحسين الحاصل في نوعية التربة «المحصول مرآة التربة»، ويتوقف هذا بدوره على التطبيق السليم لنظام الزراعة الحافظة، ولا سيّما فيما يتعلق بترك أكبر كمية ممكنة من بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة، حيث تشكل البقايا النباتية المادة الأولية للمادة العضوية في التربة، والغذاء الرئيس لجميع الكائنات الحية في التربة.

الجدول 27. متوسط إنتاجية (كغ . هكتار-1) محصول القمح تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.

المحافظة	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
الحسكة	442.56	298.33	48.34
إدلب	3431.81	2459.09	0.78 -
درعا	356.66	248.33	43.62
حلب	1571.81	1429.09	9.98
حمص	4760	4500	5.77
المتوسط العام	**2112.56**	**1786.96**	**21.38**

المصدر: التقرير الفني السنوي أكساد، 2011.

يُلاحـظ مـن الجـدول (28) أنّ متوسـط إنتاجيـة محصـول الشـعير كان الأعلـى تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة فـي المحافظـات السـورية المسـتهدفة. تراوحـت نسـبة الزيادة فـي الإنتاجيـة بين 8.87 إلـى 36.90 %. يُعـزى التبايـن فـي نسـبة الزيـادة إلـى التبايـن فـي معـدّل الهطـل المطـري، والعوامـل البيئيـة السـائدة خـلال موسـم النمـو ومـدى ملاءمتهـا لمتطلبـات نباتـات الشـعير البيئيـة، والتبايـن فـي نوعيـة التربـة، والممارسـات الزراعيـة المطبقـة (موعـد الزراعـة، معـدل البـذار، عمـق الزراعـة، معـدل الأسـمدة المعدنيـة المضافـة، مكافحـة الأعشـاب الضارة...إلـخ) فـي كل حقـل ومنطقـة بيئيـة. كانـت نسـبة الزيـادة بالمتوسـط قرابـة 23.82 %. يُلاحـظ أيضـاً أنّ نسـبة الزيـادة خـلال الموسـم الزراعـي 2010 - 2011 كانـت أعلـى بالمقارنـة مـع الموسـم الزراعـي السـابق (8.60 %)، مـا يؤكـد التأثيـر التراكمـي الـذي يؤديـه تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة، مـن خـلال تحسـين نوعيـة التربـة وخصوبتهـا. ويمكـن القـول: "أنّ تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة يُسـاعد فـي إعـادة تأهيـل التـرب الزراعيـة المتدهـورة، واسـتعادة طاقتهـا الإنتاجيـة"، الأمـر الـذي يـؤدي إلـى زيـادة إنتاجيـة الأنـواع المحصوليـة المزروعـة فيهـا، وهـذا ينسـجم مـع مفهـوم التنميـة الزراعيـة المسـتدامة، لذلـك، كلمـا ازداد عـدد سـنوات تطبيـق نظـام الزراعـة الحافظـة فـي الحقـل نفسـه، تـزداد الغلّـة الاقتصاديـة عامـاً بعـد آخـر، وصـولاً إلـى الطاقـة الإنتاجيـة الكامنـة لـلأرض والمحصـول.

الجدول 28. متوسط إنتاجية (كغ . هكتار-1) محصول الشعير تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.

المحافظة	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
الحسكة	700	525	33.33
إدلب	3767.85	3460.71	8.87
*درعا	-	-	-
حلب	2000	1460	36.90
حمص	215	185	16.20
المتوسط العام	**1670.71**	**1407.67**	**23.82**

*ملاحظة: لم يزرع الشعير لدى المزارعين في درعا خلال هذا الموسم. المصدر: التقرير الفني السنوي أكساد، 2011.

يُلاحـظ أيضـاً مـن الجـدول (29) أنّ متوسـط إنتاجيـة محصـول العـدس كان الأعلـى تحـت ظـروف الزراعـة الحافظـة بالمقارنـة مـع الزراعـة التقليديـة فـي جميـع المحافظـات السـورية المسـتهدفة. يُلاحـظ أيضـاً أنّ متوسـط نسـبة الزيـادة فـي الإنتاجيـة كان أعلـى (12.93 %) خـلال الموسـم الزراعـي اللاحـق بالمقارنـة مـع الموسـم الزراعـي السـابق (11.36 %)، مـا يؤكـد مجـدداً علـى أهميـة تطبيـق الزراعـة الحافظـة فـي تحسـين الإنتاجيـة تدريجيـاً للمحاصيـل البقوليـة الغذائيـة (العـدس).

الجدول 29. متوسط إنتاجية (كغ . هكتار-1) محصول العدس تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية للمحافظات السورية المستهدفة خلال الموسم الزراعي 2010 - 2011.

المحافظة	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الزيادة (%)
الحسكة	912.50	833.33	9.50
إدلب	1695.00	1456.87	16.34
*درعا	-	-	-
حلب	1482.50	1312.50	12.95
*حمص	-	-	-
المتوسط العام	1363.33	1278.61	12.93

*ملاحظة: لم يزرع العدس لدى المزارعين في درعا وحمص خلال هذا الموسم.

يُلاحظ من الجدول (30) أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة في الحقول نفسها خلال أربعة مواسم زراعية متتالية قد سبب زيادة تراكمية في متوسط إنتاجية محاصيل الحبوب الصغيرة (القمح، والشعير)، والبقوليات الغذائية (العدس). يُعزى ذلك إلى التحسين التدريجي الذي يطرأ على خصائص التربة، نتيجة عدم الفلاحة، حيث يُساعد ذلك في المحافظة على بناء التربة (حجم الكتل الترابية وثباتها)، وتقليل معدّل فقد الكربون العضوي منها، لأنّ عملية الفلاحة تؤدي إلى زيادة معدّل أكسدة المادة العضوية، بالإضافة إلى دور عدم الفلاحة في تقليل معدّل فقد المياه بالتبخر. يُساعد أيضاً ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة في الحد من انجراف التربة الريحي والمائي، الأمر الذي يُسهم في المحافظة على طبقات التربة السطحية الغنية بالمادة العضوية والعناصر المعدنية المغذية، بالإضافة إلى تقليل معدّل فقد المياه بالجريان السطحي، الأمر الذي يُقلل من حساسية الترب الزراعية للانجراف، ويزيد من معدّل رشح المياه إلى باطن التربة. يؤدي أيضاً ترك البقايا النباتية إلى زيادة معدّل تشكيل المادة العضوية في التربة، وتتوقف وتيرة تراكم المادة العضوية على كمية بقايا المحصول المتروكة فوق سطح التربة. تؤدي هذه العوامل مجتمعةً إلى تحسين نوعية التربة، التي تؤدي بدورها إلى تحسين إنتاجية المحصول، والمياه.

الجدول 30. نسبة الزيادة (%) في متوسط الإنتاجية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية لبعض الأنواع المحصولية عبر المواسم الزراعية.

المواسم الزراعية	القمح	الشعير	العدس
2008 - 2007	7.14	5.18	3.50
2009 - 2008	12.21	8.56	4.13
2010 - 2009	15.30	18.60	11.36
2011 - 2010	21.38	23.82	12.93

ملاحظة: تمثل القيم متوسط الزيادة في الإنتاجية لجميع المحافظات المستهدفة.

2.9. تكاليف الإنتاج الزراعي (Production Costs Agricultural):

يُساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة تدريجياً في تحسين خصوبة التربة، وكفاءة استعمال المياه ، ويمكن أن يؤدي ذلك مع الزراعة في الوقت المناسب إلى زيادة غلّة الأنواع المحصولية المزروعة، ومن ثمّ العوائد المادية للمزرعة. تتمثل المنافع الاقتصادية الناجمة عن تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالنقاط الآتية:

1) زيادة متوسط الإنتاجية.
2) زيادة استقرار الإنتاج الزراعي.
3) زيادة نسبة مخرجات الإنتاج الزراعي إلى مدخلاته.
4) تقليل الحاجة للعمالة، واستهلاك الطاقة، بسبب الاستغناء عن فلاحة التربة، وعملية التعشيب.
5) التخفيف من الأضرار السلبية الناتجة عن الجفاف.
6) توفير الوقت والأيدي العاملة خلال أوقاتٍ حرجة من السنة، الأمر الذي يسمح بتنويع الإنتاج الزراعي، ومن ثمّ مصادر الدخل.

سيتم استعراض تكاليف عمليات الإنتاج الزراعي، ومستلزمات الإنتاج، والعوائد تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لجميع الأنواع المحصولية المزروعة في كل المحافظات السورية المستهدفة.

يُلاحظ من الجدول (31) أنّ متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي لمحصول القمح كان أقل تحت ظروف الزراعة الحافظة (13799 ل. س . هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (164119 ل. س . هكتار$^{-1}$)، بنسبة زيادة قرابة 15.9 %. يُعزى انخفاض تكاليف الإنتاج الزراعي تحت ظروف الزراعة الحافظة إلى توفير أجور عملية تحضير الأرض قبل الزراعة، حيث تتم الزراعة مباشرةً في الأرض غير المُحضرة بشكلٍ مسبق (بدون فلاحة)، باستعمال آلات زراعية خاصة تعمل على إحداث شق ضيق في الأرض غير المُحضّرة مسبقاً، بعرض وعمق كافيين فقط لوضع الأسمدة المعدنية والبذار على عمق مناسب ومتجانس، وتغطيتهما بشكلٍ جيد، ما يسمح بتوفير أجور الفلاحة ونثر الأسمدة المعدنية قبل الزراعة، في حين تتطلب الزراعة بالبذارات التقليدية (الهارو) ضرورة فلاحة التربة وتحضير المهد المناسب لإنبات البذور، وتختلف عدد مرات الفلاحة، وعمق كل فلاحة من مزارعٍ لآخر، وتقدّر بالمتوسط تكاليف تحضير الهكتار الواحد بنحو 1573 ل. س، بالإضافة إلى أجور نثر الأسمدة المعدنية قبل الزراعة، التي تقدر بالمتوسط بنحو 215 ل. س للهكتار، في حين يسمح استعمال آلات البذر المباشر بإجراء عمليتي التسميد والبذر بعملية زراعية واحدة. يُلاحظ أيضاً أنّ متوسط ثمن البذار المزروعة في الهكتار الواحد كان أقل تحت ظروف الزراعة الحافظة (3124 ل. س . هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3870 ل. س . هكتار$^{-1}$)، بنسبة زيادة تقدّر بنحو 19.3 %. يُعزى ذلك إلى تقليل معدّل البذار، تحت ظروف الزراعة الحافظة، وتتراوح نسبة التخفيض بمعدّل البذار بين 40 إلى 60 % تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، لأنّ استعمال آلات البذر المباشر يسمح بوضع جميع البذار المزروعة على عمق مناسب (5 سم)، الأمر الذي يضمن إنبات جميع البذور الحية، أي أن نسبة الإنبات تصل تقريباً إلى 100 %، وهذا يضمن الحصول على الكثافة النباتية المطلوبة في وحدة المساحة من الأرض بزراعة كميةٍ أقل من البذار، في حين يضطر المزارع تحت ظروف الزراعة التقليدية (باستعمال الهارو) أن يستعمل معدّل بذار أعلى لضمان الحصول على الحد الأدنى من الكثافة النباتية المطلوبة في وحدة المساحة، بسبب ضياع نسبة كبيرة من البذار، حيث يضع الهارو جزء من البذار على أعماقٍ كبيرة (أكبر من 15 سم)، فتفشل البذور المنبتة من الوصول إلى سطح التربة، لأنّ عمق الزراعة أكبر من الطول الأقصى للسويقة الجنينية، فتبقى البادرات تحت سطح التربة وتتعفن، ويضع بالمقابل جزء من البذار على سطح التربة، وهذه البذار عادةً ما تؤكل من قبل الطيور، أو تفشل في الإنبات بسبب الجفاف، ولا تتجاوز

نسبة البذور التي توضع على العمق المناسب أكثر من 40 - 50 %، لذلك لا بدّ من زيادة معدّل البذار لضمان الحصول على الكثافة النباتية المثلى. يُلاحظ أيضاً أنّ متوسط قيمة الأسمدة المعدنية المضافة كانت أقل تحت ظروف الزراعة الحافظة (3722 ل. س . هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (3980 ل. س . هكتار$^{-1}$)، بنسبة زيادة تقدّر بنحو 6.5 %. يُعزى ذلك إلى تقليل معدّل الأسمدة المعدنية المُضافة تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، لأنّ آلات البذر المباشر تعمل على وضع الأسمدة المعدنية على عمق مناسب ومتجانس (أسفل وجانب البذار، على مسافة 2 - 3 سم من البذار لتجنب التماس المباشر والتأثير الكاوي للأسمدة المعدنية في البذار)، الأمر الذي يُساعد في الحد من ضياع الأسمدة، ويزيد من كفاءة استعمالها، بالإضافة إلى حقيقة أنّ تطبيق الدورة الزراعية، التي تتضمن محصولاً بقولياً يُساعد في إغناء التربة بالآزوت، نتيجة عملية التثبيت الحيوي للآزوت الجوي، بفضل العقد البكتيرية المتعايشة على جذور النباتات البقولية. يُساعد أيضاً تحسين محتوى التربة من المادة العضوية في تقليل الحاجة للأسمدة المعدنية الخارجية، نتيجة التحرير البطيء للعناصر المعدنية المغذية من المادة العضوية بفعل الكائنات الحية الدقيقة. ويُلاحظ بالمقابل من الجدول (29) أنّ تكاليف أجور نثر الأسمدة المعدنية (نصف كمية الأسمدة الآزوتية المتبقية) كانت أعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة (261 ل. س . هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (241 ل. س . هكتار$^{-1}$)، لأنّ المزارع يضطر إلى زيادة معدّل الأسمدة الآزوتية تحت ظروف الزراعة الحافظة بسبب نمو النباتات وتطورها بشكلٍ أفضل بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. يؤدي أيضاً ترك بقايا المحصول، وخاصةً بقايا القمح والشعير إلى زيادة نسبة الكربون إلى الآزوت في التربة، الأمر الذي يمكن أن يُعرض النباتات إلى نقص الآزوت ما لم يُضفْ بكمياتٍ أكبر ولا سيّما خلال السنوات الثلاثة الأولى من تطبيق نظام الزراعة الحافظة، إلى أن يتحسن محتوى التربة من المادة العضوية، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة احتياجات النباتات من الآزوت، ما يُفسّر زيادة أجور نثر الأسمدة المعدنية بعد الزراعة بنسبة 8 % تحت ظروف الزراعة الحافظة. يُلاحظ أيضاً أنّ ثمن مبيدات الأعشاب الضّارة كان نسبياً أعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة (614 ل. س.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (558 ل. س.هكتار$^{-1}$)، ولكن لم تكن هناك فروقات في أجور الرش. يُعزى ذلك إلى حقيقة أنّ كثافة الأعشاب الضّارة، عادةً ما تكون أعلى في الحقول المزروعة بنظام الزراعة الحافظة، لأنّ فلاحة التربة قبل الزراعة تسمح بالتخلص من نباتات الأعشاب الضّارة التي تنبت قبل الزراعة، لذلك فإنّ عدم فلاحة التربة يشجع انتشار الأعشاب الضّارة بكثافةٍ أكبر، ومن ثمّ سيضطر المزارع لاستعمال كمية أكبر من مبيدات الأعشاب، ولكن هذا لا يعني بالضرورة استمرار استعمال مبيدات الأعشاب الضّارة بكمياتٍ أكبر تحت ظروف الزراعة الحافظة، لعدة أسباب، أهمها:

1. إنّ عدم فلاحة التربة يعني عدم إحضار بذور أعشاب ضارة جديدة من طبقات التربة العميقة إلى طبقات التربة السطحية، وبالتالي تبقى البذور خلال السنوات اللاحقة لتطبيق نظام الزراعة الحافظة على أعماقٍ لا تسمح لها بالإنبات.
2. تسمح عملية المكافحة الكيميائية الفعّالة لنباتات الأعشاب الضّارة خلال السنوات الثلاثة الأولى من تطبيق نظام الزراعة الحافظة في استنزاف مخزون طبقات التربة السطحية من بذور الأعشاب الضّارة، بسبب عدم السماح لنباتات الأعشاب النامية من الوصول إلى مرحلة الإزهار وتشكيل البذور، وهذا يضمن انخفاض كثافة الأعشاب الضّارة في حقول الزراعة الحافظة عاماً بعد آخر.
3. يسمح ترك بقايا المحصول السابق بكمياتٍ كافية فوق سطح التربة في خفض درجة حرارة التربة بين السطور المزروعة، ما يبطئ من سرعة إنبات بذور الأعشاب الضّارة، ويؤخر ظهورها فوق سطح التربة بالمقارنة مع نباتات المحصول الاقتصادي، ما يؤدي إلى زيادة كفاءة نباتات المحصول الاقتصادي التنافسية،

وحرمان نباتات الأعشاب الضّارة من متطلبات النمو الأرضية (المياه، والعناصر المعدنية المغذية)، والهوائية (الضوء، وغاز الفحم)، الأمر الذي يؤثر سلباً في معدّل نمو نباتات الأعشاب الضّارة، وتطورها، وإنتاجيتها. يُساعد أيضاً تطبيق الدورة الزراعية المناسبة الطويلة الأمد في تقليل كثافة الأعشاب الضّارة.

تُشير نتائج البحوث السابقة في الدول التي طبقت الزراعة الحافظة على مدار أكثر من عشر سنوات، أنّ كمية مبيدات الأعشاب الضّارة المستعملة لمكافحة الأعشاب في حقول الزراعة الحافظة قلّت بمقدار النصف بعد السنة الثالثة، وتمّ الاستغناء عنها تماماً بعد مضي 5 - 7 سنوات على تطبيق نظام الزراعة الحافظة بشكلٍ مستمر، لذلك، يسمح تطبيق نظام الزراعة الحافظة في توفير ثمن المبيدات العشبية، وأجور رشها بد مضي 5 سنوات، في حين يستدعي الاستمرار بالزراعة التقليدية ضرورة المكافحة الكيميائية للأعشاب الضّارة بشكلٍ سنوي، لأنّ عملية الفلاحة تعني إحضار بذور أعشاب جديدة في كل سنة من طبقات التربة العميقة إلى طبقات التربة السطحية. لكن لا بدّ من التأكيد على أهمية المكافحة الفعّالة للأعشاب الضّارة في الحقول المزروعة بنظام الزراعة الحافظة، وإلاّ سيكون هذا النظام الزراعي كارثياً على المزارع، لأنّ عدم فلاحة التربة يعني إمكانية انتشار نباتات الأعشاب الضارة بكثافةٍ أكبر، وقد تظهر أنواع عشبية جديدة حولية ومعمرة.

تُعزى زيادة التكاليف المتمثلة بثمن الأكياس (15 %)، إلى زيادة متوسط الإنتاجية تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. يُلاحظ بشكلٍ عام، أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة قد قلّل تكاليف الإنتاج الزراعي لمحصول القمح بنحو 15.9 % (كقيمة متوسطة لمحصول القمح المزروع في جميع المحافظات المستهدفة، وخلال الموسمين الزراعيين المدروسين).

الجدول 31. متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س/هكتار) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول القمح خلال الموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011.

البيان	حافظة	تقليدية	نسبة الفروقات (%)
أجور تحضير الأرض	0	1573	100
أجور نثر الأسمدة قبل الزراعة	0	215	100
أجور نثر الأسمدة بعد الزراعة	261	241	- 8.3
أجور تعبئة الأسمدة	105	105	0
ثمن الأسمدة	3722	3980	6.5
المجموع	**4088**	**4541**	**9.9**
ثمن بذار	3124	3870	19.3
أجور عملية البذر	950	964	1.5
المجموع	**4074**	**4834**	**15.7**
ثمن مبيدات أعشاب	614	558	- 10
أجور رش مبيدات أعشاب	289	290	0.3
ثمن مبيدات أخرى	750	750	0
أجور رش مبيدات أخرى	160	160	0
المجموع	**1813**	**1758**	**3.03**
أجور حصاد	2200	2200	0
ثمن أكياس	874	763	-15
أجور نقل	750	750	0
متوسط اجمالي التكاليف	**13799**	**16419**	**15.9**

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011 (سعر صرف الدولار الأمريكي يعادل 50 ل. س).

يُلاحظ أيضاً من الجدول (32) أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة في الحقول المزروعة بمحصول الشعير قد قلّل أيضاً تكاليف الإنتاج الزراعي بنحو 15.6 % بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. يُساعد تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي في زيادة هامش الربح المزارع، ومن ثمّ تحسين دخله ومستوى معيشته.

الجدول 32. متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س.هكتار-1) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول الشعير خلال الموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011.

البيان	حافظة	تقليدية	نسبة الفروقات (%)
أجور تحضير الأرض	0	1250	100
أجور نثر الأسمدة قبل الزراعة	0	217	100
أجور نثر الأسمدة بعد الزراعة	200	300	33.3
أجور تعبئة السماد	50	50	0
ثمن أسمدة	2540	2450	-3.7
ثمن بذار	1500	1930	22.3
أجور عملية بذر	600	640	6.3
ثمن مبيدات أعشاب	667	648	-2.9
أجور رش مبيدات أعشاب	294	300	2
ثمن مبيدات أخرى	1000	1000	0
أجور رش مبيدات أخرى	300	300	0
أجور حصاد	1734	1734	0
ثمن أكياس	670	646	-3.7
أجور نقل	750	750	0
مجموع التكاليف	**10305**	**12215**	**15.6**

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011. (كان سعر صرف الدولار الأمريكي يعادل 50 ل. س).

يُلاحظ من الجدول (33) أنّ تكاليف الإنتاج الزراعي كانت أقل تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية لمحصول العدس بنسبة 14.3 %، ويُعزى ذلك بشكلٍ رئيس إلى التوفير في أجور عملية الفلاحة، ونثر الأسمدة قبل الزراعة بنسبة 100 %، والتقليل بنسبة 11 % في ثمن البذار، والتوفير في ثمن مبيدات الأعشاب الضارة بنسبة 33 % على التوالي.

الجدول 33. متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س.هكتار-1) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول العدس خلال الموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011.

البيان	حافظة	تقليدية	نسبة الفروقات (%)
أجور تحضير الأرض	0	2147	100
أجور نثر الأسمدة قبل الزراعة	0	245	100
أجور نثر الأسمدة بعد الزراعة	0	0	0
أجور تعبئة الأسمدة	83	131	37
ثمن أسمدة	1975	1832	7.8 -
ثمن بذار	8504	9535	11
أجور عملية بذر	948	818	16 -
ثمن مبيدات أعشاب	1304	1939	33
أجور رش مبيدات أعشاب	314	281	12 -
ثمن مبيدات أخرى	779	785	0.8
أجور رش مبيدات أخرى	414	412	0.5
أجور حصاد	7081	7021	0.8 -
ثمن أكياس	450	450	0
أجور نقل	500	500	0
مجموع التكاليف	**22352**	**26096**	**14.3**

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 210/2011. (كان سعر صرف الدولار يعادل 50 ل. س).

يُلاحظ من الجدول (34) أنّ نسبة الانخفاض في تكاليف الإنتاج الزراعي لمحصول القمح تقدّر بالمتوسط بنحو 16.04 % لجميع المحافظات السورية المستهدفة. يُعزى التباين الطفيف جداً بنسبة الانخفاض في تكاليف الإنتاج الزراعي بين المحافظات إلى التباين في أجور العمليات الزراعية المختلفة، والتباين في معدّلات البذار والأسمدة المضافة، والتباين في متوسط الإنتاجية، ويتوقف الأخير على مدى التزام المزارع بتطبيق الممارسات الزراعية المناسبة، والتباين في مدى ملائمة الظروف البيئية السائدة خلال الموسم الزراعي لمحصول القمح، ولا سيّما درجات الحرارة العظمى والصغرى، ومعدّل الهطل المطري السنوي، وطبيعة توزع الهطولات المطرية.

الجدول 34. متوسط تكاليف الإنتاج الزراعي (ل. س.هكتار-1) تحت ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية لمحصول القمح في جميع المحافظات السورية المستهدفة خلال الموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011

البيان	الحسكة		إدلب		حلب		حمص		درعا	
	حافظة	تقليدية	حافظة	تقليدية	حافظة	تقليدية	حافظة	تقليدية	حافظة	تقليدية
أجور تحضير الأرض	0	1000	0	1767	0	1600	0	1500	0	2000
أجور نثر الأسمدة قبل الزراعة	0	200	0	207	0	300	0	217	0	150
أجور نثر الأسمدة بعد الزراعة	240	240	266	290	300	300	312	262	187	113
أجور تعبئة الأسمدة	50	50	56	57	200	200	117	117	100	100
ثمن أسمدة	1641	1641	5656	5848	2128	3600	5563	5563	3625	3250
ثمن بذار	2612	3000	3512	4050	2744	4000	3000	3800	3750	4500
أجور عملية بذر	500	500	1000	821	1000	1000	1250	1500	1000	1000
ثمن مبيدات أعشاب	947	947	597.5	620	350	350	475	475	700	400
أجور رش مبيدات أعشاب	309	309	236	242	300	300	337	337	262	262
ثمن مبيدات أخرى	1750	1750	2000	2000	0	0	0	0	0	0
أجور رش مبيدات أخرى	300	300	500	500	0	0	0	0	0	0
أجور حصاد	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
ثمن أكياس	800	740	900	880	1000	900	1000	880	670	415
أجور نقل	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
مجموع التكاليف	**12099**	**13627**	**17673**	**20232**	**10972**	**15500**	**15004**	**17601**	**13245**	**15141**
نسبة الفروقات (%)	%11.2		%12.6		% 29.2		%14.7		%12.5	

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011. (كان سعر صرف الدولار يعادل 50 ل. س).

يُلاحظ من الجدول (35) أنّ صافي الربح قد ازداد تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في جميع الأنواع المحصولية المختبرة. بلغت هذه الزيادة قرابة 33.1 % بالنسبة إلى محصول القمح، وقرابة 20.9 % بالنسبة إلى محصول الشعير، ونحو 48.9 % للعدس. تؤكد هذه النتائج على أهمية تطبيق نظام الزراعة الحافظة لزيادة دخل المزارع، ومن ثمّ تحسين مستوى معيشته.

الجدول 35. متوسط تكاليف وإيرادات وأرباح ونسبة فرق الربح للهكتار للمحاصيل المختلفة.

البيان اسم المحصول	التكاليف (ل.س)		الإيراد (ل.س)		الربح (ل.س)		نسبة الزيادة في صافي الربح (%)
	حافظة	تقليدية	حافظة	تقليدية	حافظة	تقليدية	
القمح	13799	16419	44950	39820	31151	23401	33.1
الشعير	10305	12215	30900	29250	20595	17035	20.9
العدس	22352	26096	42900	39900	20548	13804	48.9

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011. (كان سعر صرف الدولار يعادل 50 ل. س).

نظراً للأهمية الإستراتيجية لمحصول القمح، فقد سُلّط الضوء على المؤشرات التي تبين الأهمية النسبية لتطبيق نظام الزراعة الحافظة في محصول القمح فقط. يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول محصول القمح، تحت ظروف الزراعة المطرية، ضمن دورة زراعية مع المحاصيل البقولية (الحمص، والعدس، والبيقية)، مع مراعاة ترك قرابة 30 - 50 % من بقايا المحصول فوق سطح التربة إلى تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي بنحو 16 %، وزيادة الإنتاجية بنحو 15.3 %، وتقليل كمية الوقود المستهلكة بنحو 43 %، وتقليل عدد ساعات العمل بنحو 32 %، وتقليل كمية البذار المزروعة بنحو 17.7 %، وزيادة الإيرادات بنحو 12.8 %، وزيادة الربح بنحو 33 %، وزيادة هامش الربح الاقتصادي بنحو 34.29 % (الجدول، 36). تُشير هذه النتائج بشكلٍ لا لبس فيه إلى الجدوى الاقتصادية من تطبيق نظام الزراعة الحافظة.

الجدول 36. بعض المؤشرات الاقتصادية للدلالة على الأهمية النسبية لنظام الزراعة الحافظة (محصول القمح).

نوع الزراعة المؤشر	الزراعة الحافظة	الزراعة التقليدية	نسبة الفروقات (%)
التكاليف (ل.س/هكتار)	13799	16419	16
الإنتاجية (كغ/ هكتار)	2210	1916	15.3
الوقود (ل/ هكتار)	29	51	43
ساعات عمل آلية (ساعة/ هكتار)	11	7.5	32
كمية البذار (كغ/ هكتار)	158	192	17.7
الإيرادات (ل.س/ هكتار)	44950	39820	12.8
الربح (ل.س/ هكتار)	31151	23401	33
هامش الربح الاقتصادي (نسبة مخرجات الإنتاج إلى مدخلاته)	3.25	2.42	34.29

المصدر: استمارة المسح الميداني للموسمين الزراعيين 2009/2010 - 2010/2011. (كان سعر صرف الدولار يعادل 50 ل. س).

3.9. آراء المزارعين Farmers Opinions

يُلاحظ من الجدول (37) أنّ نسبة المزارعين الذين طبقوا نظام الزراعة الحافظة ويرغبون في الاستمرار بتطبيقه، تقدّر بنحو 90 %، في حين لا تتجاوز نسبة المزارعين الذي جربوا نظام الزراعة الحافظة لموسم واحد فقط وألغوا فكرة الاستمرار أكثر من 10 %. ويُعزى ذلك إلى العديد من الأسباب، أهمها:

- ❖ عدم تحسن الإنتاجية خلال السنة الأولى لتطبيق الزراعة الحافظة. وعدم الحصول على عوائد مادية أفضل، بالإضافة إلى خسارة قيمة القش.
- ❖ صعوبة الحصول على آلات البذر المباشر في الوقت المناسب، الأمر الذي يؤدي إلى تأخير موعد الزراعة، نتيجة محدودية الآلات المتوافرة في المنطقة. وارتفاع أسعار آلات البذر المباشر، بحيث يصعب على المزارع اقتناء الآلة.
- ❖ صعوبة التعامل مع النظام الزراعي الجديد، وخاصةً فيما يتعلق بمكافحة الأعشاب الضارة، وصعوبة التخلي عن كل أو جزء من بقايا المحصول.
- ❖ عدم توافر الخدمات الإرشادية لزيادة مستوى المعرفة بهذا النظام الزراعي الجديد.
- ❖ صعوبة الالتزام بأسس تطبيق نظام الزراعة الحافظة، وخاصةً فيما يتعلق بترك بقايا المحصول، وتطبيق الدورة الزراعية المناسبة.
- ❖ صعوبة الحصول على مبيدات الأعشاب الضارة الفعّالة في الوقت المناسب، والسعر المناسب.

الجدول 37. نسبة المزارعين الذين استمروا في تطبيق نظام الزراعة الحافظة.

اسم المحصول	عدد المزارعين	الراغبين بالاستمرار	غير الراغبين بالاستمرار
القمح	50	46	4
الشعير	16	14	2
العدس	29	27	2
المجموع	**95**	**87**	**8**
النسبة المئوية (%)	100	96.66	4.00

4.9. الاستنتاجات والتوصيات:

- يُعد نظام الزراعة الحافظة من النظم الزراعية الواعدة تحت ظروف الزراعة المطرية، للعديد من البيئات والأنواع المحصولية، لأنّه يُسهم في تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، وزيادة الإنتاجية، ويقلل انبعاث غاز الكربون، نتيجة تقليل معدّل أكسدة المادة العضوية (بسبب عدم الفلاحة)، وزيادة معدّل تراكم المادة العضوية في التربة، وتقليل كمية الوقود المستهلكة لإنجاز العمليات الزراعية المختلفة.
- أدّى تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى زيادة إنتاجية وحدة المساحة لجميع الأنواع المحصولية المختبرة، حيث ازدادت الإنتاجية بنحو 21.8 %، 23.82 %، 12.93 % لمحاصيل القمح، والشعير، والعدس على التوالي.
- يُسهم تطبيق نظام الزراعة الحافظة في زيادة هامش الربح للمزارع، نتيجة زيادة نسبة مخرجات الإنتاج الزراعي إلى مدخلاته. ويتأتى ذلك من توفير أجور الفلاحة ونثر الأسمدة المعدنية قبل الزراعة، وتقليل

معدّل البذار، وتقليل كمية الوقود المستهلكة، وتقليل عدد ساعات العمل، وزيادة الغلّة الاقتصادية بالمقارنة مع الزراعة التقليدية.

- ارتفاع نسبة الإقبال على الاستمرار بتطبيق نظام الزراعة الحافظة بين صفوف المزارعين (96 %)، بسبب التوفير الكبير في تكاليف الإنتاج الزراعية ابتداءً من السنة الأولى، وتقليل حالات فشل المحصول، وتقليل عدد ساعات العمل.
- الاستمرار في نشر نظام الزراعة الحافظة، والتوسع ضمن مناطق بيئية لم تستهدف من قبل، لإيصال هذه التقانة إلى أكبر شريحة ممكنة من المزارعين، ولا سيّما في مناطق الزراعة المطرية.
- زيادة مستوى الوعي والمعرفة بهذا النظام الزراعي لدى جميع المهتمين، ولا سيّما المزارعين لضمان التطبيق السليم لنظام الزراعة الحافظة لتحقيق الفوائد المرجوة منه، من خلال الأيام الحقلية، والندوات العلمية، والنشرات الإرشادية.
- تنفيذ الدورات التدريبية المعمّقة للعاملين في مجال الإرشاد الزراعي، لزيادة كفاءتهم في نقل هذه التقانة الزراعية الواعدة بالشكل الصحيح، وتسريع وتيرة تبني نظام الزراعة الحافظة.
- ضرورة إدماج نظام الزراعة الحافظة ضمن السياسات الزراعية الحكومية، وتقديم الدعم للمزارعين لتسهيل عملية شراء الآلات الزراعية المناسبة لهذا النظام الزراعي.
- تشجيع التصنيع المحلي لآلات الزراعة الحافظة، وفق المواصفات المناسبة لكل منطقة بيئية، لضمان إتاحتها بأسعارٍ مناسبة، لا تتجاوز 40 - 50 % من أسعار الآلات المستوردة من الخارج (الصورة، 18).

الصورة 18. انتشار تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول المزارعين في مختلف المحافظات السورية، وأهمية تشجيع التصنيع المحلي للآلات الزراعية لضمان انتشار هذا النظام الزراعي الواعد.

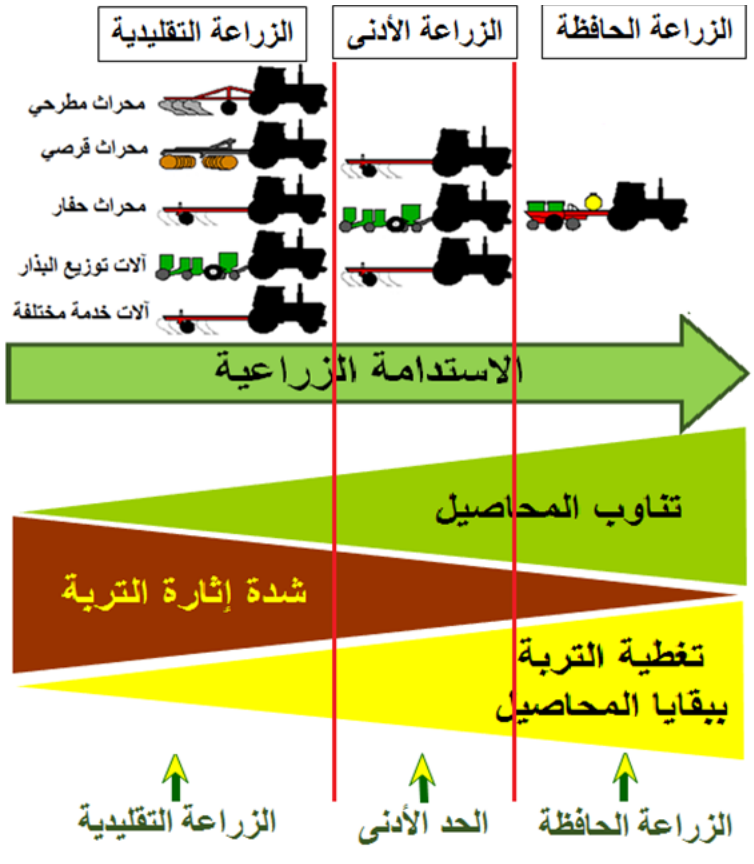
الفصل العاشر
آلة البذر في نظام الزراعة الحافظة
Conservation Agriculture Seeder

يعتمد نظام الزراعة الحافظة على تقليل عدد الآلات المستخدمة إلى الحدود الدنيا، ويبالغ البعض ويعتبره العدو اللدود للآلات الزراعية، إلاّ أن هذا الكلام غير دقيق، لأن نظام الزراعة الحافظة يرشّد استخدام الآلات، من إلغاء عملية تحضير الأرض قبل الزراعة (الفلاحة)، وإجراء عمليتي الزراعة والتسميد بعمليةٍ واحدة.

تواجه الآلات المناسبة لنظام الزراعة الحافظة تحدياتٍ كبيرة، أهمها ضرورة عدم إثارة التربة إلاّ في الحدود الدنيا فقط، والزراعة فوق الغطاء النباتي الموجود سابقاً، وهذا لا يمكن تحقيقه إلاّ من خلال تصميم خاص ونوعي لآلة الزراعة الحافظة، التي تُعد العمود الفقري لنجاح تطبيق هذا النظام الزراعي. وتُسمى في بعض المراجع بآلة الزراعة الصفرية (Zero tillage machine)، أو آلة البذر المباشر (Direct drill)، وهي آلة تقوم بعدّة عمليات بآنٍ واحد، فهي تقوم بقص البقايا النباتية، وشق التربة على شكل شريط أو خندق، وتوزيع السماد والبذار عند أعماقٍ مناسبة، وتغطيتهما.

1.10. مقارنة بين الآلات المستخدمة في الزراعة التقليدية والزراعة الحافظة:

تعتمد الزراعة التقليدية على التحضير الجيد للتربة قبل الزراعة، حيث يتم استخدام أنواع مختلفة من المحاريث (المطرحي، والقرصي، والحفار) حسب أعماق الفلاحات المختلفة وعدد الفلاحات، وحسب حالة التربة، وقد يصل عدد الفلاحات قبل البدء بالزراعة نحو 4 - 5، بهدف إعداد المهد الملائم لإنبات البذور، وتحسين تهوية التربة، والتخلص من أكبر نسبة ممكنة من نباتات الأعشاب الضّارة، ولكن بالرغم من الفوائد الجمّة لعملية الفلاحة، إلاّ أنّ المبالغة بتحضير الأرض قبل الزراعة من خلال زيادة عدد الفلاحات وتنعيم التربة، وتكرارها سنوياً، يؤدي إلى تدهور خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية، ويجعلها أكثر حساسيةً للانجرافين الريحي والمائي (الشكل، 9).

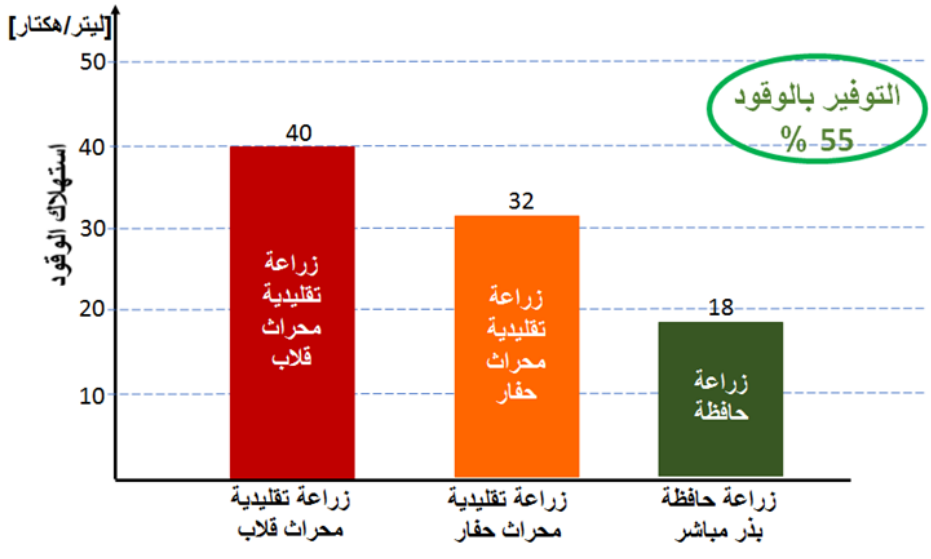


الشكل 9. مقارنة بين الآلات المستخدمة في الزراعة التقليدية والزراعة الحافظة.

إنّ لترشيد استخدام الآلات في نظام الزراعة الحافظة من خلال تقليل عدد العمليات الزراعية، فوائد اقتصادية كبيرة، تتمثل بتقليل معدّل استهلاك الوقود، حيث يُلاحظ من الشكل (10)، عند مقارنة ثلاثة أنظمة زراعية مختلفة:

- نظام زراعة تقليدي، يتم فيه تحضير التربة باستخدام المحراث المطرحي.
- نظام زراعة تقليدي، يتم فيه تحضير التربة باستخدام المحراث الحفار.
- نظام زراعة حافظة (بذر وتسميد مباشر مع إثارة التربة بالحدود الدنيا).

أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة يوفر 55 % من كمية الوقود المستهلكة بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية، الذي يعتمد على الحراثة باستعمال المحراث المطرحي.



الشكل 10. مقارنة معدّل استهلاك الوقود في ثلاثة أنظمة زراعية مختلفة.

ولشرح مهمة وتركيب وطبيعة عمل آلة الزراعة الحافظة، يجب التعرف أولاً على آلة تسطير البذار التقليدية، لأنّ آلة الزراعة الحافظة تُعد أنموذجاً مطوراً عنها.

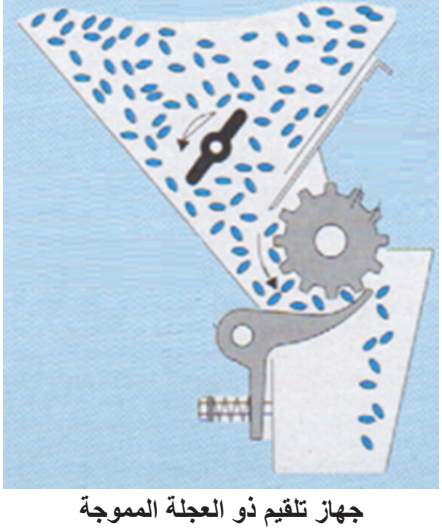
آلة تسطير البذار (التقليدية): هي آلة تكون مقطورة خلف الجرار، تقوم بفتح شقوق في التربة المفلوحة (المُحضرة سابقاً بشكلٍ جيد) إلى العمق المطلوب، وتقوم هذه الآلة بتسطير البذار والسماد ضمن هذه الشقوق، بحيث يكون سطر السماد مجاور (موازي) لسطر البذار، يتم بعدها تغطية السطور بطبقةٍ ناعمة من التربة وضغطها قليلاً لزيادة نقاط التماس بين حبيبات التربة والبذور، لتحسين ظروف انتاش البذار، واسترساء البادرات فوق سطح التربة. تتكون آلة التسطير التقليدية من الأجزاء الرئيسة الآتية:

- **الهيكل:** وهو الجزء الأساسي الحامل لجميع أجزاء الآلة.
- **خزان المواد:** وهو خزان موشوري الشكل، قاعدته للأعلى، مقسوم من الداخل بشكلٍ طولي إلى جوفين، أحدهما للبذار والآخر للسماد (الشكل، 11). يوجد أسفل كل جوف منها فتحات تسقط منها المواد (البذار والأسمدة المعدنية) إلى أجهزة تلقيم تكون موزعة على محورٍ يوازي قاعدة خزان المواد من الأسفل.

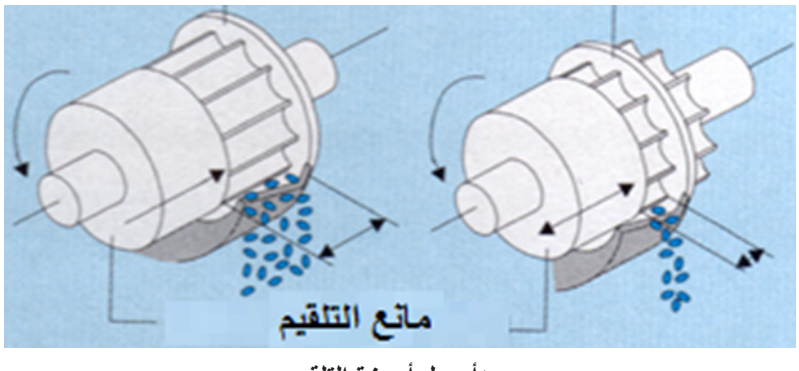
الشكل 11. المكونات الرئيسة لآلة تسطير البذار التقليدية.

- **أجهزة التلقيم:** وهي من أهم الأجزاء، تعمل على سحب كميات مستمرة ومنتظمة من البذار والأسمدة واسقاطها في أقماعٍ مثبتة أسفلها (الشكل، 12)، وتكون أجهزة التلقيم موزعة على محورها بالتناوب، نصفها يتعامل مع فتحات جوف البذار والنصف الآخر يتعامل مع فتحات جوف السماد، ويوجد في النهاية السفلية للأقماع المشار إليها سابقاً أنابيب/خراطيم مرنة (أنابيب البذار، وأنابيب السماد) تعمل على إيصال المواد إلى الفجاجات. يستمد محور أجهزة التلقيم حركته الدورانية من عجلة الاستناد الجانبية عبر مجموعة نقل حركة قابلة للضبط والمعايرة. وإنّ ارتباط سرعة دوران محور أجهزة التلقيم مع سرعة دوران عجلة الاستناد يضمن التجانس (الطولي والعرضي) لتوزيع المواد، ويحيد تأثير السرعة الأمامية لمجموعة البذر في موضوع تجانس التوزيع.

يُفضل أن يكون في الآلة محورين لأجهزة التلقيم، الأوّل مخصص لأجهزة تلقيم البذار، والآخر مخصص لأجهزة تلقيم السماد، وبهذه الحالة يكون كل محور مرتبط بإحدى عجلتي الاستناد (عبر مجموعة نقل حركة خاصة)، ولكل منهما آلية المعايرة الخاصة.



جهاز تلقيم ذو العجلة المموجة



مبدأ عمل أجهزة التلقيم

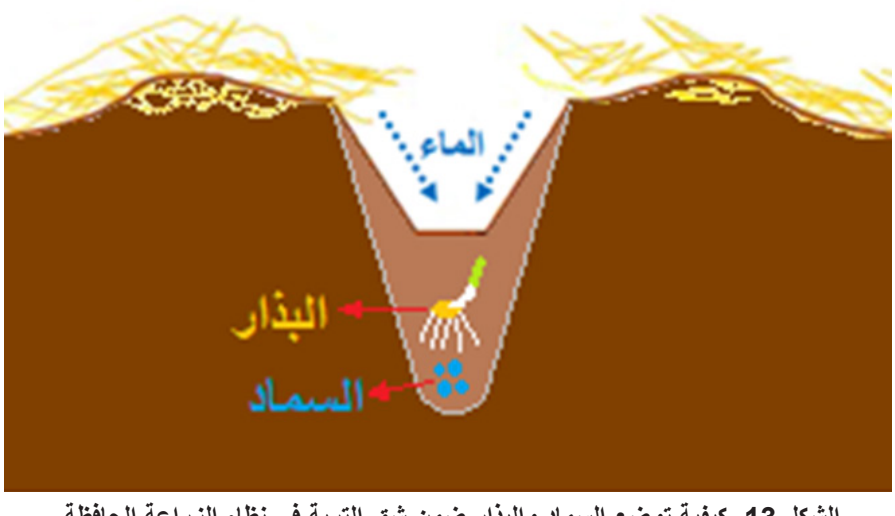
الشكل 12. أجهزة التلقيم ومبدأ عملها.

- **الفجاجات:** وهي أدوات تكون مصنوعة من الصاج تتوضع أسفل الآلة (تحديداً عند مستوى سطح التربة)، وموزعة بشكلٍ عرضي، عددها يساوي مجمل عدد أجهزة التلقيم. تقوم هذه الفجاجات بشق التربة إلى العمق المطلوب، وتسمح للبذار والأسمدة المعدنية بالسقوط أسفل شق التربة. يتم تسطير البذار ضمن شقوق التربة بالتناوب مع تسطير السماد، وبالتالي يكون عدد السطور المزروعة مساوٍ لنصف اجمالي عدد الفجاجات.
- **أدوات التغطية:** وهي أدوات تعمل خلف الفجاجات، وتقوم بردم الشقوق فوق البذار والأسمدة المعدنية بطبقةٍ رقيقة من التربة الناعمة، لتأمين المهد المناسب لإنبات البذور، وحمايتها من الطيور أو الجفاف.

يوجد العديد من أنواع آلات التسطير، إضافة إلى آلة التسطير التقليدية، تختلف فيما بينها من حيث مبدأ تلقيم المواد (بنيوماتيكية وأخرى طاردة مركزية)، إلا أنّها جميعاً تنفذ المهام نفسها بكفاءةٍ مختلفة.

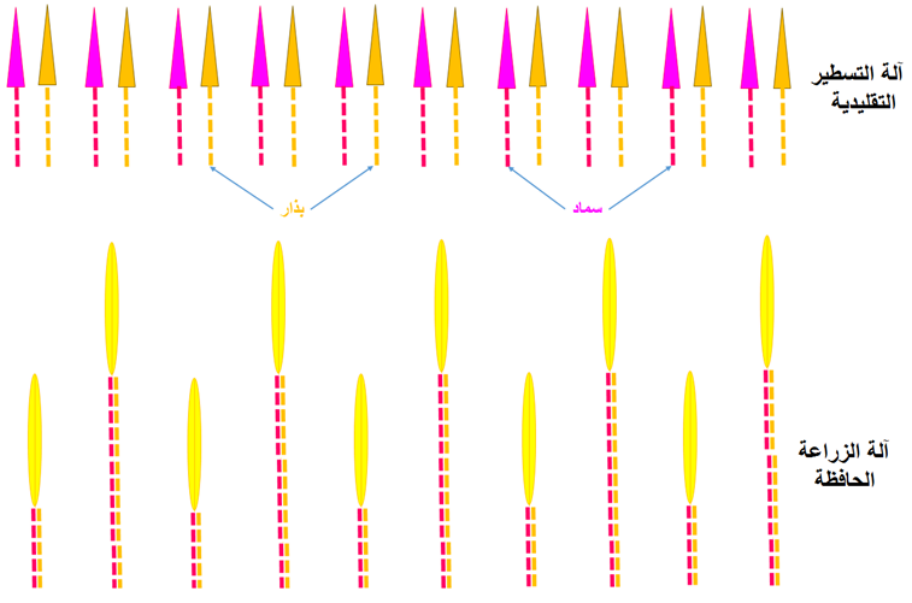
2.10. أهم التحديات والاختلافات الوظيفية المرتبطة بآلة الزراعة الحافظة:

- يُعد التحدي الأكبر الذي يواجه آلات الزراعة الحافظة هو قدرتها على العمل بشكلٍ فعّال في الأراضي غير المحروثة (القاسية نسبياً).
- العمل بشكلٍ فعّال بوجود البقايا والمخلفات الزراعية القائم منها والمتصل مع الجذور أيضاً، أو بقايا القش المتروكة على سطح التربة.
- المحافظة على البقايا النباتية في مكانها دون جرفها، أو التفافها حول قصبات وحدات البذر وإعاقة عملها (اختناقات) من خلال ذلك.
- العمل على عدم خلط البقايا النباتية مع التربة.
- احداث عدد محدود (نصف العدد) من الشقوق في التربة لتسطير البذار والسماد بداخلها، حيث يتم في آلة التسطير التقليدية إحداث شقوق خاصة لتسطير البذار، وشقوق أخرى لتسطير السماد، أما في آلة الزراعة الحافظة فيتم تسطير البذار والسماد في شقٍ واحد (الشكل، 13)، ولكن على ارتفاعاتٍ متباينة، حيث يتم تسطير السماد أسفل وإلى جانب البذار بنحو 2 - 3 سم.
- العمل على تأمين طبقة كافية من التربة تفصل سطر السماد عن سطر البذار ضمن الشق الواحد.



الشكل 13. كيفية توضع السماد والبذار ضمن شق التربة في نظام الزراعة الحافظة.

- في غالبية آلات التسطير التقليدية تكون جميع الفجاجات إلى جانب بعضها البعض تماماً (على صف عرضي واحد) (الشكل، 14)، أما في آلة الزراعة الحافظة فيتم توزيع وحدات العمل (أدوات شق التربة مع ملحقاتها) على صفين عرضيين متتاليين وذلك لكبر حجم أجزاء وحدة العمل وعدم إمكانية تراصفها جنباً إلى جنب.



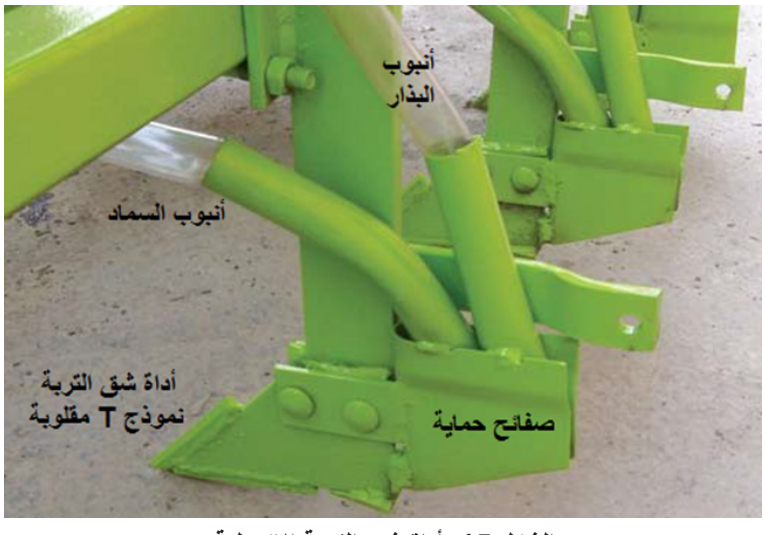
الشكل 14. توضع وحدات البذر في كلٍ من آلة التسطير التقليدية وآلة الزراعة الحافظة.

لمواجهة هذه التحديات يجب أن يكون تصميم بذارة الزراعة الحافظة نوعياً ومختلفاً.

3.10. أهم الاختلافات التصميمية لآلة الزراعة الحافظة:

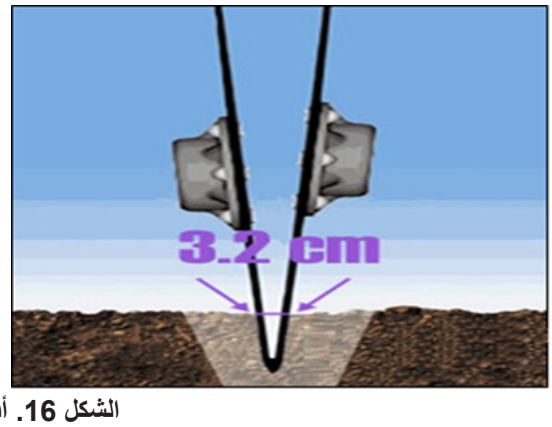
- **الهيكل:** الهيكل هو الجزء الأساسي في أي آلة، ويكون حامل لبقية الأجزاء. يجب أن يكون هيكل آلة الزراعة الحافظة عالي المتانة، لأنّ القوى والإجهادات التي سيتعرض لها كبيرة جداً، وبالتالي يجب أن تكون عوارض الهيكل مصنوعة من حديدٍ عالي الجودة وأبعاد مناسبة. لا يهم الزيادة في الوزن التي ستحصل للآلة نتيجة زيادة متانة الهيكل، لعدم إمكانية إصلاح الهيكل في حال حدوث أي عطل أو التواء فيه.
- **الفجاجات (أدوات شق التربة):** للتمييز بين فجاجات آلة التسطير التقليدية والفجاجات في آلة الزراعة الحافظة، سيتم تسميتها "أدوات شق التربة". يتمثل دور أدوات شق التربة بالقيام بفتح شق طولي في التربة إلى العمق المطلوب دون إحداث إثارة تذكر فيها، لذلك يجب أن تكون هذه الأدوات عالية المتانة لأنّها ستعمل ضمن تربة ذات مقاومة نوعية كبيرة، وبالتالي ستتعرض إلى قوى وإجهاداتٍ كبيرة، علماً بأنّ فجاجات آلات التسطير التقليدية ليس بالضرورة أن تكون متينة جداً، لأنّها تعمل في تربة مفككة وناعمة وبالتالي مقاومتها النوعية قليلة جداً. يوجد نوعين أساسيين من أدوات شق التربة:

النوع الأول: عبارة عن أزاميل رأسها على شكل حرف T مقلوب (الشكل، 15)، وهي تشبه أسلحة المحراث الحفار، إلاّ أنّ عرض عمل هذه الأزاميل قليل جداً لعدم وجود بروزات جانبية. يتوضع خلف الإزميل نهاية أنبوب السماد وكذلك نهاية أنبوب البذار، مما يسمح بسقوط المواد في شق التربة الضيق وتسطيرها فوق بعضها البعض (مع فارق بسيط بالارتفاع قرابة 2 - 3 سم) على الأعماق المطلوبة.



الشكل 15. أداة شق التربة الإزميلية.

النـوع الثانـي: عبـارة عـن زوج مـن الأقـراص شـبه شـاقولية، حـادة الحـواف، متباعـدة قليـلاً باتجـاه الخلـف، تعمـل علـى إحـداث شـق ضيـق فـي التربـة بعـد تقطيـع البقايـا النباتيـة (لمنـع دخولهـا فـي التربـة)، (الشـكل، 16)، يتوضـع علـى جانبـي القرصيـن عجلتيـن ضاغطتيـن للحـد مـن إثـارة وتحريـك التربـة إلـى الحـدود الدنيـا. تكـون نهايـة أنبـوب البـذار وكذلـك نهايـة أنبـوب السـماد بيـن هذيـن القرصيـن (أنبـوب السـماد فـي الأمـام، وأنبـوب البـذار بالخلـف)، ممـا يسـمح بسـقوط المـواد وتسـطيرها علـى الأعمـاق المطلوبـة.



الشكل 16. أداة شق التربة القرصية.

تكـون عـادةً آلات الزراعـة الحافظـة ذات الأدوات الازميليـة لشـق التربـة أخـف وزنـاً (أبسـط وأرخـص) بالمقارنـة مـع الآلات ذات الأدوات القرصيـة الفولاذيـة، كمـا أنّهـا أكثـر ملائمـة لطيـف واسـع مـن أنـواع التـرب، وبذلـك يمكـن لهـا أن تـؤدي دوراً مهمـاً فـي انتشـار نظـام الزراعـة الحافظـة فـي الـدول العربيـة. يبيـن الجـدول (38) مقارنـة بيـن أدوات شـق التربـة الازميليـة والقرصيـة وذلـك مـن حيـث كفـاءة العمـل.

الجدول 38. مقارنة بين أدوات شق التربة الازميلية وأدوات شق التربة القرصية من حيث كفاءة العمل.

نقطة المقارنة	أدوات شق التربة	
	إزميلية	قرصية
درجة إثارة التربة	أكبر	أقل
كفاءة العمل في الأراضي القاسية	أقل	أكبر
كفاءة التعامل مع بقايا النباتات	أقل	أكبر
الوزن الإجمالي للآلة	أقل	أكبر
قوة الجر اللازمة	أكبر (بالرغم من قلة الوزن)	أقل (بالرغم من كبر الوزن)

انطلاقاً مما سبق، يمكن القول: بأنّ الأدوات الإزميلية لشق التربة تناسب نظام الزراعة الحافظة تحت ظروف الزراعة البعلية، أكثر من الأدوات القرصية، وذلك لأنّ كثافة التغطية النباتية تكون محدودة. علماً أنّ كفاءة عمل الأدوات القرصية لشق التربة أكبر من كفاءة عمل الأدوات الإزميلية.

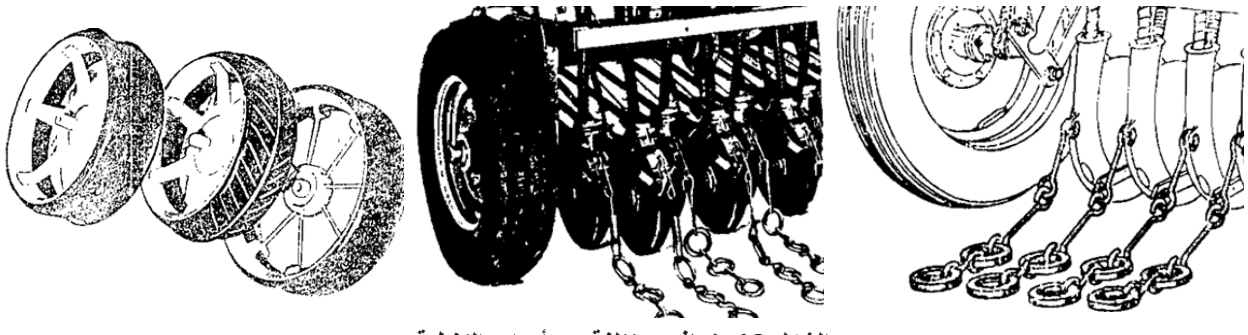
أنظمة حماية أدوات شق التربة: تزود آلات الزراعة الحافظة بآليةٍ خاصة لحماية أدوات شق التربة من العوائق الأرضية التي يمكن أن تواجهها أثناء العمل، وذلك لحماية أدوات شق التربة من الانكسار أو الالتواء، ويُسمح لها بتجاوز أي عائق من خلال الارتفاع والتقدم فوق العائق دون حدوث أي ضرر بالآلة أو عرقلة عملها. ويوجد العديد من التصاميم لآليات الحماية، أكثرها انتشاراً هو التصميم الميكانيكي (الشكل، 17)، المؤلف من نابض ذو ثابت صلابة كبير، ينضغط عند تجاوز أداة شق التربة للعائق، وتعمل القوة الميكانيكية المخزنة بالنابض المنضغط، لإعادة الأداة إلى وضعية عملها النظامية بعد تجاوز العائق مباشرةً، وتوجد أنظمة حماية أخرى ذات مبدأ هيدروليكي تُستخدم في آلات الزراعة الحافظة المتطورة.

الشكل 17. نظام الحماية الميكانيكي (النابضي).

من المفيد هنا الإشارة إلى ضرورة أن تكون القصبات الحاملة لأدوات شق التربة وبالتالي أجهزة الحماية أيضاً، متينة جداً لتتحمل القوى المؤثرة فيها، وبالتالي المحافظة عليها من الالتواء.

أدوات التغطية: في آلات البذر التقليدية يمكن استخدام أي وسيلة لإثارة سطح التربة بشكلٍ بسيط، مما يؤدي بشكلٍ غير مباشر إلى تغطية البذور. توجد عدة نماذج تصميمية لأدوات تغطية التربة (الشكل، 18)، إلاّ أنّ

الأنموذج الأفضل يكون عبارة عن عجلات ضاغطة متدحرجة ذات عرض مناسب تسير فوق الخطوط وتؤمن التغطية، وزيادة كثافة التربة حول البذور بآنٍ واحد، وذلك من أجل ضمان تأمين الظروف المناسبة لإنتاشها. إلاّ أنّه لا يمكن في نظام الزراعة الحافظة استخدام أية أداة تعمل على إثارة التربة، لأنّ هذا يتعارض مع مبدأ الزراعة الحافظة، لذلك فإنّ أدوات التغطية تكون غالباً عبارة عن عجلات ضاغطة ذات عرض مناسب تسير فوق الخطوط تؤمن التغطية (الشكل، 18).



الشكل 18. نماذج مختلفة من أدوات التغطية.

4.10. تحويل البذارة التقليدية إلى بذارة الزراعة الحافظة:

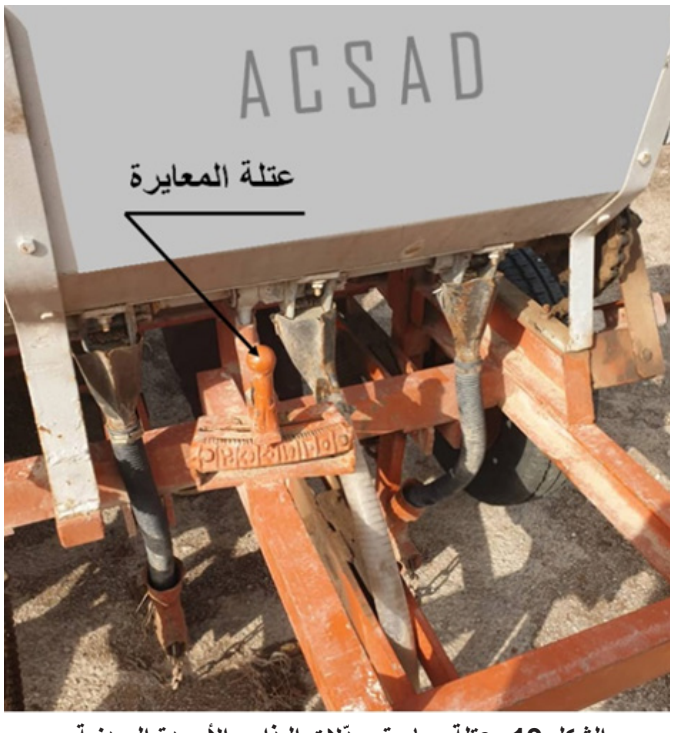
يحدث انضغاط طبقات التربة تحت السطحية (التماسك، الرص) في التربة الزراعية نتيجة عوامل عديدة منها خارجية وأخرى داخلية، الأمر الذي يؤثر سلباً في نفاذيتها للمياه، هذا بالإضافة إلى مقاومتها النوعية الكبيرة، مما يجعل اختراق جذور النبات لها صعب ومحدود، الأمر الذي يؤثر سلباً في حجم الجذور وكفاءتها في امتصاص المياه والعناصر المغذية من طبقات التربة العميقة. يُعد المرور المتكرر للآليات فوق التربة الزراعية ضمن الممرات نفسها، من أهم وأخطر الأسباب الخارجية المسببة للرص في التربة، ويحدث الانضغاط في الطبقات السطحية والطبقات ما تحت السطحية أيضاً. في الزراعة التقليدية، يتم معالجة الانضغاط الحاصل في الطبقات السطحية من خلال عمليات تحضير التربة المختلفة، إلا أنّها لا تُعالج الانضغاط الحاصل في الطبقات تحت السطحية، وهو الأخطر لأنّه من صفات الانضغاط أنّه تراكمي، ما يؤدي إلى تشكيل طبقة صماء تحت سطحية تعيق رشح المياه الزائدة، وتمنع تعمق الجذور وانتشارها. نظراً لتقليل عدد العمليات الزراعية، وتحديد مسارات الآلات الزراعية عند تطبيق نظام الزراعة الحافظة، سيحد ذلك من انضغاط طبقات التربة تحت السطحية، بالإضافة إلى الدور المهم الذي تؤديه المادة العضوية الناتجة عن ترك بقايا المحصول السابق، وتقليل معدّل أكسدة المادة العضوية نتيجة إلغاء الفلاحات، ما يزيد من عمق التربة الفعّال، ويُحسّن من خصائص التربة الفيزيائية.

5.10. معايرة آلة الزراعة الحافظة:

تشمل المعايرة ضبط عمق الزراعة، وضبط معدّل كلٍ من البذار والأسمدة المعدنية في وحدة المساحة من الأرض. ولا تختلف معايرة آلة الزراعة الحافظة عن معايرة آلة التسطير التقليدية، وتتضمن:

- **معايرة عمق الزراعة**: يتم ضبط مستوى استناد عجلتي الاستناد (وهي عجلات قابلة لضبط ارتفاعها من خلال آلية خاصة)، بحيث تكون أعلى من مستوى أدوات شق التربة (ثابتة وغير قابلة للضبط)، بمقدار عمق الزراعة المطلوب، الذي يختلف باختلاف النوع المحصولي المزروع.

▪ **معايرة معدّل البذار والأسمدة**: تشمل المعايرة ليس فقط التحكم بمعدّلات البذار والأسمدة المعدنية الواجب إضافتها في وحدة المساحة من الأرض، وإنّما التحكم بتجانس التوزيع أيضاً. بما أنّ كل محور يستمد حركته من عجلة الاستناد الخاصة به، فإنّ ما ينطبق على معايرة البذار ينطبق على معايرة السماد أيضاً. يتمثل المبدأ الأساسي في المعايرة بضبط نسبة نقل الحركة بين عدد دورات عجلة الاستناد وعدد دورات محور أجهزة التلقيم، بحيث يتم توزيع المواد حسب المعدّل المطلوب وبشكلٍ متجانس. يوجد في جميع آلات الزراعة الحافظة عتلتين خاصتين بالمعايرة (البذار، والأسمدة) يتم تحريك كلاً منها على مسطرة منزلقة مثبت عليها أرقام معيارية لضبط معدّلي البذار والأسمدة المعدنية (الشكل، 19).



الشكل 19. عتلة معايرة معدّلات البذار والأسمدة المعدنية.

وإنّ معايرة معدّلات البذار والأسمدة المعدنية من خلال هذه العتلة يكون غالباً قريب من القيم المطلوبة، ولكن ليس بالدقة المطلوبة. لمعايرة كثافة التوزيع بشكلٍ دقيق يجب إجراء تجربة المعايرة بشكلٍ مسبق خارج الحقل. يجب في البداية رفع الآلة بحيث تكون عجلات الاستناد حرة الحركة، مع وجود مجال لوضع أوعية تحت أدوات شق التربة لجمع البذار والسماد المتساقطة أثناء تجربة المعايرة، وفيما يلي مراحل تجربة المعايرة:

- يتم قياس محيط عجلة الاستناد.
- يتم قياس عرض عمل الآلة (عرض التغطية).
- يتم حساب المسافة المكافئة للهكتار.
- يتم حساب المسافة المكافئة لـ 1% من الهكتار (100 م^2).
- يُحسب عدد دورات عجلة الاستناد المكافئ لـ (100 م^2).
- يتم إحضار أوعية صغيرة تناسب جمع المواد من أسفل كل أداة شق تربة على حده.
- يتم تحريك عتلة المعايرة وتثبيتها على كثافة توزيع معيارية ما.
- يتم تدوير عجلة الاستناد باليد عدد الدورات المكافئ لـ 100 م^2.
- يتم تسجيل وزن المواد المتجمعة في كل وعاء على حده (ونختبر التجانس العرضي للتوزيع).

- يتم وزن جميع المواد المتجمعة من جميع الأوعية.
- يتم تمثيل كثافة التوزيع النظرية على شكل خط أفقي ضمن مخطط بياني محوره الشاقولي يمثل كثافة التوزيع [كغ/100م^2]، والمحور الأفقي الوضعيات المختلفة لعتلة المعايرة.
- يتم تمثيل كثافة التوزيع الفعلية على شكل نقطة في المخطط البياني السابق.
- يُلاحظ أنّ كثافة التوزيع التجريبية (أكبر أو أصغر) من كثافة التوزيع الفعلية، لذلك تتم إعادة التجربة واختيار وضعية أخرى لعتلة المعايرة، للحصول على قيمة أخرى لكثافة التوزيع الفعلية، ونقوم بتمثيل هذه النقطة على المخطط البياني.
- من خلال تقاطع الخط الواصل بين نقطتي كثافة التوزيع الفعلية مع امتداد الخط الأفقي الذي يمثل كثافة التوزيع النظرية، فيتم الحصول على نقطة يُشير مسقطها الأفقي إلى الوضعية المناسبة لعتلة المعايرة، التي من خلالها سيتم توزيع المواد فعلياً وفق قيمة المعدّل المطلوب.

عند تحديد معدّل التوزيع النظري يفضل زيادة القيمة بحوالي 10- 20 % وذلك لتعويض الخطأ الحاصل بحساب محيط عجلة الاستناد، حيث أنّ محيطها أثناء العمل يكون أقل من محيطها الذي تمّ حسابه هندسياً والعجلة مرفوعة عن الأرض.

عند تطبيق نظام الزراعة الحافظة يُنصح بتجنب السرعة العالية عند تنفيذ عملية الزراعة، لأنّ زيادة السرعة تؤدي إلى زيادة إثارة التربة، بالإضافة إلى تأثيرها في جودة العمل ولا سيّما تباين عمق الزراعة، ويجب ألاّ تتجاوز السرعة المقترحة 6 - 8 كم/سا. كما يجب تفريغ خزان آلة الزراعة الحافظة بعد كل يوم عمل، ويجب أن يتم التفريغ بشكلٍ كامل بمساعدة الهواء المضغوط، لأنّ بقاء المواد سيؤدي إلى تكتلها (تماسكها) في مكانها مما يعيق العمل في اليوم التالي، كما يمكن أن يُسبب تأكسداً لمعدن الآلة. تتم عملية التفريغ والتنظيف وفق الخطوات التالية:

- يتم رفع الآلة حتى تصبح عجلات استنادها حرة الحركة.
- يتم فك خراطيم البذار والسماد مما يسمح للبذار والسماد بالانسياب والتفريغ التلقائي.
- يتم تدوير عجلات الاستناد، مما يُساعد على تفريغ البقايا الموجودة في أجهزة التلقيم.
- يتم تنفيخ خزان المواد وأجهزة التلقيم بواسطة الهواء المضغوط.
- يتم تنفيخ أنابيب (البذار والسماد) أيضاً وأدوات شق التربة، وقشط الأتربة الملتصقة بها.
- يتم تشحيم جميع الأجزاء المتحركة، حيث يُستخدم الشحم الممدد بالديزل في تزييت محاور نقل الحركة.

عموماً، يتوقف انتشار نظام الزراعة الحافظة على مدى توفر العدد الكافي من آلات الزراعة الحافظة، التي تعمل على زراعة الأرض غير المفلوحة والمغطاة بالبقايا النباتية، إذْ تعمل على قص البقايا النباتية وإحداث شق ضيق في التربة بعمق وعرض كافيين لوضع الأسمدة والبذار. ويمكن تشجيع التصنيع المحلي بحيث يتم تصنيع آلات ذات كفاءة جيدة بأسعارٍ تناسب المزارعين، أو يمكن تشجيع القطاع الخاص على تأدية دور مزود الخدمات، بحيث يتم تأجير آلات الزراعة الحافظة للمزارعين بأسعارٍ رمزية. أسهمت منظمة أكساد من خلال المشروع التنموي الممول من الحكومة الإسبانية (ACF)، بتشكيل مجموعات مزارعين (15 - 20 مزارعاً)، في كلٍ من محافظتي الحسكة والرقة، وقامت بتزويد كل مجموعة بآلة خاصة بالزراعة الحافظة مصنّعة محلياً بأعلى المواصفات، لضمان استمرار تطبيق وانتشار نظام الزراعة الحافظة في الجمهورية العربية السورية. تلتها العديد من المشاريع التنموية الممولة، التي تضمنت التصنيع المحلي لآلات الزراعة الحافظة، وتقديمها مجاناً للمزارعين.

References المراجع

1. **أكساد (2009).** التقرير الفني السنوي لبرنامج الزراعة الحافظة.
2. **أكساد (2010).** التقرير الفني السنوي لبرنامج الزراعة الحافظة.
3. **التقرير السنوي للهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي (2008).**
4. **عثمان، منال (2015).** تقييم أداء محصولي القمح القاسي والعدس تحت ظروف الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في المنطقة الشمالية الشرقية من سورية. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
5. **عثمان، منال (2020).** تقييم دور الزراعة الحافظة كنظامٍ زراعي متكامل في زيادة إنتاجية محصولي القمح والعدس وتحسين نوعية التربة بشكلٍ مستدام. رسالة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
6. **قنبر، أسامة (2011).** دور الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية محصول القمح المزروع ضمن دورةٍ زراعية مع الحمص تحت ظروف الزراعة المطرية. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
7. **قنبر، أسامة (2015).** تقييم الأهمية التطبيقية لنظام الزراعة الحافظة في تحسين كفاءة نظم الزراعة الجافة الإنتاجية. رسالة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
8. **مجلة الزراعة والمياه،** العدد السادس والعشرين **(2010).** ص 8 - 10.
9. **مصطفى، علا (2010).** الربط بين بعض الجينات المتعلقة بتحمل الجفاف مع بعض الصفات المورفوفيزيولوجية باستخدام تقنية المايكروستلايت في القمح القاسي. رسالة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة حلب، الجمهورية العربية السورية.
10. **Abo El-Kheir, M. S. A. (2000).** Antitranspirant effects on wheat plants grown under two levels of water supply. Annals of Agric., Sc., Moshtohor. 38: 823-832.
11. **ACSAD & GTZ. (2009).** A Pathway towards Sustainable Agriculture in Arab Countries, Conservation Agriculture Fact Sheet No.1**.**
12. **ACSAD & GTZ. (2009).** Crop Residue Management and Cover Crops, Conservation Agriculture Fact Sheet No.4.
13. **Adonadaga, M. G., Ampadu, B., Ampofo, S., and Adiali, F. (2022).** Climate change adaptation strategies towards reducing vulnerability to drought in northern Ghana. *Euro. J. Environ. Earth Sci*. doi: 10.24018/ejgeo.34.294.
14. **Ali, A., Ayuba, S. A. and Ojeniyi, S. O. (2006).** Effect of tillage and fertilizer on soil chemical properties, leaf nutrient content and yield of soya bean in the Guinea savanna zone of Nigeria. Nigerian Journal of Soil Science. 16: 126–130.
15. **Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J.L., García-González, I., Del Monte, J.P. and Quemada, M. (2018).** Weed density and diversity in a long-term cover crop experiment background. *Crop Prot.* **112**: 103–111.

16. **AL-Ouda, A. (2011).** 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. (in press).
17. **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.
18. **Amadu, F. O., Miller, D. C., and McNamara, P. E. (2020).** Agroforestry as a pathway to agricultural yield impacts in climate-smart agriculture investments: evidence from Southern Malawi. *Ecol Econ*. 167, 106443.
19. **Amjad Ali, M., Jabran, K., Awan, SI., Abas, A., Ehsanullah, Z. and Tuba, m. (2011)**. Morophsiologicaldiversity and its implications for improving drought tolerance in grain sorghum at different growth stages, Aust J Crop Sci. 5(3) :308 - 317.
20. **Ankenbauer, K. J., and Loheide, S. P. (2016).** The effects of soil organic matter on soil water retention and plant water use in a meadow of the Sierra Nevada, CA. *Hydrol. Proc.* 31, 891-901.
21. **Anonymous. (2006).** Why no-tillage. http://www.rolf-derpsch com/notill.htm. antio direto. Londrina, IAPAR. (IAPAR, Informe da Pesquisa, 57. 19 pp).
22. **Anonymous. (2006).** Why no-tillage. http://www.rolf-derpsch com/notill.htm .
23. antio direto. Londrina, IAPAR. (IAPAR, Informe da Pesquisa, 57. 19pp).
24. **Arshad, M. A. and Coy, G. R. February (1993).** Tillage and cropping systems for soil conservation and sustained crop production in the Peace River region Final Report-CARTT (Component 'B') Project # 600791.
25. **Arshad, M. A. and Dobb, J. L. (1991).** Tillage effects on soil physical properties in the Peace River region. Implications for sustainable agriculture. Proceedings of the 28th Annual Alberta Soil Science Workshop. Pages 190-199. **Azooz, R. H. and Arshad, M. A. (1995).** Tillage Effects on Thermal-Conductivity of two Soils in Northern British-Columbia. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1413-1423.
26. **Baghel, J.K., Das, T.K., Pankaj, Mukherjee, I., Nath, C.P., Bhattacharyya, R., Ghosh, S. and Raj, R. (2020).** Impacts of conservation agriculture and herbicides on weeds, nematodes, herbicide residue and productivity in direct-seeded rice. *Soil Tillage Res.* **201**: 104634.
27. **Baghel, J.K., Das, T.K., Rana, D.S. and Paul, S. (2018).** Effect of weed control on weed competition, soil microbial activity and rice productivity in conservation agriculture-based direct-seeded rice (*Oryza sativa*)–wheat (*Triticum aestivum*) cropping system. *Indian J. Agron.* **63**: 129-136.
28. **Bai, D., Ye, L., Yuan, Z., and Wang, G. (2022).** Impact of climate change on agricultural productivity: a combination of spatial Durbin mode and entropy approaches. School of economics. *Anhui Univ. Finance. Econ*. doi: 10.1108./IJCCSM-02-2022-0016.

29. **Baker, C. J., Saxton, K. E., Ritchie, W. R., Chamen, W. C. T., Reicosky, D. C., Ribeiro, M. F. S., Justice, S. E. and Hobbs, P. R. (2007).** No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture, second ed. CABI and FAO, Rome.
30. **Baker, C. J., Saxton, K. E., Ritchie, W. R., Chamen, W. C. T., Reicosky, D. C., Ribeiro, M. F. S., Justice, S. E. and Hobbs, P. R. (2007).** No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture, second ed. CABI and FAO, Rome.
31. **Ball, S. (2010).** Investigation of Zero-Till Farming Systems (ZT) in high rainfall cropping zones (HRZ), and its impact on soil biology and nutrient cycling. Nuffield Australia Project No 1006.
32. **Bashour, I.; AL-Ouda, A.; Kassam, A.; Bachour, R.; Jouni1, K.; Hansmann, B. and 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.
33. **Blaise, D., Manikandan, A., Verma, P., Nalayini, P., Chakraborty, M. and Kranthi, K.R. (2020).** Allelopathic intercrops and its mulch as an integrated weed management strategy for rainfed *Bt*-transgenic cotton hybrids. *Crop Prot.* **135**:105214.
34. **Becker, R. K., Barbosa, E. A. A., Giarola, N. F. B., Kochinski, E. G., Povh, F. P., Paula, de., et al. (2022).** Mechanical intervention in compacted no-till soil in Southern Brazil: soil physical quality and maize yield. *Agronomy*, 12, 2281. doi: 10.3390/agronomy12102281.
35. **Beiderbeck, V. O., Campbell, C. A., Rasiah, V., Zentner, R. P. and Wen, G. (1998).** Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure, Soil Biol. Biochem. 30: 1177-1185.
36. **Bekele, D. (2020).** The effect of tillage on soil moisture conservation: a review. *Int. J. Res. Stud. Comput*. 6, 30–41. doi: 10.20431/2454-6224.0610004.
37. **Belloum, A. (2007).** Conservation Agriculture in the Arab World between concept and application, Proceedings, Conservation Agriculture for Sustainable Land Management to Improve the Livelihood of People in Dry Areas, Damascus-Syria 7-9 May 2007.
38. **Bhadha, J. H., Capasso, J. M., Khatiwada, R., Swanson, S., and Labrode, C. (2017).** *Raising Soil Organic Matter Content to Improve Water Holding Capacity*. Uni Florida: UF, IFAS Extension. doi: 10.32473./edis-ss661-2017.
39. **Bhattacharyya, P., Pathak, H., and Pal, S. (2020).** "Water management for climate-smart agriculture." In: *Climate Smart Agric. Green Energy and Tech*. Springer, Singapore. 57–72. doi: 10.1007./978-981-15-9132-7-5.
40. **Bista, P., Machado, S., Ghimire, R., and Yorgey, G. (2017).** *Conservation Tillage Systems. Pendleton long-term cropping systems project. Semi-arid cropping systems and soil health*. Available online at: http://www.researchgate.net/publication/317648002_Conservation_Tillage_Systems (accessed October 16, 2022).
41.

42. **Boddey, R. M., Bruno, J. R. A., Irquiaga, S. (2006).** Leguminous biological nitrogen fixation in sustainable tropical agroeco systems. In: Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. pp. 401-408. Eds N Uphoff, A S Ball, E Fernandes, HHerren, O Husson, M Laing, C Palm, J Pretty, P Sanchez, N Sanginga, J Thies). CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.
43. **Boulal, H., Gómez-Macpherson, H. and Villalobos, F. (2012).** Permanent bed planting in irrigated Mediterranean conditions: short-term effects on soil quality, crop yield and water use efficiency. Field Crops Res. 130: 120–127.
44. **Boulal, H., Gómez-Macpherson, H., Gómez, J. A. and Mateos, L. (2011).** Effect of soil man-agement and traffic on soil erosion in irrigated annual crops. Soil Tillage Res.115-116, 62–70.
45. **Bouzza, A. (1990).** Water conservation in wheat rotation under several management and tillage systems in semiarid areas, Ph.D. dissertation, University of Nebraska, Lincoln, NE, USA, 200pp.
46. **Brandt, S. A. (1985).** Zero tillage crop production. Agriculture Canada Saskatoon Research Station 1985 Highlights. Pages 59-61.
47. **Bressan, R. A., Nelson, D. E., Iraki, N. M., Larosa, P. C., Singh, N. K., Hasegawa, P. M. and Carpita, N. C. (1990).** Reduced cell expansion and changes in cell walls of plant cells adapted to NaCl. Enviromental Injury to Plants (F. Katterman Ed.), Academic Press, San Diego, P. 137.
48. **Campbell, C.A. and Janzen, H. H. (1995).** Effect of tillage on soil organic matter, in: Farming for a better environment, SWCS, Ankeny, IA, USA, pp. 9-11.
49. **Chakraborty, K., and Mistri, B. (2017).** Estimation of soil compaction from bulk density and its effect on crop production study in Burdwan-I Block. *Indian J. Spatial Sci*. Available online: at: https://www.researchgate.net/publication/319939892_Estimation_of_~soil_compaction-from_bulk_density_and_its_effect_on_crop_production_Study_in_Burdwan-I_Block (accessed October 16, 2022).
50. **Chandregowda, M. H., Tjoelker, M. G., Power, S. A., and Pendall, E. (2022).** Drought and warming alter gross primary production allocation and reduce productivity in a widespread pasture grass. *Plant Cell Environ. Willey*. 45, 2271–2291. doi: 10.1111/pce.14334.
51. **Chaudhary, A., Chhokar, R.S., Yadav, D.B., Sindhu, V.K., Ram, H., Rawal, S., Khedwal R.S., Sharma R.K. and Gill, S.C. (2019).** *In-situ* paddy straw management practices for higher resource use efficiency and crop productivity in Indo-Gangetic Plains (IGP) of India. *Wheat Barley Res.* **11**: 172-198.
52. **Chauhan, B.S., Singh, R.G. and Mahajan, G. (2012).** Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. *Crop Prot.* **38**: 57-65.

53. Chauhan, B.S.; Singh, R.G.; Mahajan, G. (2012). Ecology and management of weeds under conservation agriculture: a review. Crop Prot 38:57–65.

54. Cheesman S, Thierfelder C, Eash NS, Kassie GT, Frossard E. (2016). Soil carbon stocks in conservation agriculture systems of Southern Africa. Soil Tillage Res 156:99-109. **Chen, S., Liu, S., Zheng, X., Yin, M., Chu, G., Xu, C., et al. (2018).** Effect of various crop rotations on rice yield and nitrogen use efficiency in paddy-upland systems in southeastern China. *Crop. J.* 3, 7. doi: 10.1016/j.cj.07007.

55. Chhokar, R.S., Sharma, R.K., and Sharma, I. (2012). Weed management strategies in wheat-A review. *J. Wheat Res.* **4**(2): 1-21.

56. Chhokar, R.S., Sharma, R.K., Gill, S.C. and Singh, R.K. (2019). Mesotrione and atrazine combination to control diverse weed flora in maize. *Indian J. Weed Sci.* **51**: 145-150.

57. Chhokar, R.S., Singh, S., Sharma, R.K. and Singh, M. (2009). Influence of straw management on *Phalaris minor* Retz. control. *Indian J. Weed Sci.* **41**: 150-156.

58. Chhokar, R.S.; Sharma, R.K.; Gill, S.C.; and Singh, G.P. (2020). Tank-mix application of phydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) inhibiting herbicide (mesotrione, tembotrione or topramezone) with atrazine improves weed control in maize (*Zea mays* L.). *J. Res. Weed Sci.* **3**: 556-581.

59. Choudhary, K., Phogat, V. K., and Dahiya, R. (2016). Effect of drip and furrow irrigation methods on yield and water use efficiency in cotton. *Res. Crops*. 17, 823–828. doi: 10.5958/2348-7542.2016.00139.

60. Choudhary, V.K., Dixit, A., Bhagawati, R., Vishwakarma, A.K. and Brajendra. (2015). Influence of locally available mulches on soil moisture content, root behaviour, weed dynamics and productivity of pea (*Pisum sativum* L.). *Progress. Res.* **10**: 1372-1375.

61. Crabtree, B. (2010). Search for Sustainability with No-Till Bill in Dryland Agriculture. Crabtree Agricultural Consulting, Australia.

62. da Silva, T.S., Pulido-Moncada, M., Schmidt, M.R., Katuwal, S., Schlüter, S., K¨ohne, J.M., Mazurana, M., Juhl Munkholm, L., Levien, R. (2021). Soil pore characteristics and gas transport properties of a no-tillage system in a subtropical climate. Geoderma 401, e115222.

63. Dalal, R. C. (1992). Long- term trends in total nitrogen of a Vertisol subjected in zerotillage, nitrogen application and stubble retention. Australian Journal of Soil Research. 30: 223–231.

64. Dalal, R.C.; Strong, W.M.; Weston, E.J.; Cooper, J.E.; Wildermuth, G.B.; Lehane, K.J.; King, A.J. and Holmes, C.J. (1998). Sustaining productivity of a Vertisol at Warra, Queen land, with fertilizers, no-tillag, or legumes. 5. Wheat yields, nitrogen benefits and water use efficiency of chickpea-wheat rotation. Aust. J. Exp. Agric. 38, 489-501.

65. Das, T.K., Ghosh, S. and Nath, C.P. (2020b). Brown manuring optimization in maize: impacts on weeds, crop productivity and profitability. *J. Agric. Sci.* **157**: 599-610.

66. Debele, G. G. (2020). Soil organic matter and its role in soil health and crop productivity improvement. *Ethiopian Inst. Agric. Res. Acad. Res J.* doi: 10.1466./ARJASR2019.147.

67. Deng, X. p., Shan, L., Ma, Y. and Inanga, S. (2000). Diurnal oscillation in the intercellular CO2 concentration of spring Wheat under the Semiarid Condition. Photosynthetic. 38: 178-192.

68. Derpsch, R. (2008). No-tillage and Conservation Agriculture: A Progress Report. In: Goddard, T., Zoebisch, M.A., Gan, Y.T., Ellis, W., Watson, A. and Sombatpanit, S. (eds) 2008. No-Till Farming Systems. Special Publication Nº3, World Association of Soil and Water Conservation, Bangkok, p 7-39.

69. Diop, M., Chirinda, N., Beniach, A., El-Gharous, M., and El-Mejahed, K. (2022). Soil and water conservation in Africa: State of play and potential role in tackling soil degradation and building soil health in agricultural lands. *Sustainability*, 14, 13425. doi: 10.3390/su142013425.

70. Dolan, M. S., Clapp, C. E., Allmaras, R. R., Baker, J. M. and Molina, J. A. E. (2006). Soil organic carbon and nitrogen in a Minnesota soil as related to tillage, residue and nitrogen management. Soil Till. Res.89:221-231.

71. Doran, J. W. and Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology. 15: 3–11.

72. Dumbrovsky, M., Larisova, L., Sobotkova, V., and Kulihova, M. (2019). Comparison of different texture analysis for soil erodibility calculations of Loamy and sandy-loam soils in Moravian Regions. *Acta Univ. Agri. et Silviculturae Mende. Brunensis* 67, 383–393. doi: 10.11118/actaun201967020383.

73. El-Kholy, M. A., Ouda, S. A., Gaballah, M. S. and Hozyan, M. (2005). Predicting the interaction between the effect of anti-transpirant and weather on productivity of wheat plant grown under water stress. J. of Agron., 4: 75-82.

74. El-Shater, T., Mugera, A., and Yigezu, Y. A. (2020). Implications of adoption of zero tillage (ZT) on productive efficiency and production risk of wheat production. *Sust. MDPI*. 12, 3640. doi: 10.3390/su12093640.

75. Eslami, S.V. (2014). Weed management in conservation agriculture systems. In Recent Advances in Weed Management (pp.87-124). Springer New York. pp 87-124. **FAO (2015).** Climate change and food security: risks and responses. Available online at: https://www.fao.org/3/i5188e/I5188E.pdf (accessed October 16, 2022). **FAO (2021).** Drought and agriculture. Land and water. Available online at: http://www.fao.org/land-water/overview/en/ (accessed October 16, 2022).

76. FAO. (2001). Conservation Agriculture: Case Studies in Latin America and Africa. Soils Bulletin No. 78. FAO, Rome.

77. FAO. (2006). Factors influencing the adoption of conservation agriculture. http://www.fao.org.

78. Farooq, M., Flower, K. C., Jabran, K., Wahid, A. and Siddique, K. H. M. (2011). Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. Soil Tillage Res. 117:172–183.

79. Flower, K.C., Cordingley, N., Ward, P.R., Weeks, C. (2012). Nitrogen, weed management and economics with cover crops in conservation agriculture in a Mediterranean climate. Field Crops Res 132:63–75.

80. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). (2019). Farming for future in Southern Africa: An introduction to conservation agriculture. FAO Regional Emergency Office for Southern Africa Technical Brief 1.4pp.**Fowler, D. B., Brydon, J. and Baker, R. J. (1989).** Nitrogen Fertilization of no-till Winter Wheat and rye. Yield agronomic responses. Agron. 81: 66-72.

81. Franzlubbers, A. J. (2002). Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil Till. Res. 66: 95-106.

82. Gaba, S., Fried, G., Kazakou, E., Chauvel, B. and Navas, M.L. (2014). Agro-ecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity. *Agron. Sustain. Dev.* **34**: 103-119.

83. Gan, Y. T., Miller, P. R., McConkey, B. G., Zentner, R. P., Stevenson, F. C. and McDonald, C. L. (2003). Influence of diverse cropping sequences on durum wheat yield and protein in semiarid northern Great Plains. Agron. J. 95: 245–252.

84. Gan, Y., Wang, J., Bing, D. J., Miller, P. R. and McDonald, C. L. (2007). Water use efficiency of pulse crops at various plant densities under fallow and stubble conditions. Can. J. Plant Sci. 87:(in press).

85. Ghimire, R., Shah, S.C., Dahal, K.R., Duxbury, J.M., Lauren, J.G. (2008). Soil organic carbon sequestration by tillage and crop residue management in rice-wheat cropping system of Nepal. Journal of Institute of Agriculture and Animal Sciences 29: 21–26.

86. Ghosh PK, Das A, Saha R, Kharkrang E, Tripathi AK, Munda GC, Ngachan SV (2010). Conservation agriculture towards achieving food security in North East India. Current Science 99 (7): 915-921.

87. Giller, K. E., Witter, E., Corbeels, M. and Tittonell, P. (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics view. Field Crop. Res. 114, 23 – 34, doi: 10.1016/j.fcr.2009.06.017.

88. Giller, K. E., Witter, E., Corbeels, M. and Tittonell, P. (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics view. Field Crop. Res. 114, 23 – 34, doi: 10.1016/j.fcr.2009.06.017.

89. Govaerts, B., Sayre, K. D., Goudeseune, B., De Corte, P., Lichter, K., Dendooven, L. and Deckers, J. (2009a). Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands. Soil Till. Res. 103:222-230.

90. Govaerts, B., Sayre, K. D., Lichter, K., Dendooven, L., and Deckers, J. (2007). Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. Plant Soil. 291:39-54.

91. Govaerts, B., Verhulst, N., Castellanos-Navarrete, A., Sayre, K. D., Dixon, J. and Dendooven, L. (2009). Conservation agriculture and soil carbon sequestration: between myth and farmer reality. Crit. Rev. Plant Sci. 28: 97–122.

92. Grassini, P., Yang, H., Irmak, S., Thorburn, J., Burr, C. and Cassman, K. G. (2011). High-yield irrigated maize in the Western U.S Corn Belt. II. Irrigation management and crop water productivity. Field Crops Res. 120:133–141.

93. Griffith, D. R., Mannering, J. V. and Moldenhauer, W. C. (1997). Conservation tillage in the Eastern corn belt. J. Soil Water Conserv. 32: 20–28.

94. Hach, C.V., Nhiem, N.T., Nam, N.T.G., Chin, D.V., Mortimer, M. and Heong, K.L. (2000). Effect of tillage practice on weed population and soil seed bank of weeds in wet-seeded rice system in Mekong Delta. *Omonrice* **8**: 117-124.

95. Heenan, D. P., Chan, K. Y., Knight, P. G. (2004). Long-term impact of rotation, tillage and stubble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol. Soil Till Res. 76: 59-68.

96. Heinoner, J. S. (1991). Baytree conservation tillage project. Five Year Report. Proceedings of the 1991 Alberta Soil Conservation Workshop. Pages 22-24. **Hofmeijer, M.A.J., Krauss, M., Berner, A., Peign´e, J., M¨ader, P., Armengot, L., (2019).** Effects of reduced tillage on weed pressure, nitrogen availability and winter wheat yields under organic management. Agronomy 9, e180. **Hontoria, C., G´omez-Paccard, C., Mariscal-Sancho, I., Benito, M., P´erez, J., Espejo, R., (2016).** Aggregate size distribution and associated organic C and N under different tillage systems and Ca-amendment in a degraded Ultisol. Soil Tillage Res 160, 42–52. **Jalli, M., Huusela, E., Jalli, H., Kauppi, K., Niemi, M., Himanen, S., et al. (2021).** Effects of crop rotation on spring wheat yield and pest occurrence in182 different tillage systems: a multi-year experiment in Finnish growing conditions. *Front. Sustain. Food Syst.* 35, 7335. doi: 10.3389./fsufs.2021.647335.

97. Jat, R.K., Singh, R.G., Gupta, R.K., Gill, G., Chauhan, B.S. and Pooniya, V. (2019). Tillage, crop establishment, residue management and herbicide applications for effective weed control in direct seeded rice of eastern Indo–Gangetic Plains of South Asia. *Crop Prot.* **123**: 12-20.

98. Jha, P., Kumar, V., Godara, R.K. and Chauhan, B.S. (2017). Weed management using crop competition in the United States: A review. *Crop Prot.* **95**:31-37.

99. Kakoulas, D. A., Golfinopoulos, S. K., Koumparou, D., and Alexakis, D. E. (2022). The effectiveness of rainwater harvesting infrastructure in a Mediterranean Island. *Water*. 14, 716. doi: 10.3390/w14050716.

100. Khodadali, M., Alewell, C., Mirzaei, M., Ehssan-Malahat, E., Asadzadeh, F., Strauss, P., et al. (2021). Deforestation effects on soil erosion rates and soil physiochemical properties in Iran: a case study of using fallout radionuclides in a Chernobyl contaminated area. *Soil Disc*. 25, 2. doi: 10.5194./soil-2021-2.

101. Koocheki, A., Nassiri, M.,Alimoradi, L. and Ghorbani, R.)2009(. Effect of cropping systems and crop rotations on weeds. *Agron. Sustain. Dev.* **29**:401-408.

102. Kumar, V., Singh, S., Chhokar, R.S., Malik, R.K., Brainard, D.C. and Ladha, J.K. (2013). Weed management strategies to reduce herbicide use in zero-till rice–wheat cropping systems of the Indo-Gangetic Plains. *Weed Technol*. **27**: 241-254.

103. Kumawat, A., Yadav, D., Samadharmama, K., and Rashmi, I. (2020). Soil and Water Conservation Measures for Agricultural Sustainability. *Intech Open*. doi: 10.5772/ intechopen.92895.

104. Ibno Namr, K. and Mrabet, R. (2004). Influence of agricultural management on chemical quality of a clay soil of semi-arid Morocco. Journal of African Earth Sciences, 39: 485-489.

105. ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) (2010): Annual Report. Aleppo, Syria.**ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) (2012):** Annual Report. Aleppo, Syria.

106. IMF (2022). Climate change and chronic food insecurity in sub-Saharan Africa. Eds: Bapista, D., Farid, M., Fayad, D., Kemoe, L. et al. *African and Research Departments*. International Monetary Fund.

107. Jantalia, C. P., Resck, D.V. S., Alves, B. J. R., Zotarelli, L., Urquiaga, S. and Boddey, R. M. (2007). Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. Soil Till. Res. 95:97-109.

108. Juo, A. S., Franzluebbers, K., Dabiri, A. and Ikhile, B. (1996). Soil properties and crop performance on a kaolinitic Alfisol after 15 years of fallow and continuous cultivation. Plant Soil. 180: 209-217.

109. Kacemi, M., Peterson, G. A. and Mrabet, R. (1995). Water conservation, wheat-crop rotations and conservation tillage systems in a turbulent Moroccan semiarid agriculture. In: El Gharrous, M. et la., (Ed.) Challenges in Moroccan Dryland Agriculture. INRA, Rabat, pp. 83 – 91. **Kakoulas, D. A., Golfinopoulos, S. K., Koumparou, D., and Alexakis, D. E. (2022).** The effectiveness of rainwater harvesting infrastructure in a Mediterranean Island. *Water*. 14, 716.

110. Kandeler, E., Tscherko, D. and Spiegel, H. (1999). Long-term monitoring of microbial biomass, N mineralisation and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management. Biol. Fert. Soils 28:343-351.

111. Kassam, A. and Friedrich, T. (2011). Principles, Sustainable Land Management and Ecosystem Services. Società Italiana de Agronomia XL Convegno Nazionale, Università degli Studi Teramo. 4pp.

112. Kaya, M. D., Okcub, G., Ataka, M., Cikilic, Y. and Kolsaricia, O. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuuns* L.), Eur. J. Agron. 24: 291-295.

113. Kumar, S., Gopal, S. R., Piggin, C., Haddad, A., Ahmed, S., Mar, A. R. (2011). No-till lentil: An option for Profitable harvest in dry areas. Grain legumes. 57: 39-41.

114. Lahmar R, Bationo BA, Dan Lamso N, Guéro Y, Tittonell, P. (2012). Tailoring conservation agriculture technologies to West Africa semi-arid zones: building on traditional local practices for soil restoration. Field Crops Res 132:158–167.

115. Lahmar, R. and Triomphe, B. (2007). Conservation agriculture for sustainable land management to improve the livelihood of people in dry areas. In: Proceedings of the international workshop on conservation agriculture for sustainable land management to improve the livelihood of people in dry areas, ACSAD and GTZ, Damascus, 7–9 May 2007, pp 123–141. **Lampurlan´es, J., Plaza-Bonilla, D., ´Alvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, C., (2016).** Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. Field Crops Res. 189, 59–67.

116. Lazzaro. M., Bàrberi, P., Dell'Acqua, M., Pè, M., Limonta, M., Barabaschi, D., Cattivelli, L., Laino, P. and Vaccino, P. (2019). Unraveling diversity in wheat competitive ability traits can improve integrated weed management. *Agron Sustain Dev.* 39(1): 6.

117. Le Bissonnais, Y., Blavet, D., De Noni, G., Laurent, J.Y., Asseline, J. and Chenu, C. (2007). Erodibility of Mediterranean vineyard soils: relevant aggregate stability methods and significant soil variables. European Journal of Soil Science. 58: 188–195.

118. Lemerle, D., Lockley, P., Koetz, E. and Diffey, S. (2013). Herbicide efficacy for control of annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.) is influenced more by wheat seeding rate than row spacing. *Crop Pasture Sci.* **64**: 708-715.

119. Li, L. L., Huang, G. B., and Zhang, R. Z. (2005). Effects of Conservation tillage on soil water regimes in rainfed areas. Acta Ecologica Sinica. 25: 2326- 2332 (in Chinese).

120. Linderhof, V., Cervi, W. R., van Oosten, C., Duku, C., Witte, E., Derkyi, M., et al. (2022). Rainwater harvesting for irrigation for climate-resilient and circular food systems. The case of Ghana's Bono East Region. *Wageningen Uni. Res. Min. Agric. Nat. Food Qual*. 5, 7865. doi: 10.18174./567865. **Liu, J., Liu, L., Fu, Q., Zhang, L., Li, J., Yu, K., Xu, Q. (2019).** Effects of Straw Mulching and Tillage Measures on the Photosynthetic Characteristics of Maize Leaves. Trans. ASABE 62, 851–858.

121. López, M.V., Sabre, M., Gracia, R., Arrúe, J. L. and Gomes, L. (1998). Tillage effects on soil surface conditions and dust emission by wind erosion in semiarid Aragón (NESpain). Soil Tillage Res. 45: 91-105.

122. López, M.V., Sabre, M., Gracia, R., Arrúe, J. L. and Gomes, L. (1998). Tillage effects on soil surface conditions and dust emission by wind erosion in semiarid Aragón (NESpain). Soil Tillage Res. 45: 91–105.

123. López-Bellido, R. J., Montan, J. M., López-Bellido, F. J. and López-Bellido, L. (2010). Carbon sequestration by tillage rotation, and nitrogen fertilization in a Mediterranean Vertisol Agron. J. 102: 310-318.

124. López-Fando, C., Dorado, J. and Pardo, M. T. (2007). Effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil properties and crop yields in a semi-arid soil from central Spain. Soil Till Res. 95: 266-276.

125. Lottering, S., Mafongoya, P., and Lottering, R. (2020). Drought and its impacts on small scale farmers in sub-Saharan Africa: a review. *South Af. Geograph Soc*. 4, 5914. doi: 10.1080./03736245.2020.1795914.

126. Luo, Z. Z., Huang, G. B., and Zhang, G. S. (2005). Effects of Conservation tillage on soil bulk density and water infiltration of surface soil in semi-arid area of the west Loess Plateau. Agric. Res. Arid Areas. 23: 7-11(in Chinese). **Mairghany, M., Yahya, A., Adam, N.M., Mat, A.S., Su, Aimrun, W., Elsoragaby, S., (2019).** Rotary tillage effects on some selected physical properties of fine textured soil in wetland rice cultivation in Malaysia. Soil Tillage Res 194, e104318.

127. Mansoori, I. (2019). The effect of *Phalaris minor* (canary grass) densities and seed rates of wheat on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum*). *Biological Forum – An Int. J.* 11: 176-182.

128. Mashavakure, N., Mashingaidze, A.B., Musundire, R., Gandiwa, E. and Svotwa, E. (2020). Germinable weed seed-bank response to plant residue application and hand weeding under two contrasting tillage systems in a granite-derived clay loam soil in Zimbabwe. *S. Afr. J. Plant Soil,* 1–9.

129. Matus, A., Derksen, D. A., Walley, F. L., Loeppky, H. A., Kessel, C. and Van Kessel, C. (1997). The influence of tillage and crop rotation on nitrogen fixation in lentil and pea. Canadian Journal of Plant Science. 77(2): 197-200.

130. Maule, C. (1992). Zero till and soil water movement. Zero Tillage Field Day, Indian Head, Saskatchewan, July 21 and 22nd,1992. Pages 48-50.

131. **McCarty, G., WLysenko, N. and Starr, J. L. (1998).** Short-term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. Soil Sci. Soc. Am. J. 62: 1564-1571.

132. Miller, P. R., Gan, Y., McConkey, B. G. and McDonald, C. L. (2003). Pulse crops for the northern Great Plains: I. Grain productivity and residual effects on soil water and nitrogen. Agron J. 95: 972-979.

133. Miller, P. R., Gan, Y., McConkey, B. G. and McDonald, C. L. (2003). Pulse crops for the northern Great Plains: I. Grain productivity and residual effects on soil water and nitrogen. Agron J. 95: 972-979. **Van Kessel, C. and Hartley, C. (2000).** Agricultural management of grain legumes; has it led to an increase in nitrogen fixation? Field Crop Res. 65:165-181.

134. Minansy, B., and McBratney, A. B. (2017). Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *Eu. J. Soil Sci*. 5, 12475. doi: 10.1111./ejss.12475.

135. Montero, F., Sagardoy, M. and Dick, R. (2004). Temporal Variability of Microbial Population and Enzyme Activities of No-tillage Soils in Argentina. Arid land Res. Management. 18(3): 201-215.

136. Montoya, L. (1984). Aspectos de economicidade do manejo do solo em plantio direto. Londrina, IAPAR. (IAPAR, Informe da Pesquisa, 57. 19pp).**Moussadek, R., Mrabet, R., Zante, P., Lamachere, J-M., Pepin, Y., Le Bissonnais, Y., Ye, L., Verdoodt, A. and Van Ranst, E. (2011).** Influence du semis direct et des residus de culture sure I'erosionhydrique d'un VertisolMediterraneen. Can. J. Soil Sci. 91: 627-635.

137. Mrabet, R. (1997). Crop residue management and tillage system for water conservation in a semi-arid area of Morocco. Ph.D. Colorado State University, Fort Collins, CO, USA, p. 220.

138. Mrabet, R. (1997). Crop residue management and tillage system for water conservation in a semi-arid area of Morocco. Ph.D. Colorado State University, Fort Collins, CO, USA, p. 220.

139. Mrabet, R. (2001). Le semis direct: une technologie avancee pour une agriculture durable au Maroc, bulletin de transfert de technologie en agriculture, Madrefderd, nº 76, 4p.

140. Mrabet, R. (2001a). Le semis direct: une technologie avancee pour une agriculture durable au Maroc, bulletin de transfert de technologie en agriculture, Madrefderd, nº 76, 4p.

141. Mrabet, R. (2008). No-Tillage Systems for Sustainable Dryland Agriculture in Morocco. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Tangier, Morocco.

142. Mrabet, R. (2011). Effects of residue management and cropping systems on wheat yield stability in a semiarid Mediterranean clay soil. Am. J. Plant Sci. 2: 202 – 216.

143. Mrabet, R., Bouzza, A., (2000). Long-term no-tillage influence on soil quality and wheat production in semi-arid Morocco. In: Morrison, J.E.(Ed.). Proceedings of the 15th ISTRO Conference: Tillage at the threshold of the 21st Century: Looking Ahead, Fort Worth, TX, USA, 2-7 July 2000.

144. Mrabet, R., Ibno Namr, K., Bessam, F. and Saber, N. (2001a). Soil chemical quality changes organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations tillage systems in a semiarid area of Morocco. Land Degradation and Development. 12: 505-517.

145. Mrabet, R., Saber, N., El-Brahli, A., Lahlou, S. and Bessam, F. (2001b). Total, particulate organic matter, and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and

tillage systems in a semiarid area of Morocco. Soil Till. Res. 57: 225 – 235.

146. **Mrabet, R., Saber, N., El-Brahli, A., Lahlou, S., Bessam, F. (2001b).** Total, particulate organic matter, and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. Soil Till. Res. 57, 225 – 235.

147. **Muoni T, Rusinamhodzi L, Thierfelder C (2013).** Weed control in conservation agriculture systems of Zimbabwe: identifying economical best strategies. Crop Prot 53:23–28.

148. **Muoni, T.; Rusinamhodzi, L.; Rugare, J.T.; Mabasa S, Mangosho E, Mupangwa W, Thierfelder, C. (2014).** Effect of herbicide application on weed flora under conservation agriculture in Zimbabwe. Crop Prot 66:1–7.

149. **Mupangwa, W. and Thierfelder, C. (2015).** Common weed species and their chemical control in conservation agriculture (CA) systems. CIMMYT. Series: Technical bulletin, Harare, Zimbabwe, 1–2.

150. **Mwangi, H.W., Kihurani, A.W.,Wesonga, J.M., Ariga, E.S., Kanampiu, F. (2015).** Effect of Lablab purpureus L. cover crop and imidazolinone resistant (IR) maize on weeds in drought prone areas, Kenya. Crop Prot. 72:36–40.

151. **Naceur, M. B., Naily, M. and Selmi, M. (1999).** Effect of water deficiency during different growth stages of wheat soil different growth stages of wheat on soil humidity. Plant physiology and yield components. Medit. 10(2): 63-60 (c.f. Soil and Fertilizer, 1999, 62 (12), 13465).

152. **Nandan, R., Singh, V., Kumar, V., Singh, S.S., Hazra, K.K., Nath, C.P., Malik, R.K. and Poonia, S.P. (2020).** Viable weed seed density and diversity in soil and crop productivity under conservation agriculture practices in rice-based cropping systems. *Crop Prot.* **136**: 105210.

153. **Naylor, R.E.L. and Lutman, P.J. (2002).** In:Naylor, R.EL. Weed management handbook 9th edn. Oxford: Blackwell Science Ltd, pp 1–61.

154. **Nelson, R. G., Hellwinckel, C. M., Brandt, C. C., West, T. O., Ugarte De La, T., Marland, G. (2009)**. Energy uses and carbon dioxide emissions from crop-land production in the United States, 1990-2004. J. Environ. Qual. 38:418–425.

155. **Nesmith, D. S., Hargrove, W. L., Radcliffe, D. E., Tollner, E. W .and Arioglu, H. H. (1987).** Tillage and residue management effects on properties of an ultisol and double–cropped soybean production. Agron. J. 79(3): 570-576.

156. **Norsworthy JK, Korres NE, Walsh MJ, Powles, S.B. (2016).** Integrating herbicide programs with harvest weed seed control and other fall management practices for the control of glyphosate-resistant palmer Amaranth (Amaranthus palmeri). Weed Sci 64(3):540–550. **Norton, J., Norton, U., and Ashilenje, D. (2016).** Conservation agriculture in the Mt. Elgon Highlands of Kenya and Uganda. Successes and limitations. Tropentag. Solidarity in a competing world-fair use of resources. 19–21. Available online at: https://www.tropentag.de/2016/abstracts/abstract.php?code=94CdKPT (accessed October 16, 2022). **Olson, K., Ebelhar, S. A., and Lang, J.**

M. (2014). Long-term effects of cover crops on crop yields, soil organic carbon stocks and sequestration. *Open J. Soil Sci*. 4, 284–292. doi: 10.4236/ojss.2014.48030.

157. Pala, M. (2007). Challenges and Opportunities for conservation tillage-direct drilling in CWANA region: ICARDA/NARS,s experience. CIHEAM-Options Mediterraneennes, Serie A, Numero, (69), 161-165.

158. Pala, M., Harris, H. C., Rayan, J., Makboul, R., Dozom, S. (2000). Tillage systems and stubble management in Mediterranean-type environment in relation to crop yield and soil moisture. Experimental Agriculture. 36(2): 223-242.

159. Pan, X. Y., Y.F. wang. G. X. wang, Q. D. Cao and Wang, J. (2002). Relationship between growth redundancy size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. Actaphytoecol. Sinica. 26: 177 – 184. **Panettieri, M., de Sosa, L.L., Domínguez, M.T., Madej´on, E. (2020).** Long-term impacts of conservation tillage on Mediterranean agricultural soils: shifts in microbial communities despite limited effects on chemical properties. Agric. Ecosyst. Environ. 304. **Patel, A., Singh, R. C., Singh, D., and Shukla, P. (2018).** *Farm machinery for conservation agriculture*. Available online at: https://www.biotecharticles.com/Agriculture-Article/Farm-Machinery-for-Conservation-Agriculture-4462.html (accessed October 17, 2022).

160. Patil, S.B., Saha, P. and Datta, M. (2018). Conservation tillage and mulching effects on the adaptive capacity of direct-seeded upland rice (*Oryza sativa* L.) to alleviate weed and moisture stresses in the North Eastern Himalayan Region of India. *Arch. Agron. Soil Sci*. **64**: 1254-1267. **Patriquin, D. (2003).** Water, soil and organic matter: a complex relationship. Halifax NS: Dalhousie University.

161. Peiretti, R. (2000). The evaluation of the no-till cropping system in Argentina. Paper Presented to Impact of Globalization and Information on the Rural Environment. January 13-15, 2000, Cambridge, MA.

162. Pena-Gallardo, M., Vicente-Serrano, S. M., Dominguez-Castro, F., and Begueria, S. (2019). The impact of drought on the productivity of two rainfed crops in Spain. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*. 19, 1215–1234. doi: 10.5194/nhess-19-1215-2019. **Peng, Z., Wang, L., Xie, J., Li, L., Coulter, J.A., Zhang, R., Luo, Z., Kholova, J., Choudhary, S. (2019).** Conservation tillage increases water use efficiency of spring wheat by optimizing water transfer in a semi-arid environment. Agronomy 9, e583.

163. Piggin, C., Haddad, A. and Khalil, Y. (2011). Development and promotion of zero tillage in Iraq and Syria. In: Proc. 5th World Congress on Conservation Agriculture, Brisbane, Australia, 26 - 29 September 2011, pp. 304 - 305.

164. Plaza-Bonilla, D., Cantero-Martínez, C., Vi˜nas, P., ´Alvaro-Fuentes, J., (2013). Soil aggregation and organic carbon protection in a no-tillage chronosequence under Mediterranean

conditions. Geoderma 193–194, 76–82.

165. Pretty, J. N. (2000). Can Sustainable Agriculture Feed Africa, Environ. Dev. Sust,1, 253.

166. Rahman, M. H., Okubo, A., Sugiyama, S., and Mayland, H. F. (2008). Physical, chemical and microbiological properties of an Andisol as related to land use and tillage practice. Soil Till. Res. 101:10-19. **Ramoneda, J., Le Roux, J., Stadelmann, S., Frossard, E., Frey, B., Gamper, H.A., (2021).** Soil microbial community coalescence and fertilization interact to drive the functioning of the legume–rhizobium symbiosis. J. Appl. Ecol. 58, 2590–2602.

167. Rasmussen, K. J. (1999). Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. Soil and Tillage Research. 53: 3–14.

168. Riaz, R. and Chowdhrv, M. (2003). Genetic analysis of some economic traits of wheat under drought condition. Asian J. Plant Sci. 2: 790-796.

169. Ribeiro, M. F. S., Denardin, J. E., Bianchini, A., Ferreira, R., Flores, C. A., Kliemann, H. J., Kochhann, R. A., Mendes, I. C., Miranda, G. M., Montoya, L., Nazareno, N., Paz, C., Peiretti, R., Pillon, C. N., Scopel, E. and Skora Neto, F. (2007). Prospects for sustainable agriculture in the Latina American platform of KASSA. In Lahmar, R., Arrue, J.L., Denardin, J.E., Gupta, R.K., Ribeiro, M.F.F, and de Tourdonnet, S., (eds). Knowledge assessment and sharing on sustainable agriculture. CD-Rom, CIRAD, Montpellier-France. ISBN 978-2-87614-646-4. 31p.

170. Rosegrant, M. W. and Cline, S. A. (2003). Global food security: challenges and policies. Science. 302:1917-1919.

171. Ryan, J. (1998). Changes in organic carbon in long-term rotation and tillage trials in northern Syria. Pages 285-296 in Management of Carbon Sequestration in Soil (Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., and Stewart, B. A., eds.). Boca Raton, USA: CRS.

172. Ryan, J. (1998). Changes in organic carbon in long-term rotation and tillage trials in northern Syria. Pages 285-296 in Management of Carbon Sequestration in Soil (Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., and Stewart, B. A., eds.). Boca Raton, USA: CRS.

173. S¨ale, V., Aguilera, P., Laczko, E., M¨ader, P., Berner, A., Zihlmann, U., van der Heijden, M. G.A., Oehl, F. (2015). Impact of conservation tillage and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Biol. Biochem. 84, 38–52.

174. 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.

175. Salem, H. M., Munoz, M. A., and Rodriguez, M. G. (2020). Effect of reservoir and minimum tillage practices on soil physical properties, soil water tension monitoring by wireless sensors network. *Int. J. Water Res. Arid. Environ*. 9, 46–55.

176. Santín-Montanyá, M.I., Martín-Lammerding, D., Zambrana, E. and Tenorio, J.L. (2016). Management of weed emergence and weed seed bank in response to different tillage,

cropping systems and selected soil properties. *Soil Tillage Res*. **161**: 38-46.

177. Saturnino, H. M and Landers, J. (eds) (2002). The Environment and Zero Tillage. APDC, Asociacao de Plantio Direto no Cerrado. 144pp.

178. Saturnino, H. M and Landers, J. (eds) (2002). The Environment and Zero Tillage. APDC, Asociacao de Plantio Direto no Cerrado. 144pp.

179. Schuller, P., Walling, D. E., Sepulveda, A., Castillo, A. and Pino, I. (2007). Changes in soil erosion associated with the shift from conventional tillage to a no-tillage system, documented using137Cs measurements. Soil Tillage Res. 94:183–192.

180. Sen, S., Kaur, R., Das, T.K., Shivay, Y.S. and Sahoo, P.M. (2018). Bio-efficacy of sequentially applied herbicides on weed competition and crop performance of dry direct-seeded rice (*Oryza sativa*). *Indian J. Agron*. **63**: 230-233.

181. Sepat, S., Thierfelder, C., Sharma, A.R., Pavuluri, K., Kumar, D., Iquebal, M.A. and Verma, A. (2017). Effects of weed control strategy on weed dynamics, soybean productivity and profitability under conservation agriculture in India. *Field Crops Res.* **210**: 61-70.

182. Shan, L. and Chen, P. Y. (1998). Eco-physiological bases of drayland farming. Chinese Academic press, Beijing (in Chinese).

183. Sharma, A.R. and Singh, V.P. (2014). Integrated weed management in conservation agriculture systems. *Indian J. Weed Sci.* **46**: 23-30.

184. Sher, A., Arfat, M.Y., Ul-Allah, S., Sattar, A., Ijaz, M., Manaf, A., Qayyum, A., Zuan, A.T. K., Nasif, O., Gasparovic, K. (2021). Conservation tillage improves productivity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under reduced irrigation on sandy loam soil. PLoS ONE 16, e0260673. **Shyam, R., Singh, R. and Singh, V.K. (2014).** Effect of tillage and weed management practices on weed dynamics, weed seed bank and grain yield of wheat in rice-wheat system. *Indian J. Weed Sci*. **46**: 322-325.

185. Singh, M., Bhullar, M.S. and Gill, G. (2018). Integrated weed management in dry-seeded rice using stale seedbeds and post sowing herbicides. *Field Crops Res*. **224**: 182-191.

186. Singh, S. P. (2011). Conservation Agriculture and Water Productivity. G. B. Pant University of Agriculture & Technology, Pantnagar.263: 145.

187. Solomon, K. F., M.T. Labuschagne, and Bennie, A. T. P. (2003). Responses of Ethiopia durum wheat (Triticum turgidum var durum L.) genotypes to drought stress. South African Journal of Plant and Soil. 20 (2): 54-58.

188. Sommer, R., Piggin, C., Haddad, A., Hajdibo, A., Hayek, P. and Khalil, Y. (2012). Simulating the effects of zero tillage and crop residue retention on water relation and yield of wheat under rainfed semiarid Mediterranean conditions. Field Crops Res. 132: 40 - 52.

189. Spedding, T. A., Hamel, C., Mehuys, G. R. and Madramootoo, C. A. (2004). Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems. Soil

Biol. Biochem. 36:499-512.

190. Stanojevic, A. B. (2021). Conservation agriculture and its principles. Short Comm. Annals of Environ Sci Toxic. Available online at: http://www.researchgate.net/publication/350900095.

191. Stobbe, E. H. (1990). Crop residues, a blessing or a curse. Presentation to the 1990 Peace Region Conservation Tillage Seminar.

192. Surendra, S. J., and Awais, M. (2019). Climate change and agricultural productivity: a teoritical and empirical review. *Glob. J. Econ. Bus*. 8, 259–267.

193. Tab, N. (2003). Contribution a l'etude de l'influence des systemes de travaux du sol et de la fertilization azotee sur le comportement du ble et al qualite chimique d'un sol argileux du semi-aride Marocain. Diplome des Etudes Superieures Approfondies. Faculte des Sciences et Techniques. Settat, Maroc, 103p.

194. Tab, N. (2003). Contribution a l'etude de l'influence des systemes de travaux du sol et de la fertilization azotee sur le comportement du ble et al qualite chimique d'un sol argileux du semi-aride Marocain. Diplome des Etudes Superieures Approfondies. Faculte des Sciences et Techniques. Settat, Maroc, 103p.

195. Telkar, S., Kant, K., Pratap, S., and Solanki, S. P. S. (2017). Effect of mulching on soil moisture conservation. Biomolecule Reports. Available online at: http://www.researchgate.net/publication/320356486.

196. Thierfelder, C.; Chivenge, P.; Mupangwa, W.; Rosenstock, T.S.; Lamanna, C. and Eyre, J.X. (2017). How climate-smart is conservation agriculture (CA)?—its potential to deliver on adaptation, mitigation and productivity on smallholder farms in Southern Africa Food Security, in press.

197. Thomson, B. D., Siddique, K. H. M., Barr, M. D. and Wilson, J. M. (1997). Grain legume species in low rainfall Mediterranean-type environments. I. Phenology and seed yield. Field Crops Res. 54: 173–187.

198. Toth, Z., Tancsics, B., Kriszt, G., Kroel-Dulay, G., and Hornung, E. (2017). Extreme effects of drought on composition of the soil bacterial community and decomposition of plant tissue. *Eur. J. Soil Sci*. 68, 504–513.

199. Van Kessel, C. and Hartley, C. (2000). Agricultural management of grain legumes; has it led to an increase in nitrogen fixation? Field Crop Res. 65:165-181.

200. Wall, P. (2007). Tailoring conservation agriculture to the needs of small farmers in developing countries. J Crop Improv 19:137–155.

201. Walsh, M.; Newman, P. and Powles, S. (2013). Targeting weed seeds in-crop: a new weed control paradigm for global agriculture. Weed Technol 27:431–436.

202. Wang, J. J., Li, X. Y., Zhu, A. N., Zhang, X. K., Zhang, H. W. and Liang, W. J. (2012). Effect of tillage and residue management on soil microbial communities in North China. Plant, Soil and Environment 58: 28-33.

203. Wen Qing, H., EnKe, L., Chang Rong, Y., Govaerts, B., XuRong, M., CaiXia, Z., Qin, L., Shuang, L. and Castellanos, A. (2011). Effect of conservation agriculture on the soil biochemical characters in semi-arid area of north China. Soil and Tillage Research (in press).

204. Wolfe, M. (2000). Crop strength through diversity. Nature, 6, 681.

Yadav, G.S., Das, A., Lal, R., Babu, S., Meena, R.S., Patil, S.B., Saha, P. and Datta, M. (2018). Conservation tillage and mulching effects on the adaptive capacity of direct-seeded upland rice (*Oryza sativa* L.) to alleviate weed and moisture stresses in the North Eastern Himalayan Region of India. *Arch. Agron. Soil Sci*. **64**: 1254-1267.

205. Zentner, R. P., Campbell, C. A., Biederbeck, V. O., Miller, P. R., Selles, F. and Fernandez, M. R. (2001). In search of a sustainable cropping system for the semiarid Canadian prairies. J. Sustainable. Agric. 18: 117-136.

206. Zhang, B., Li, Y., Ren, T., Tian, Z., Wang, G., He, X., Tian, C., (2014). Short-term effect of tillage and crop rotation on microbial community structure and enzyme activities of a clay loam soil. Biol. Fertil. Soils 50, 1077–1085.

207. Zhang, Q., Wang, S., Sun, Y., Zhang, Y., Li, H., Liu, P., Wang, X., Wang, R., Li, J., (2022). Conservation tillage improves soil water storage, spring maize (*Zea mays* L.) yield and WUE in two types of seasonal rainfall distributions. Soil Tillage Res 215, e105237.

208. Zotarelli, L., Torres, E., Boddey, R. M., Urqulaga, S. and Alves, B. J. R. (2002). Role of legumes in the N economy of cereal production in crop rotations under conventional and no-tillage. 17thWCSS, 14-21 AUG 200.2, Thailand.

209. Zotarelli, L., Torres, E., Boddey, R. M., Urqulaga, S. and Alves, B. J. R. (2002). Role of legumes in the N economy of cereal production in crop rotations under conventional and no-tillage. 17thWCSS, 14-21 AUG