منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية

أساسيات المحاصيل الحقلية

(الجزء النظري)

السنة الثانية

الدكتور حسن عزام
أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية

الدكتور حسين المحاسنة
أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية

جامعة دمشق

2021-2020 م

1443-1442هـ

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	1
الفصل الأول: العوامل المؤثرة في نمو المحاصيل وتطورها.	3
الفصل الثاني: منظمات النمو وتحليل النمو في النبات.	30
الفصل الثالث: تقانات خدمة المحصول قبل الزراعة.	38
الفصل الرابع: تقانات خدمة المحصول بعد الزراعة.	51
الفصل الخامس: الدورات الزراعية والنظم المحصولية.	70
الفصل السادس: إدارة الأسمدة والتغذية المعدنية للمحاصيل الحقلية.	85
الفصل السابع: إدارة مياه الري في الزراعة.	98
الفصل الثامن: إدارة الأعشاب والمكافحة المتكاملة لآفات المحاصيل.	106
الفصل التاسع: إنتاج المحاصيل في المناطق الجافة.	117
الفصل العاشر: نظام الزراعة الحافظة لتحسين إنتاجية المحاصيل الحقلية.	132
الفصل الحادي عشر: نظام الزراعة العضوية لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة.	146
الفصل الثاني عشر: دور التقانات الزراعية في التخفيف من تأثيرات التغيرات المناخية في القطاع الزراعي.	155
قائمة بالمصطلحات الواردة في الكتاب باللغتين العربية والإنكليزية	164
المراجع	171

المقدمة

تواجه الزراعة في سورية اليوم العديد من التحديات الداخلية والخارجية التي تؤثر في مسارات التنمية الزراعية وتوجهاتها، ومن أهمها، توفير الاحتياجات الغذائية للسكان، وتحقيق الاكتفاء الذاتي من المواد الغذائية الأساسية، كالحبوب والبقوليات والزيوت والسكر واللحوم والألبان، وتواجه الموارد المائية تحديات خطيرة؛ نتيجة تزايد الضغط البشري على الموارد الطبيعية، وما نجم عنها من تدهور للبيئة، ونظم الإنتاج الزراعي خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، تعدّ عملية ترشيد استعمال المياه مطلباً استراتيجياً يساعد على تأمين مصادر إضافية من الماء ، تسمح باستثمار مساحات أكبر من الأراضي الزراعية، وتحقيق استقرار الإنتاج الزراعي، وتأمين الاكتفاء الذاتي من المنتجات الزراعية المختلفة، وفي طليعتها محاصيل الحبوب والبقوليات، ولتحقيق كل هذه الأهداف لا بد من تقديم كتاب أساسيات المحاصيل الحقلية بما يتلاءم والمنهاج المقرر في الخطة الدراسية لطلاب السنة الثانية بكلية الزراعة في جامعة دمشق للإلمام بأساليب الزراعة الحديثة والتي من شأنها زيادة الإنتاجية من وحدة المساحة كماً ونوعاً لمختلف المحاصيل الحقلية مع المحافظة على خصوبة التربة وتحقيق الزراعة المستدامة.

تناول هذا الكتاب شرحاً مفصلاً ووافياً للعوامل المؤثرة في نمو المحاصيل وتطورها، ومنظمات النمو وتحليل النمو في النبات بصورة مبسطة وسهلة الفهم، وتناول شرحاً للعمليات الزراعية جميعها قبل الزراعة، وبعدها، وطرق الزراعة المناسبة والدورات الزراعية والنظم المحصولية المتبعة في الجمهورية العربية السورية لمختلف المحاصيل الحقلية، كما تناول الكتاب شرحاً تفصيلياً لإدارة الأسمدة والتغذية المعدنية للمحاصيل، وإدارة مياه الري في الزراعة، وإدارة الأعشاب الضَّارة والمكافحة المتكاملة لآفات المحاصيل، وتطرق الكتاب لموضوعات الزراعة في المناطق الجافة والزراعة العضوية والزراعة المستدامة ثم مفهوم الزراعة الحافظة، ودور التقانات الزراعية في التخفيف من تأثيرات التغيرات المناخية في القطاع الزراعي.

وفي النهاية نأمل أن نكون قد وفقنا في اختيار موضوعات هذا الكتاب وتبويبها والتسلسل العلمي لها، ووضعها بين أيدي طلابنا الأعزاء، وأهم ما نهدف إليه من خلال هذا الكتاب هو إعداد طالب اليوم ومهندس الغد بأحدث ما توصلت إليه الأبحاث والدراسات التطبيقية والعملية في مجال أساسيات إنتاج المحاصيل؛ ليصبح قادراً ومستعداً للقيام بتنفيذ المهمة الأساسية المطلوبة منه وهي زيادة إنتاجية المحاصيل لتحقيق الأمن الغذائي والاكتفاء الذاتي في الجمهورية العربية السورية؛ آملين أن يكون في هذا الجهد المتواضع الفائدة المرجوة لطلابنا الأعزاء والله الموفق.

المؤلفان

أ. د. حسن عزام **أ. د. حسين المحاسنة**

الفصل الأول

العوامل المؤثرة في نمو المحاصيل وتطورها

Factors affecting crop growth and development

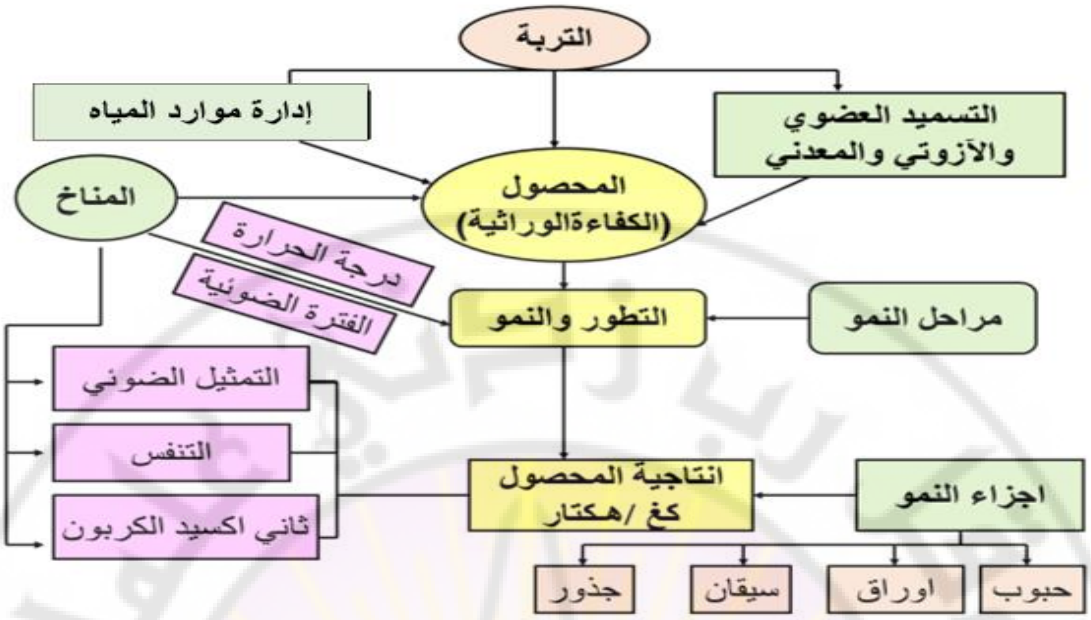
يمكن تعريف نمو المحصول Crop growth بأنه الزيادة غير العكوسة في الحجم أو الوزن وهو قابل للقياس مثل الوزن الجاف الذي يحدث خلال كامل حياة النبات، ويمكن التعبير عن النمو من خلال الوزن الجاف، والارتفاع، وقطر الساق..الخ، وتُعدّ معرفة العوامل المؤثرة في النمو مهمة في إنتاج المحاصيل بحيث يمكن التحكم بالممارسات الزراعية لزيادة إنتاجية المحصول.

بينما يشير تطور المحصول Crop development إلى التغيرات المرحلية Phasic changes للنبات، وهو التطور الذي يحصل من خلال التغيرات الشكلية Morphological changes التي تحدث خلال نمو المحصول ويمكن التعبير عنها وصفياً أكثر منه كمياً. إنّ تطور النبات من الإنبات وحتى النضج يمكن عدّه سلسلة من الفترات المتقطعة Discrete periods ، وكل فترة يمكن تمييزها بعمليات مرافقة من التغير في التركيب، والحجم، والوزن لجزء نباتي معين. إنّ العملية التطورية للنبات عادة مترافقة مع تغيرات طفيفة في الحجم أو الوزن، ويمكن توصيف العملية التطورية فقط بأنها متقطعة، فالبذور ربما تنبت وربما لاتنبت، وبداية ظهور الورقة Leaf primordia ربما تكون مرئية أو غير مرئية، لذلك يمكن التعبير عن ذلك بوحدة الزمن، ولكن ليس بوحدة الطول أو المساحة أو الحجم أو الوزن.

العوامل البيئية المؤثرة في نمو المحاصيل: Effect of environmental factors

إن النبات كائن حي يتأثر بالظروف المحيطة به، ويؤثر الوسط الخارجي الذي يعيش فيه النبات تأثيراً مباشراً في حياة النبات ونموه وتطوره. يحصل النبات على المواد الأساسية اللازمة لبناء غذائه (الماء، العناصر المعدنية، والضوء، وثاني أكسيد الكربون) من الوسط البيئي، وبالتالي فتغيير تركيز هذه المواد في البيئة يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في نمو النبات وتطوره.

تؤثر العوامل البيئية جميعها في نمو النبات وتطوره (الشكل، 1)، وهي تتداخل فيما بينها في تأثيرها على العمليات الفسيولوجية والأيضية في النبات. يستجيب النبات للعوامل البيئية على نمط واحد، فعند زيادة شدة أو تركيز العامل البيئي إلى ما يسمى بالتركيز الحدّي (Threshold)، تبدأ استجابة النبات لذلك العامل، ولكل عامل بيئي حد أدنى (Minimum)، وحد أقصى (Maximum)، وحد أمثل (Optimum).



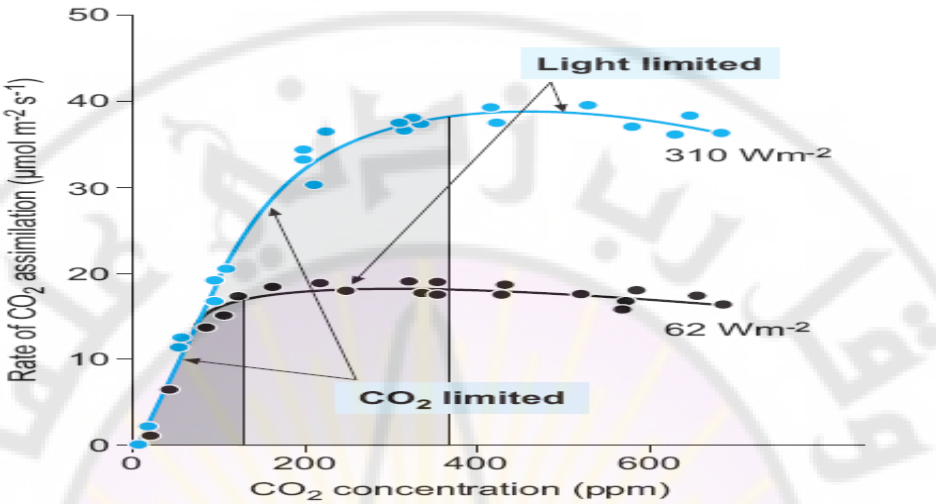
الشكل 1: تأثير العوامل البيئية في نمو المحصول وتطوره.

تُقسم العوامل البيئية المؤثرة في نمو المحاصيل وتطورها إلى عوامل أحيائية Biotic factors، وهي العوامل الناتجة عن التفاعلات بين النباتات والكائنات الحية الأخرى، مثال: الضرر الميكانيكي للنبات بسبب آكلات الأعشاب. العلاقة التكافلية بين النبات وبعض الأحياء، مثال: المحاصيل البقولية مع بكتريا الرايزوبيوم..الخ. أمّا العوامل اللاأحيائية Abiotic factors ، فتتضمن الحرارة، والرطوبة النسبية، والضوء، والماء، والعناصر المعدني، وغاز ثاني أكسيد الكربون؛ فضلاً عن عددٍ من العوامل المؤثرة والتي تكون مفيدة للنبات في بعض الأحيان، مثل الرياح.

يتوقف تأثير أي عامل بيئي لاأحيائي في النبات على كميته، فإذا كانت كميته مثالية، فإن نمو النبات يكون مثالياً، غالباً النباتات لا تجد الكمية أو الشدة المثالية للعامل البيئي اللاأحيائي.

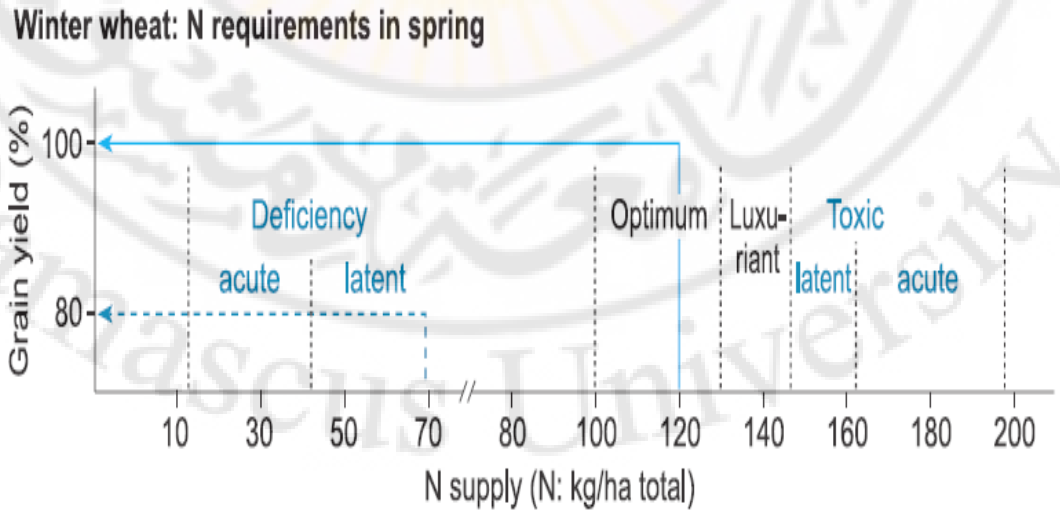
نلاحظ في الشكل (2) معدل التمثيل الضوئي لأوراق الذرة البيضاء عند مستويات شدة ضوئية مختلفة وتراكيز مختلفة من غاز CO_2 في الجو، حيث انخفاض معدل التمثيل الضوئي عند المستويات المتدنية من الشدة الضوئية، وتركيز غاز CO_2، في حين يزداد معدل التمثيل الضوئي مع زيادة شدة الإضاءة، وتركيز غاز CO_2 ، لكن حتى حد معين لا يحدث بعدها أي زيادة، ويدعى هذا الحد بنقطة التعويض الضوئي Light compensation point، أو نقطة التعويض بغاز الفحم CO_2-Compensation

point، إذا كان العامل البيئي منحرفاً زيادة أو نقصاناً عن الكمية أو الشدة المثالية لنمو النبات يدعى عندئذ عامل إجهاد Stress factor.



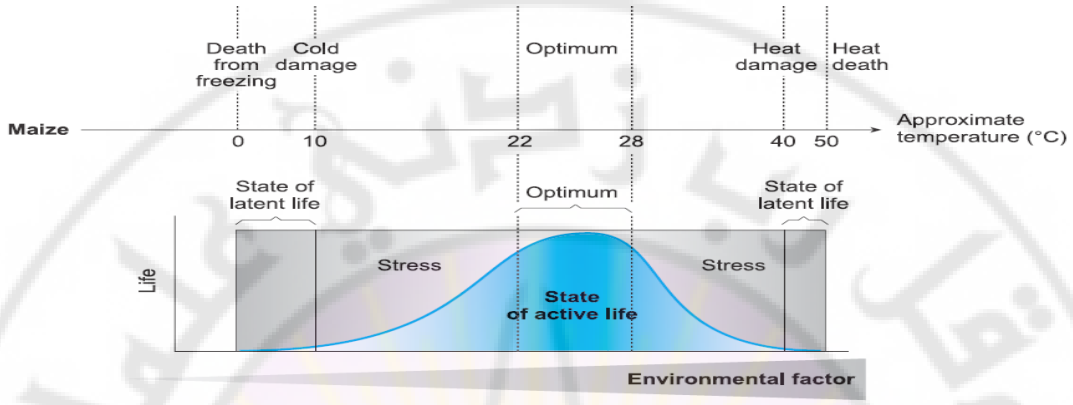
الشكل 2: محدودية عملية التمثيل الضوئي نتيجة غاز ثاني أكسيد الكربون والضوء.

نلاحظ في الشكل (3) متطلبات محصول القمح من الآزوت، حيث يمكن الحصول على غلة عظمى من الحبوب عند إضافة الآزوت بالمستويات المثالية (100 – 130 كغ.هكتار$^{-1}$)، بينما تنخفض غلة المحصول الحبية عند إضافة المستويات المتدنية من الآزوت (أقل من 100 كغ.هكتار$^{-1}$)، أيضاً في حال إضافة كمية زائدة من الآزوت يمكن أن تظهر أعراض السمية على النبات، مما يؤدي إلى انخفاض الغلة.



الشكل (3): العلاقة بين التسميد الآزوتي وغلة محصول القمح من الحبوب.

نلاحظ في الشكل (4) متطلبات الذرة الصفراء من درجات الحرارة، فضمن الحرارة المثالية (22 – 28 ْم) يكون نمو النبات وتطوره مثالياً، بينما يتأثر نمو النبات بشكل ملحوظ في حال انخفاض درجات الحرارة أو ارتفاعها عن الحدود المثالية لنمو محصول الذرة الصفراء.



الشكل (4): العلاقة بين درجات الحرارة ونمو محصول الذرة الصفراء.

عادة ما يتعرض النبات إلى عدة عوامل إجهادية مع بعضها (دفعة واحدة) مثال: نقص الماء مع الحرارة، فعندما يكون هناك نقص في الماء فإن النبات يغلق مساماته، عندها يحدث نقص في تركيز CO_2 داخل الورقة مع زيادة في تركيز O_2 ، فيحدث عندها الإجهاد التأكسدي Oxidative stress ، كما أنّ إغلاق المسامات سيعيق تأثير التبريد Cooling effect، مما يؤدي إلى ارتفاع حرارة الأوراق في النبات، وبالتالي احتراق الأوراق وموت النبات.

تستطيع النباتات بفضل التأقلم من التغلب ومقاومة الإجهادات، وهناك طريقتان للتأقلم:

الأولى: عن طريق تجنب الإجهاد كما هو الحال في نباتات الـ CAM والتي تغلق المسامات في الجو الحار من النهار، ولها القدرة على تثبيت CO_2 خلال الليل.

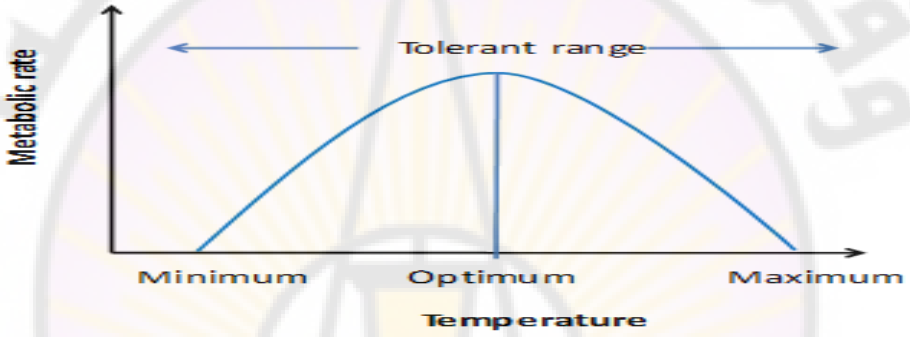
الثانية: بتطوير قدرة التحمل المكتسبة Intrinsic tolerance ، على سبيل المثال بتخزين الماء في بعض النباتات، أو المحافظة على ضغط الامتلاء Turgor potential داخل النبات.

أولاً– العوامل المناخية Climatic factors:

تُعد العوامل المناخية خاصةً الحرارة والضوء والماء والهواء من أهم العوامل المحددة لتأقلم الأنواع المحصولية لمنطقة معينة، وأكثر من 50% من التباين في الغلة هو نتيجة اختلاف الظروف المناخية،

ولها تأثير كبير في نمو النبات وتطوره. فهي تنظم معدل العمليات الفسيولوجية والتفاعلات الكيميائية في الخلية، وتحدد إذا ما كانت تلك العمليات سوف تحدث في معدلاتها القصوى أم لا.

1-الحرارة: تؤثر الحرارة في الغطاء النباتي بشكل مباشر أو غير مباشر، وتأثير الحرارة بشكل مباشر يكون بطريقتين، الأولى: التأثير في العمليات الفيزيولوجية للنباتات، وبالتالي على النمو والتطور (الشكل،5)، الثانية: تُحدد الحرارة أي نوع نباتي يستطيع الحياة في منطقة معينة، وإن الأنواع النباتية تظهر اختلافاً واسعاً في تحمُّلها لمدى درجة الحرارة وتقلباتها.



الشكل 5: تأثير درجة الحرارة في معدل الاستقلاب في النبات.

اعتماداً على المتطلبات الحرارية للنباتات، قسّم العالم Raunkiaer النباتات إلى الأنماط الآتية:

أ-النباتات المحبة للحرارة العالية Megatherms: تتواجد هذه النباتات في المناخات المدارية وخاصة في الصحارى.

ب-نباتات الحرارة المعتدلة Mesotherms: هذه المجموعة من النباتات لا تستطيع مقاومة درجات الحرارة العالية أو المنخفضة، وتوجد في المناخات المدارية وشبه المدارية.

ج-نباتات الحرارة المنخفضة Microtherms: تتطلب درجات حرارة منخفضة من أجل نموها، وهذه النباتات لا تستطيع مقاومة الحرارة العالية، وتتواجد في المناطق المعتدلة Temperate habitat كما يمكن أن تتواجد في المناخات المدارية، وشبه المدارية على ارتفاعات عالية High elevations.

د-نباتات المناطق الباردة Hekistotherms: تستطيع أن تتحمل درجات حرارة منخفضة جداً، وشتاءً قاسياً جداً، ولا تستطيع الحياة في مناطق الحرارة المرتفعة.

وتختلف المحاصيل الزراعية في احتياجاتها لدرجات الحرارة المختلفة (صغرى، عظمى، مثلى)، فوجد مثلاً أن درجة الحرارة الصغرى لنمو محصول الذرة تقع بين 15–18 ° م في حين أنها في القمح 2 °م والكتان 7–10 °م وتتباين درجات الحرارة أيضاً في تأثيرها في العمليات الحيوية المختلفة في النبات الواحد. وعموماً، فإن معظم المحاصيل تنمو بشكل جيد بين درجة حرارة 15.5 – 32 °م وتتوقف عن النمو إذا ارتفعت أو انخفضت عن ذلك كثيراً، كما أن الحد الأدنى لدرجات الحرارة لبقاء النبات حياً خلال موسم نموه هو 4.4 –6.6 °م ولو أن بعض المحاصيل كالشيلم الشتوي مثلاً قد ينمو في درجات حرارة أقل من درجة التجمد في حين أن الذرة الرفيعة يقف نموها تماماً إذا انخفضت درجة الحرارة إلى 15.5 °م، أما الحد الأعلى لدرجات الحرارة فقد وجد أن معظم المحاصيل تموت إذا ارتفعت درجة الحرارة على 43 –54 °م.

الوحدات الحرارية التراكمية Accumulative heat units:

تختلف المحاصيل أيضا بعضها عن بعض في عدد الوحدات الحرارية اللازمة لنمو المحصول وتطوره، وهي درجات الحرارة اليومية خلال موسم النمو، ولكل محصول حد أدنى من درجات الحرارة –إذا قلت عنه– لا ينمو هذا المحصول، ويعرف الحد الأدنى باسم صفر النمو Zero growth (T_{zero}) وهي أقل درجة حرارة لازمة لنمو المحصول. أما درجات الحرارة التراكمية Accumulative heat units، فهي عبارة عن مجموع درجات الحرارة التي تزيد على صفر النمو والتي يحتاجها المحصول من الزراعة حتى النضج (الوحدات الحرارية اللازمة للنمو) Growing Degree Days (GDD). وتساوي متوسط درجة حرارة اليوم (Ta) مطروحاً منها صفر النمو. $\text{Accumulative Heat units} = \Sigma (Ta - T_{zero})$

$$Ta=(T_{max}+T_{min})/2$$

ويوضح الجدول الآتي صفر النمو لمجموعة من المحاصيل:

المحصول	صفر النمو
القمح	3 م°
الذرة الصفراء	13 م°
القطن	16 م°
الأرز	10 م°
الشوفان	6 م°

مثال: إذا زرع نبات الذرة الصفراء في أول شهر آذار وحصد في العاشر من تموز، وكانت درجات الحرارة القصوى والصغرى كالآتي:

	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز
عدد الأيام	31	30	31	30	10 أيام منه
درجة الحرارة القصوى	27	32	39	42	44
درجة الحرارة الدنيا	13	18	23	25	27
المتوسط	20	25	31	33.5	35.5
الحرارة التراكمية لليوم	20−**13**=7	12	18	20.5	22.5
الحرارة التراكمية للنمو= (7 × 31) + (12 × 30) +(18× 31) + (20.5 × 30) + (10 × 22.5) = 2010 °م درجة تراكمية.					

ويفيد حساب عدد درجات الحرارة التراكمية في الآتي:

أ- تحديد أنواع المحاصيل وأصنافها التي يمكن زراعتها، وتحديد موعد الزراعة المناسب لها.

ب-تحديد موسم النمو وبالتالي موعد النضج بدقة وسهولة، وذلك لتجهيز الحصاد في الوقت المناسب؛ وخصوصاً للمحاصيل الحقلية.

ج- تحديد مواعيد الزراعة إذا زرع في الحقل أكثر من صنف ويراد التلقيح بينهما (التوافق بينهما في مواعيد التلقيح) كما في حالة إنتاج الذرة الهجين.

تأثير الحرارة في فسيولوجيا نباتات المحاصيل ونموها:

- تحرّض الحرارة نمو البادرات حيث تتراوح درجة الحرارة المثالية لإنبات البذور بين 20-25 °م.
- يتوقف امتصاص الماء عند درجات الحرارة المنخفضة، كما أن عملية التمثيل الضوئي يمكن أن تتم في مجال واسع من درجات الحرارة.
- يزداد معدل التنفس مع ارتفاع درجات الحرارة حتى حدَّ معين، ولكن فوق الحدَّ المثالي يتناقص التنفس.
- تُفضل بعض المحاصيل درجات الحرارة المرتفعة (المحاصيل الصيفية) ويُفضل بعضها الآخر درجات الحرارة المنخفضة (المحاصيل الشتوية)، حيث تتحمل بعض أنواع هذه المحاصيل درجات حرارة منخفضة حتى 0-5 °م. وإن بذور هذه الأنواع تنمو بشكل جيد، وتزهر وتنضج بمعدل طبيعي إذا ما تعرضت خلال الفترة الأولى من نموها لدرجات حرارة منخفضة نسبياً، وهذا ما يسمى بعملية الارتباع Vernalization.

❖ تُحدد درجة الحرارة نمو العديد من النباتات، يُفضّل محصول القطن الحرارة المرتفعة بينما، ينمو محصول الشيلم ويعطي غلة عالية في الحرارة المنخفضة نسبياً.

❖ تُساعد الحرارة المترافقة مع رطوبة نسبية عالية تساعد على انتشار الأمراض النباتية، مثال: الحرارة المنخفضة مع رطوبة عالية تساعد على انتشار مرض الصدأ، العفن، لفحة البادرات..الخ.

الارتباع Vernalization : يقصد بعملية الارتباع تعريض البذور المبللة بالماء أو البادرات الصغيرة لدرجة حرارة منخفضة (0–3 °م) ولمدة 30-40 يوماً، حتى تتهيأ النباتات للإزهار بهدف التخلص من ظروف بيئية غير ملائمة (ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها وغيرها). وللارتباع أهمية تطبيقية في معظم المحاصيل الزراعية وبخاصة في بعض المناطق في روسيا الاتحادية إذ تعطي بذور القمح المرتبعة نباتات سريعة الإزهار، وتتكوَّن بذورها قبل حلول الظروف الجوية غير الملائمة من جفاف أو حرارة أو غير ذلك. وأول من أوجد نظرية الارتباع العالم الروسي ليسنكو الذي بنى نظريته على أساس أن النمو والتطور هما ظاهرتان مختلفتان، ويحتاج كل طور من أطوار حياة النبات ظروفاً بيئية معينة لكي يتم، وقد افترض ليسنكو ضرورة تمام أحد أطوار النبات قبل أن يزهر، ولقد أطلق على هذا الطور اصطلاحاً الطور الحراري أو طور الارتباع لأهمية درجة الحرارة اللازمة لهذا الطور.

يجب أن تتوافر الشروط التالية ليتم طور الارتباع:

أ) درجة الحرارة الملائمة: وتتراوح هذه الدرجة من صفر – 20° م، وتختلف باختلاف نوع النبات، والصنف، والعمر الفيزيولوجي للنبات أو المحصول.

ب) التهوية: وهي ضرورية للمحافظة على حيوية البذور في أثناء الارتباع.

ج) الرطوبة: يجب توفر رطوبة مناسبة في البذور لضمان نجاح عملية الارتباع.

د) الضوء: قد يكون ضرورياً في أثناء فترة الارتباع كما في ارتباع بذور نباتات النهار الطويل، أو غير ضروري أو له أثر سلبي كما هي الحال في ارتباع بذور النباتات ذات النهار القصير.

درجات الحرارة اللازمة لارتباع البذور: تحتاج بعض النباتات لدرجات حرارة منخفضة ليتم ارتباع بذورها، وأخرى لدرجات حرارة مرتفعة نسبياً، وبغض النظر عن درجات الحرارة الملائمة للارتباع، يجب أن تكون البذور مبللة بالماء في أثناء الارتباع، ويجب ان تتعرض البذور لدرجات الحرارة المطلوبة لمدة تتراوح بين 50–60 يوماً حتى يتم ارتباعها. ويتراوح مدى الحرارة المنخفضة الملائمة لارتباع بعض بذور المحاصيل من فوق درجة التجمد إلى 10 °م، ومن المحاصيل التي تلائمها درجات الحرارة المنخفضة ليتم ارتباعها

القمح والشعير والشوفان في درجات حرارة منخفضة من 1–3 °م على أن تكون الرطوبة في البذور من 50 –70 % لمدة تتراوح من 27–65 يوماً.

وقد وجد اعتماداً على بعض التجارب أن التغيرات التي تحدث في البذور كي ترتبع، تحدث في الأجنة وليس في نسيج السويداء Endosperm ، وخلال الفترة التي تُعامل فيها البذرة تُحدث هذه المعاملة تطورات في الجنين تساعده على إتمام مرحلة نموه الخضري في وقت قصير، وتشير الدراسات التي أجريت مؤخراً لبحث تأثير عملية الارتباع في التحريض على الإزهار إلى أن هناك علاقة للإزهار ببعض المواد الكربوهيدراتية إلى المواد الآزوتية بالنسبة للمحاصيل التي لا يتأثر إزهارها بالضوء أو الحرارة. إلا أن هناك هرموناً مشجعاً للإزهار يتكون نتيجة الارتباع تحت تأثير البرودة هو الفرنالينVernalin ومرتبط مع الهرمون المولد للإزهار المعروف بالفلوريجين Florigen والذي يتشكل بالأوراق بعد تعرضها للفترة الضوئية الازمة للإزهار حيث لا يتشكل هذا الأخير إلا إذا كان الهرمون المشجع للازهار موجوداً.

ويمكن تلخيص العمليات التي تحدث في النباتات التي تتأثر بالبرودة على الشكل الآتي:

حرارة منخفضة – هرمون الارتباع (Vernalin)– تأثير طول الفترة الضوئية –Florigen– تنتقل النباتات للإزهار. ومن جهة أخرى وجد أن للجبريلين تأثيره الايجابي في الإزهار؛ إذ يحلُّ محلَّ البرودة في دفع النباتات للإزهار في المحاصيل الخضرية التي تختلف في الفترة الضوئية اللازمة للإزهار والتي تعرف بظاهرة Photoperiodism. ويؤثر الارتباع في الصفات الشكلية للنباتات المرتبعة؛ إذ تكون نباتاتها قائمة، وقليلة التفرع، وتتكون براعمها الزهرية بشكل مبكر، وتتحمل الجفاف ودرجات الحرارة المنخفضة؛ وذلك لاكتساب النباتات صفات تحمل الجفاف، فيصغر حجم الخلايا البرانشيمية والخلايا الحارسة.

التطبيق العلمي لهذه النظرية: لقد تحمس الكثيرون في البلاد المختلفة لدراسة هذه الفكرة واستخدامها في الحصول على نباتات مبكرة في النضج، ولقد كان نجاح القمح الشتوي العامل الأساسي لهذه الطريقة؛ لإزهاره في الربيع وهو من أهم النتائج العلمية لهذه النظرية في روسيا، فقد أعلن العلماء الروس أنهم استطاعوا معاملة بذور القمح الشتوي بدرجة حرارة منخفضة، وبذلك تخلَّصوا من الضرر الناشئ عن الصقيع، وفي الوقت نفسه حصلوا على المحصول مبكراً بنحو أسبوعين، وقد ذكروا أن نسبة كمية الماء المضاف هي 27 وحدة من الماء لكل 100 وحدة من القمح الشتوي، مع وضع الحبوب على درجة حرارة تتراوح بين 0 – 3 °م لمدة تختلف من 35–50 يوماً، وقد نشر العلماء الهنود أنه باستخدام هذه الطريقة أمكنهم الحصول على أرز يزهر بعد 48 يوماً من زراعته بعد أن كان يزهر بعد 133 يوماً.

2-الضوء: يُعدُّ الضوء من أهم العوامل اللاأحيائية المؤثرة في حياة النبات، تتراوح طول الموجات الضوئية المرئية بين 400 – 700 نانومتر، وأهم مصدر للضوء هو ضوء الشمس، إن أهمية الإشعاع الشمسي ليس فقط كمصدر للطاقة، بل يؤدي دور المحفِّز في عمليات تطور النبات، وأحياناً كعامل إجهاد وهذا يتوقف على كمية الضوء الممتص. هذا وتؤثر الأشعة الشمسية على العمليات المختلفة في النبات تأثيراً مختلفاً حسب نوع الإشعاع وطول الموجة (الجدول،1).

الجدول 1: تأثير التراكيب الطيفية المختلفة للإشعاع الشمسي في حياة النبات.

نوع الإشعاع	المجال الطيفي (ميكرون)	نسبته من الطاقة الشمسية (%)	تأثيره في النبات			
			التأثير الحراري	التمثيل الضوئي	التأقت الضوئي	تأثيرات أخرى
فوق البنفسجية	0.4-0.3	4 - 0	غير معنوي	غير معنوي	وسط	ضار
الإشعاع الفعَّال ضوئياً	0.7-0.4	46 -20	معنوي	معنوي	معنوي	امتصاص العناصر
تحت الحمراء	4.0-0.7	80 -50	معنوي	غير معنوي	معنوي	-
الأشعة طويلة الموجة	100-4.0	-	معنوي	غير معنوي	معنوي	-

تأثير الضوء في النشاطات الفيزيولوجية للنبات:

أ-عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis: من كل الإشعاع الشمسي الذي يصل الأرض فإنه فقط حوالي 5% يستخدم في عملية التمثيل الضوئي وحوالي 19% في العمليات الفيزيولوجية الأخرى، فمثلاً وجد الباحثون أن نبات الذرة يستخدم فقط 0.13% من طاقة الضوء في عملية التمثيل الضوئي. إن النبات لا يستخدم كل أطوال الموجات الضوئية، فقط الضوء الأحمر والأزرق يتم امتصاصه من قبل النبات. في عملية التمثيل الضوئي فإن النبات يصنع السكريات من الماء و CO_2 بوجود الضوء وذلك بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية بواسطة أصبغة الكلوروفيل. يؤدي الضوء أيضاً دوراً مهماً في تطور البلاستيدات والأصبغة النباتية والصانعات الخضراء وإن الشدة الضوئية العالية تؤثر في الأكسدة الضوئية للأنزيمات والذي يقلل من معدل تصنيع السكريات والبروتينات. وعموماً، وُجِد أن النباتات تنقسم إلى ثلاثة أنواع من حيث مسار تثبيت الكربون في عملية التمثيل الضوئي:

1- نباتات ثلاثية الكربون C_3 : في هذا النوع من النباتات نجد أن أحد النواتج الوسطية في تكوين سكر الغلوكوز في عملية التمثيل الضوئي هو حمض ثلاثي ذرات الكربون، وهو حمض فوسفوغليسيرات (Phosphoglyceric acid)، وأهم هذه النباتات: القمح، الشعير، الرُز، فول الصويا، الفول السوداني.

2- نباتات رباعية الكربون C_4 : تُنتج النباتات في هذا النوع أحماضاً وسطيةً رباعية الكربون هي حمض الماليك أو الأسبارتيك (Malic or Aspartic)، مثل الذرة الصفراء والذرة البيضاء وقصب السكر.

3- النباتات العصارية CAM: وهي نباتات تشابه في مسار تثبيت غاز CO_2 نباتات الـC_4 ، ولكن تختلف في وقت دخول CO_2 للقيام بعملية التمثيل الضوئي، فيكون دخول CO_2 في الليل، وتتم عملية التمثيل الضوئي في النهار، مثل: الصبار والتين الشوكي والأناناس.

ب-عملية التنفس Respiration: يؤدي الضوء دوراً غير مباشر في عملية التنفس، وذلك عن طريق التأثير في تصنيع أنزّيمات عملية التنفس، إن زيادة معدل التنفس أو نقصانه يمكن أن يكون بسبب تأثير الضوء في نفاذية غشاء البلاسما، أو تغير لزوجة البروتوبلاسم والأكسدة الضوئية للأنزّيمات.

ج-عملية النتح وفتح المسامات وإغلاقها: Transpiration and stomata

إن المسامات تُفتح في الضوء وتُغلق في الظلام، يساعد الضوء في عملية تحويل النشاء إلى سكريات ذائبة بعملية الفسفرة Phosphorylation في الخلايا الحارسة حول المسامات، وبذلك تزيد من الضغط الأسموزي Osmotic pressure للخلايا الحارسة، وبذلك يندفع الماء إليها؛ وبالتالي يزداد انتفاخ الخلايا الحارسة فتتسع الفجوة بين خليتين حارستين فتفتح المسامات، وهذا يزيد من تبادل الغازات ومعدل نتح الماء خلال وقت النهار وإن زيادة الشدة الضوئية فوق المطلوب له تأثير معاكس بسبب زيادة النتح.

د-نمو النباتات وإزهارها: Plant growth and Flowering

للفترة الضوئية Photoperiod دورٌ مهمٌ في نمو النباتات وإزهارها، وحسب استجابة النبات لطول الفترة الضوئية (طول النهار) يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات:

1- نباتات النهار الطويل: هذه النباتات تزهر عندما تكون الفترة الضوئية أكثر من 12 ساعة خلال النهار مثال: القمح ، الشعير ، الشوفان ، الشيلم ، العدس..الخ.

2- نباتات النهار القصير: هذه النباتات تزهر عندما تكون الفترة الضوئية أقل من 12 ساعة خلال النهار مثال: الذرة الصفراء ، الذرة البيضاء ، فول الصويا ، الفول السوداني..الخ.

3- النباتات المحايدة: لا تستجيب أو لا تتأثر بطول الفترة الضوئية خلال النهار من أجل الإزهار مثال: القطن وبعض أصناف التبغ.

هـ – تأثيرات أخرى للضوء: يؤثر الضوء أيضاً في حركة النبات وفي إنبات البذور.

3- الهطولات المطرية والرطوبة النسبية: يُعدّ الماء من أهم العوامل المناخية التي تؤثر في العمليات الرئيسة في الكائنات الحية، إنه العنصر المهم الذي يساعد على تزويد النبات بالعناصر المعدنية والذي يؤثر في صفات النبات وفيسيولوجيته، وبشكل عام في توزع الغطاء النباتي. إن كمية بخار الماء الموجودة في وحدة الحجم من الهواء عند درجة حرارة معينة تدعى الرطوبة المطلقة Absolute humidity ويعبر عنها كنسبة مئوية من بخار الماء. إن كمية بخار الماء المطلوبة لإشباع وحدة الحجم نفسها من الهواء تحت ظروف فيزيائية ثابتة تدعى الرطوبة النسبية Relative humidity.

يصل الماء من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض من خلال الهطول المطري Precipitation ، ومن سطح الأرض تعود إلى الغلاف الجوي من خلال التبخر والنتح Evapotranspiration؛ لذلك فإن دورة الماء مستمرة من الأرض إلى الغلاف الجوي وبالعكس، وهذه تُدعى دورة المياه. لقد قدر بأنه حوالي 80000 ميل مكعب من الماء من المحيطات و1500 ميل مكعب من الماء من البحيرات وسطح الأرض يتبخر سنوياً، إن التبخر الكلي يعادل الهطول المطري الكلي، ومن هذا المجموع حوالي 24000 ميل مكعب من الماء يسقط على سطح الأرض سنوياً. تؤثر الرطوبة الجوية بشكل مباشر في معدل النتح في النبات، في الجو الجاف، ونتيجةً لذلك فإن معدل النتح يزيد، ومحتوى الورقة من الماء ينقص وتذبل بشكل مؤقت. تختلف المتطلبات المائية من نبات لآخر فبعض النباتات تعيش في هطولات مطرية سنوية تقدر بـ100 مم، بينما يحتاج بعضُها الآخر إلى غمر بالماء حتى تنمو بشكل جيد (محصول الرُّز).

يمكن تقسيم النباتات حسب احتياجاتها المائية إلى ثلاث مجموعات:

1-النباتات المحبة للماء Hydrophytes: هذه المجموعة متكيفة مع البيئة المائية مثل الرز.

2-نباتات المناطق الجافة Xerophytes: هذه المجموعة من النباتات متأقلمة للحياة في الأراضي الجافة حيث محتوى الماء منخفض، مثل: الأناناس والصبار.

3-النباتات المعتدلة Mesophytes: هذه المجموعة من النباتات تعيش في المناطق التي لا يكون فيها زيادة أو نقصان في الماء، مثل غالبية المحاصيل الحقلية.

4- الغلاف الجوي والهواء : هو الغلاف الغازي أو الهوائي المحيط بالكرة الأرضية من جوانبهاجميعاً، ويمتد بدءاً من سطح الأرض وحتى الارتفاع الذي تنعدم فيه الجاذبية الأرضية على مكونات هذا الغلاف؛ أي على مسافة 1000 كم تقريباً من سطح الأرض، حيث تتمثل العديد من الظواهر الجوية المرئية من على سطح الأرض كالشفق والنيازك والشهب، مما دعا إلى تحديد سماكة الغلاف الجوي بهذا الارتفاع، ومن الناحية الزراعية ما يهمنا من دراسة الغلاف الجوي الارتفاع الذي يمتد من سطح الأرض وحتى 12 – 14 كم تقريباً حيث تتمثل فيه العديد من الظواهر الجوية كالغيوم والأمطار والتكاثف.

أهمية الغلاف الجوي: يمكن القول إنّه لولا الغلاف الجوي لانعدمت الحياة على سطح الكرة الأرضية، ويعود ذلك للأسباب الآتية:

1. حماية كل أشكال الحياة على سطح الكرة الأرضية من مخاطر التعرض للأشعة الشمسية الضارة (كالأشعة فوق البنفسجية) حيث يعمل بمكوناته الغازية على استقطابها وفلترتها.
2. الوقاية من التبريد السريع خلال الليل وكذلك التسخين الشديد في النهار.
3. يُسهم بفضل مكوناته في جعل متوسط حرارة الهواء على سطح الكرة الأرضية في حدود 15°م بدلاً من –18 °م في حال غياب الغلاف الجوي.
4. ينقل الطاقة الحرارية من المناطق الاستوائية إلى العروض الوسطى والعليا من الأرض.
5. يحدد عبر الحركة العامة للجو كميات الهطول المطري فوق سطح الأرض.
6. يختزن كميات ضخمة من الآزوت ومستودع لغاز ثاني أكسيد الكربون والأوكسجين.
7. يبدد ويحلل العديد من الانبعاثات الغازية الناتجة عن النشاطات الإنسانية أو الطبيعية عبر العديد من عمليات الأكسدة والتحلل الضوئي.
8. الحماية من النيازك والشهب الصغيرة التي تحترق نتيجة احتكاكها بالغلاف الجوي وتلاشيها قبل الوصول إلى سطح الأرض.

مكونات الغلاف الجوي: يتألف الهواء الجوي من مكونين رئيسين:

الأول: يمثل المكونات الغازية الثابتة في حجمها تقريباً في أنحاء الكرة الأرضية جميعها، ويمثل المكون الثاني الغازات المتغيرة عبر الزمان والمكان كما هو موضح في الجدول (2)؛ فضلاً عن هذه الغازات يوجد

في الغلاف الجوي العديد من الدقائق والجزيئات المعلقة مثل الغبار البركاني والدخان والملح البحري وبلورات الجليد وغيرها، وهي تتغير بشكل كبير وأقل مقدرة على البقاء في الهواء مقارنة بالغازات.

الجدول 2: تركيب الهواء الجوي الجاف النظيف.

المكونات الثابتة للهواء	
الغاز	**المحتوى من الحجم (%)**
الآزوت (N_2)	78.08
الأكسجين (O_2)	20.95
الآرغون (Ar)	0.93
النيون، الهيليوم، الكريبتون	0.0001
المكونات غير الثابتة للهواء	
الغاز	**المحتوى من الحجم (%)**
ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	0.033
بخار الماء (H_2O)	4-0
الميتان (CH_4)	آثار
ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	–
الأوزون (O_3)	–
أكاسيد الآزوت (NO, NO_2)	–

خصائص الغازات الرئيسة المكونة للغلاف الجوي وأهميتها: من الملاحظ في الجدول السابق أن كلاً من الأكسجين والآزوت يشكلان ما نسبته 99% من حجم الهواء الجاف، ومن الجدير ذكره هنا أهمية غاز الأكسجين وضرورته لتنفس الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية؛ فضلاً عن دوره الفاعل في الاحتراق وعمليات التحلل والأكسدة.

وبالرغم من النسب الضئيلة التي تشغلها بقية الغازات من حجم الهواء إلا أن لها دوراً مهماً في التوازن الإشعاعي وامتصاص الأشعة الحرارية، ويأتي في مقدمتها غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن عمليات التنفس للكائنات الحية، وحرق الوقود الأحفوري، وفوهات البراكين والنباتات التي تمتص الأكسجين في الليل، وتُطلق غاز الفحم في النهار. يتجمع غاز ثاني أكسيد الكربون في القسم السفلي من طبقة التروبوسفير في مجال ملامستها لسطح الأرض وهو أثقل الغازات، ويمتص الأشعة تحت الحمراء، ولكن بصورة أقل

مما يمتصه بخار الماء، وفي حال نقصان بخار الماء يمتص غاز الفحم الإشعاعات الأرضية ما يضيف له أهمية كعازل حراري يقوم بحماية سطح الأرض من فقدان حرارته بالإشعاع الأرضي وهو بذلك يكمل دور بخار الماء في حال قلته أو غيابه حيث يحفظ الحرارة، ويمنعها من الضياع في الفضاء الخارجي.

يؤدي بخار الماء دوراً أساسياً في امتصاص الأشعة طويلة الموجة (تحت الحمراء) وعلى هذا فهو يعمل على نشر الحرارة في الجو، ولو لم يكن بخار الماء في طبقة التروبوسفير لانخفضت درجة الحرارة على سطح الأرض بشكل كبير نتيجة للإشعاع الليلي، ويعد بخار الماء الأساس في تشكل الغيوم والأمطار والثلوج وبازدياد نسبته في الغلاف الجوي تتغير النسبة المئوية لتركيب الهواء، وبذلك يكون الهواء الرطب المحمل ببخار الماء أقل كثافة من الهواء الجاف عند درجة حرارة واحدة وضغط جوي واحد.

أما الأوزون (O_3)، فهو الصورة التي يتحوَّل فيها الأكسجين من ذرتين إلى ثلاث ذرات ونسبته غير ثابتة فهو يتغير بتغير الأحوال الجوية، فيزداد باضطراب الجو، وهو ينتشر من سطح الأرض وحتى ارتفاع 100 كم، ولكن 90% منه يتواجد عند ارتفاع 25 كم من سطح الأرض، ويمكن تخيل الأوزون على هيئة طبقة رقيقة سمكها بالمتوسط نحو 4 مليمترات تغلف الكرة الأرضية على ارتفاع 25 كم تقريباً، وتشكل هذه الكمية على الرغم من صغرها درعاً واقياً وحماية هائلة للحياة على سطح الأرض؛ نظراً لأنها تقوم بامتصاص جزء من الأشعة الشمسية فوق البنفسجية والتي يتراوح أطوال موجاتها بين 200–300 نانومتر، ويمتص الأوزون ما يعادل 4% من كل الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض. يؤدي تناقص الأوزون إلى تغيرات جوية كبيرة وأهمها زيادة المتوسط المناخي العالمي لدرجة الحرارة.

ثانياً– عوامل التربة: Soil factors

تُعرَّف التربة الزراعية بأنها الطبقة السطحية المفككة من القشرة الأرضية التي تنمو فيها جذور النباتات، وتمدها باحتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية، كما تتخذ الجذور من الأرض وسطاً تثبت نفسها به، ومكاناً تنمو فيه الجذور الدرنية. وللتربة خصائص متعددة تؤدي دوراً مهماً في نمو المحاصيل وإنتاجها.

أ– الخصائص الفيزيائية للتربة Soil physical properties: وتشتمل على عدة عوامل، أهمها: قوام التربة، وبناء التربة، وحرارة التربة، ورطوبة التربة، وهواء التربة.

1–قوام التربة Soil texture: هو اصطلاح يعبر عن درجة نعومة أو حبيبات التربة أو خشونتها باستخدام النسب المئوية لمجاميع حبيباتها الرئيسة وهي حبيبات كل من الرمل (Sand) والسلت (Silt)

والطين (Clay) الموجودة في حجم معين من التربة. يتراوح قطر حبيبة الطين أقل من0.002 مم، بينما يكون قطر حبيبة السلت متوسطاً، ويتراوح ما بين 0.002 – 0.05 مم، أما حبيبة الرمل فتُعدُّ الأكبر حجماً حيث يتراوح قطرها ما بين 0.05 – 2 مم.

الترب التي تتكون في معظمها من الطين تدعى الترب الطينية Clay soils أما تلك التي يسود تركيبها جزء كبير من حبيبات الرمل، فتدعى الترب الرملية Sandy soils. يمكن تصنيف الترب بعد معرفة نسبة المكونات (السلت، الرمل، الطين). ويتم تعيين قوام التربة بواسطة التحليل الميكانيكي، وهي عملية تهدف إلى فصل عينة التربة إلى مجاميع حبيباتها الرئيسة الثلاث حسب حجمها ثم يستخدم مثلث التربة لتحديد نوعية التربة. لقوام التربة تأثير بالغ في معظم خواص التربة. تُقسم الأراضي حسب قوامها إلى أراضٍ طينية أو سلتية او رملية، الأراضي الرملية ضعيفة الاحتفاظ بالرطوبة، ولكن يتخللها الماء والهواء بسهولة، بينما الأراضي المحتوية على نسبة عالية من السلت تُعد مثالية لإنتاج المحاصيل، لأنها وسط بين الأراضي الرملية والطينية، وتحتفظ بالرطوبة بدرجة جيدة، فضلاً عن أنها جيدة التهوية.

2–بناء التربة Soil structure: يُعرَّف بناء التربة بأنه الهيئة أو الشكل الذي تتجمع فيها حبيبات التربة مع بعضها. هناك العديد من الأشكال التي تتكتل فيها حبيبات التربة معاً، مثل: الشكل الحبيبي (Granular)، والشكل الطبقي المتراكم (Platy)، والشكل التجميعي (Blocky)، والشكل الموشوري (Prismatic). إنّ تجمع حبيبات التربة وشكل تكوّن الكتل يؤثر في مسامية التربة، وبالتالي يؤثر في تهوية التربة وفي قابليتها للاحتفاظ بالرطوبة. إنّ المواد العضوية التي تُفرز بواسطة جذور النباتات أو بواسطة الميكروبات أثناء عملية تحلل البقايا النباتية تعمل على تجميع حبيبات التربة مع بعضها، ويؤثر بناء التربة في نفاذيتها للماء، ففي الترب التي يكون بناؤها حبيبياً تكون سريعة النفاذية للماء، بينما التربة ذات التجمعات المتناثرة والموشورية تكون متوسطة النفاذية للماء، في حين نجد التربة ذات التركيب الطبقي المتراكم بطيئة النفاذية حيث يبقى الماء على سطح التربة لفترة طويلة.

3– رطوبة التربة Soil moisture: يتوقف توفر رطوبة التربة على عدد من العوامل، منها: حجم حبيبات التربة، وكمية الهطول المطري، والمسافة بين سطح التربة ومستوى الماء الجوفي؛ فضلاً عن توزع الهطول المطري على مدار العام. يُعدّ ماء التربة عاملاً أساسياً في الاختلاف بين المجتمعات النباتية. إنّ الترب الغدقة تعتبر ضارة لنمو النباتات؛ لأن التراكم الثقيل للماء في التربة يقلل من تهوية التربة، من جانب آخر يُعد محتوى الماء القليل في التربة ضاراً لنمو النباتات؛ لأنه يسبب ذبولاً مؤقتاً أو دائماً في النبات.

يُعدُّ ماء التربة مهماً ليس فقط لأنه يسهم في إمداد النبات بالمتطلبات المائية، لكنه أيضاً هو وسط لانحلال الأملاح المعدنية فيه والتي يمتصها النبات.

عند سقوط الماء على سطح الأرض، فإن هذا الماء يخترق سطح التربة، ويأخذ الصور الآتية:

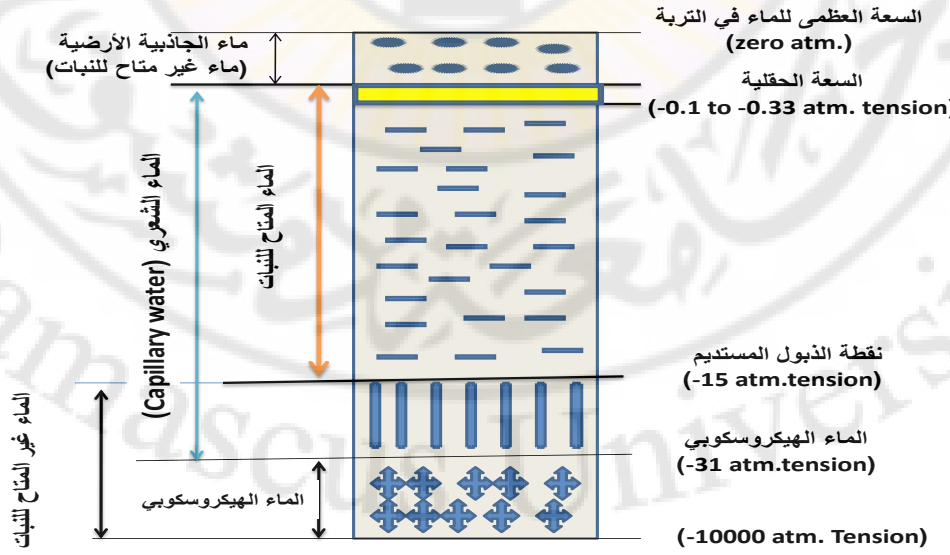
1- **ماء الجاذبية الأرضية** Gravitational water: عندما تسقط الأمطار على الأرض أو تُروى التربة، فإن جزءاً من الماء يتخلل إلى أسفل التربة بفعل قوة الجاذبية الأرضية، بينما تصبح التربة مشبعة بالماء عندما تمتلئ الفراغات البينية بين حبيبات التربة بالماء.

2-ماء السعة الحقلية Field capacity: عبارة عن المحتوى المائي للتربة بعد صرف الفائض من الماء بواسطة الجاذبية الأرضية ، ويحدث هذا بعد يوم أو يومين من الري أو الأمطار تبعاً لنوع التربة.

3- **الماء الشعري** Capillary water: وهو عبارة عن الجزء المتبقي من الماء في الفراغات البينية لحبيبات التربة بفعل التوتر السطحي وقوى التلاصق بين الماء وحبيبات التربة، وتزداد كمية هذا الماء بصغر حجم حبيبات التربة ومعظم هذا الماء يستطيع النبات امتصاصه.

4- **الماء المقيد (الهيجروسكوبي)** Hygroscopic water: وهو عبارة عن الماء الممسوك حول حبيبات التربة بقوى أكبر من قوة امتصاص الجذور وبالتالي لا يستفيد منه النبات.

يستفيد النبات من الماء الشعري ما بين نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية ونسبة الرطوبة عند نقطة الذبول، وتعرف هذه باسم الماء المتاح Available water (الشكل، 6).



الشكل (6): صور الماء في التربة وأشكاله.

الاحتياجات المائية لنباتات المحاصيل: Water requirements of crop plants

تختلف الاحتياجات المائية من محصول إلى آخر، ومن صنف إلى آخر وحسب طور النمو والبيئة المزروع فيها، بالنسبة للماء داخل النبات نجد أنه يخضع لحالة من التوازن المائي، وهو الفرق ما بين ما يمتصه النبات من الأرض والماء المفقود في عمليتي التبخر والنتح والمعروف باسم التبخر–نتح Evapo–Transpiration، إذا زاد الفقد في الرطوبة عن الامتصاص يصبح الاتزان سالباً، أما إذا زاد الامتصاص عن الفقد يصبح الاتزان موجباً. تقاس الاحتياجات المائية للمحاصيل المختلفة بقياس الماء المفقود في عمليتي التبخر–نتح، وتمثل كمية الماء المفقود من النبات والتربة ضمن البيئة التي ينمو فيها النبات.

ويُقدَّر التبخر–نتح بعدة طرق، منها:

1– طريقة التبخر: حيث تقدر كمية التبخر باستعمال الإناء الموزون ثم نحسب التبخر–نتح عن طريق معادلات رياضية تعرف باسم معادلات Penman.

2– طريقة التبخر–نتح: وذلك بتقدير الماء المفقود من سطح مزروع ذي نمو قصير، وتقاس الرطوبة المفقودة من السطح باستعمال طريقة الوزن، أو أجهزة الشد الرطوبي Tensiometer أو أجهزة تشتت النيوترونات Neutron probe أو التوصيل الكهربائي.

وتوجد علاقة بين كمية التبخر–نتح واحتياجات المحصول الفعلية والتي يعبر عنها بمعامل المحصول K_P: ($ET = K_P \times E_{Pan}$).

ويختلف هذا المعامل من محصول إلى آخر، ومن مرحلة نمو إلى أخرى، ويُعبّر عن احتياج المحصول بارتفاع الماء اللازم لري المحصول، ويمثل مجموع ارتفاع الريّات، فيقال إن محصول القمح يحتاج إلى 750 مم وهكذا، ويمكن تحويل ذلك إلى كمية المياه على أساس الحجم للهكتار الواحد = 10000م^2 × 0.75 = 7500 م^3 ماء. ويختلف معدل التبخر–نتح من 4 – 14 مم يومياً، أما معامل المحصول فيختلف من 0.30–0.90

الاحتياج المائي النسبي Transpiration ratio: يعرف الاحتياج المائي النسبي بأنه عدد الوحدات بالوزن من الماء اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من المادة الجافة من النبات.

ويتوقف الاحتياج المائي النسبي على العوامل الآتية:

1– خصوبة التربة: فكلما زادت خصوبة التربة قل الاحتياج المائي.

2– كمية الرطوبة الأرضية: يزداد الاحتياج المائي إذا زادت أو قلت الرطوبة الأرضية عن الرطوبة المثلى.

3- عمر النبات: فقد وجد أن الاحتياج المائي يزداد مع تقدم النبات بالعمر حتى مرحلة النضج، يبدأ بعدها الاحتياج المائي بالانخفاض حتى النضج التام والحصاد.

4- الرطوبة الجوية: يزداد الإحتياج المائي كلما قلت الرطوبة الجوية، وإتفاع نسبة الرطوبة الجوية يقلل من الاحتياج المائي.

5- نوع المحصول: يختلف الاحتياج المائي حسب نوع المحصول المزروع.

6- حالة المحصول: تحتاج النباتات المصابة بالأمراض إلى كمية من الماء أكثر من السليمة.

7- نوع النبات: نباتات الـC_4 عموماً ذات احتياج مائي أقل نسبياً مقارنةً بنباتات الـC_3.

5-حرارة التربة Soil temperature: تؤثر حرارة التربة مع العوامل الأخرى في خواص التربة ونمو النباتات. تُقلل الحرارة المنخفضة من معدل امتصاص الماء والمحاليل من قبل الجذور، كما تؤثر حرارة التربة في التوزيع الجغرافي للنباتات على الأرض، تتأثر حرارة التربة بحرارة الجو وشدة الإشعاع الشمسي والفترة اليومية للإشعاع الشمسي ورطوبة التربة وعوامل أخرى. وتؤثر درجة حرارة التربة في نمو النبات من خلال الآتي:

1) تؤثر درجة حرارة التربة في إنبات البذور بسبب تأثيرها في التفاعلات البيوكيميائية داخل البذور، كشدة التنفس وامتصاص الماء والاستقلاب الغذائي والنشاط الأنزيمي.

2) تؤثر درجة حرارة التربة في سرعة امتصاص الماء والعناصر الغذائية من التربة، حيث يكون الامتصاص أعظمياً ضمن درجات الحرارة المثلى، وتقل القدرة الامتصاصية للجذور بتدني درجة حرارة التربة بسبب انخفاض سرعة التنفس لخلايا الشعيرات الجذرية، وزيادة لزوجة أغشيتها الخلوية، وضعف حركة الماء والأملاح الممتصة، كما تقلل من استطالة الجذور.

3) تؤثر حرارة التربة في نشاط البكتيريا والكائنات الأخرى في التربة، فكلما ارتفعت درجة الحرارة ازداد نشاط البكتريا (درجة الحرارة المثلى لنشاط معظم أنواع البكتريا تتراوح بين 25-30 °م).

6-هواء التربة Soil aeration: إن الفراغات بين ذرات التربة تسمى المسامات Pore spaces، هذه المسامات تحتوي على الهواء، يحتوي هواء التربة على نسبة قليلة من الأكسجين ونسبة عالية من غاز CO_2 مقارنة مع هواء الغلاف الجوي، فضلاً عن بخار الماء والآزوت.

تُعدُّ الترب الغدقة فقيرة بالأكسجين وتحتوي على غازات مثل الميتان، والأمونيا، وكبريتيد الهيدروجين.

ويمكن توضيح علاقة هواء التربة بنمو النباتات في النقاط الآتية:

1) يحتاج إنبات البذور للأكسجين.

2) تنفس الجذور ونموها.

3) يلزم لنشاط الكائنات الحية النافعة.

4) تنمو معظم المحاصيل في التربة التي تحتوي على نسبة أكسجين في هوائها 21 % وينخفض النمو بانخفاض المحتوى عن 10%.

5) تُنّشط التهوية الجيدة بكتيريا التأزت، مما يؤدي إلى زيادة خصوبة الأرض.

6) تنشط الكائنات الحية اللاهوائية بانخفاض محتوى الأكسجين في هواء التربة، وينشأ عنه تحطم المركبات الغذائية المهمة مثل النترات؛ مؤدياً لنقص خصوبة التربة وتكوين المواد السامة.

7) تزداد إصابة النباتات بالأمراض في التربة رديئة التهوية.

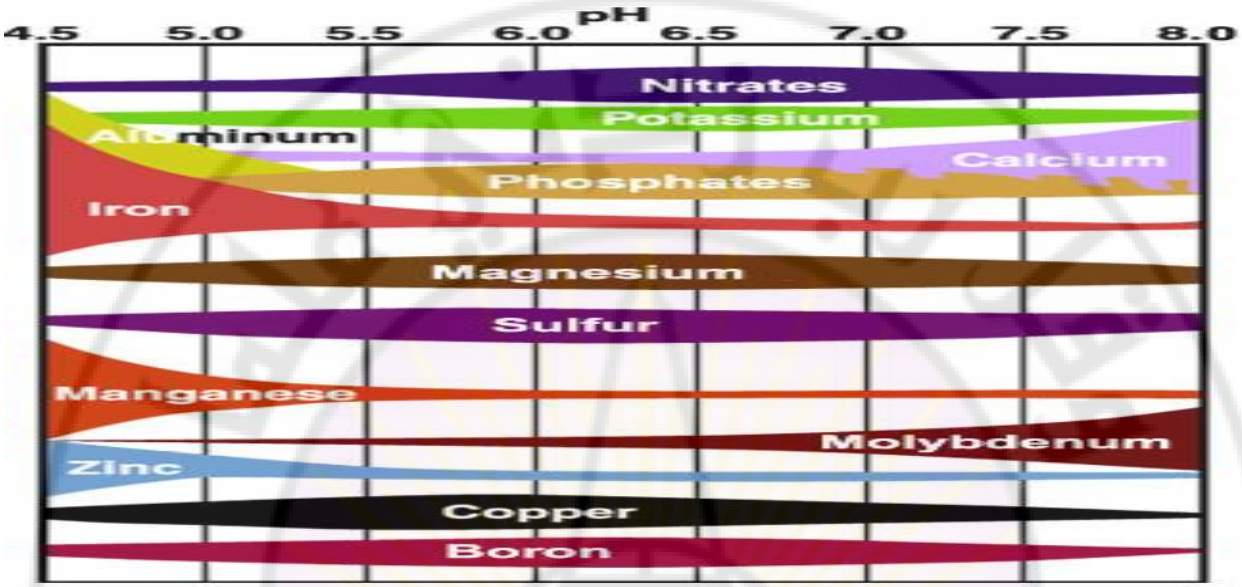
ب- الخصائص الكيميائية للتربة: Chemical properties of soil

ويقصد بها العناصر الغذائية الموجودة في التربة وتفاعلاتها ومدى سهولة امتصاصها من قبل النباتات المختلفة، ويتأثر نمو المحاصيل المختلفة وإنتاجها بهذه الخصائص والتي تشمل:

1- تفاعل التربة أو درجة الحموضة: Soil pH

يؤثر pH التربة في مدى تيسر العناصر والتبادل الكاتيوني بالتربة، وكذلك تحلل المواد العضوية والنشاط الحيوي بها، يتأثر نشاط الكائنات الحية الدقيقة بالتربة برقم الحموضة، لكل كائن حي رقم حموضة محدد لنشاطه، تنشط عملية التأزت وتثبيت الآزوت في رقم حموضة 5.5، معظم المحاصيل تنمو في رقم حموضة يتراوح بين 5-8. تختلف التربة في حموضتها، ويرجع سبب الإختلاف بنسبة كبيرة إلى اختلاف محتواها من الأملاح المختلفة والكاتيونات المتبادلة والذائبة في محلول التربة ، ففي حالة زيادة الصوديوم المتبادل في محلول التربة يرتفع الرقم الهيدروجيني، ويصبح تفاعل التربة قاعدياً وخاصة في المناطق الجافة، ولكن عند زيادة أيونات الهيدروجين أو الألومنيوم المتبادلين ينخفض الرقم الهيدروجيني ويصبح تفاعل التربة حامضياً، وكذلك التغير في المحتوى المائي للتربة، ففي ترب المناطق الرطبة وشبه الرطبة يكون الرقم الهيدروجيني منخفضاً و تكون التربة حامضية، بعكس ترب أراضي المناطق الجافة ذات الرقم

الهيدروجيني المرتفع. يؤثر pH التربة على توفر العناصر الغذائية للنبات، تتأثر العناصر المغذية كالآزوت والفوسفور والكبريت بـ pH التربة. عند الـpH المتعادل والذي يتراوح من 6.5–7.5 تكون معظم العناصر الغذائية متاحة للنبات (الشكل ،7).



الشكل (7): يوضح العلاقة بين pH التربة وتوفر العناصر الغذائية للنبات في التربة.

2–الناقلية الكهربائية: Electric conductivity (EC)

يمكن تعريف الناقلية الكهربائية للتربة بأنها التوصيل الكهربائي للمحلول المائي للتربة، وهو يزداد بزيادة تركيز أيونات الأملاح الذائبة فيه، ويُستعمل جهاز التوصيل الكهربائي Electric conductivity meter لتحديد الناقلية الكهربائية للتربة. الوحدات المستخدمة لقياس التوصيل الكهربائي للمحلول المائي للتربة هي موز/سم (mhos/cm) وهي تساوي 1000 ملليموز/سم، أو ديسيسيمينز/م (ds./m).

يُعد تقدير الأملاح الكلية الذائبة في مستخلص التربة من التقديرات الرئيسة المهمة لمعرفة درجة ملوحة التربة، وتقدر الأملاح في محلول التربة بواسطة قياس التوصيل الكهربائي، كما أن تأثير الأملاح لا يتوقف علي كميتها في التربة فقط، بل على نوعية تلك الأملاح، وتختلف كمية الأملاح الذائبة والموجودة بالتربة من تربة لأخرى، ويرجع ذلك إلى ظروف تكوين التربة ونوعها، كما يؤدي الغسيل المستمر للترب بواسطة ماء الري إلى غسيل الأملاح وإحلال الهيدروجين محل جزء من الكاتيونات المدمصة على أسطح حبيباتها، ومن التأثيرات السلبية للتركيزات المرتفعة من الأملاح في محلول التربة الآتي:

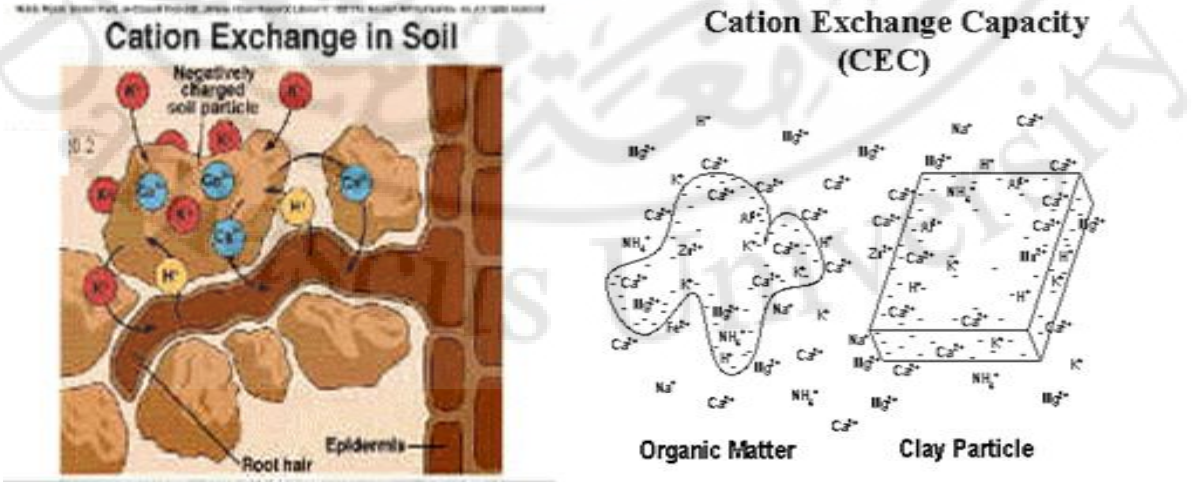
1. زيادة الضغط الأسموزي وهذا يقلل من قدرة النبات على امتصاص الماء والأملاح.
2. حدوث السمية ببعض الأملاح للنباتات النامية بالتربة.
3. تقليل معدل التبادل الكاتيوني في محلول التربة.
4. يؤدي ارتفاع نسبة الصوديوم المدمص إلى إغلاق مسامات التربة.

وتختلف المحاصيل في مقدار تحملها للأملاح، وهناك اختلاف بين الأصناف ضمن النوع الواحد، وتقسم المحاصيل تبعاً لدرجة تحملها للأملاح على النحو الآتي:

محاصيل متحملة الملوحة	محاصيل متوسطة التحمل للملوحة	محاصيل متوسطة الحساسية	محاصيل حساسة
الشعير، الشوندر السكري، القطن، القمح	الذرة البيضاء، العصفر، الذرة الصفراء	الدخن ، الأرز ، الفول البلدي، الفول السوداني	معظم محاصيل الفاكهة، البندورة، السمسم
ds 20–15	ds 15–10	ds 10 –5	أقل من 5 ds

3-السعة التبادلية الكاتيونية: Cation Exchange Capacity (CEC)

تُكوِّن الأجزاء الصلبة ما يزيد على 50% من حجم التربة، أما الحجم المتبقي فيملأ بالماء والهواء. تُعرّف السعة التبادلية الكاتيونة أنها الدرجة التي تستطيع عندها التربة ادمصاص وتبادل الكاتيونات والتي تحمل شحنة موجبة مثل NH_4^+, K^+, Ca^{2+}, Fe^{+2} أمّا الأنيونات، فهي التي تحمل شحنة سالبة مثل: NO_3^-, PO_4^{2-}, SO_4^{2} (الشكل ، 8).



الشكل (8): يوضح السعة التبادلية الكاتونية وأهميتها في تبادل العناصر بين التربة وجذور النبات.

تتميز حبيبات الطين والمادة العضوية بوجود شحنات سالبة على سطوحها، الكاتيونات المعدنية يمكن أن تُدمص إلى الشحنات السالبة، وعند ذلك فليس من السهولة فقدها في الماء بعملية الرشح، وكذلك تكون متاحة للامتصاص بواسطة جذور النبات. إنّ هذه المواد المعدنية الموجودة على سطح حبيبة الطين يمكن استبدالها بكاتيونات أخرى اعتماداً على نوع الشحنة.

4-المادة العضوية في التربة: Soil organic matter

تحتوي أنواع الترب جميعها على مواد عضوية بنسب مختلفة. تتكون المادة العضوية من الخلايا الميتة للنباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة في جميع مراحل تحللها، كما يدخل في تركيبها المواد العضوية الحية، وإفرازات الجذور والحيوانات ومخلفاتها والكائنات الدقيقة الحية من بكتريا وغيرها. تُعرف المادة العضوية المتحللة في جميع مراحل التحلل باسم الدبال. (يتركب الدبال من 35% من الأحماض الأمينية، و40% مواد شبيهة الليغنين، و11% كربوهيدرات، و4% سليلوز، و7% هيميسليلوز، و3% دهون وشموع وراتنجات). تؤثر المادة العضوية في نمو نباتات المحاصيل من خلال الآتي:

1) تمد التربة بالمواد اللازمة لتكوين الحبيبة المركبة التي هي أساس البناء الجيد للتربة، وتحسين قدرتها على الاحتفاظ بالماء، وتحسين التهوية في الأراضي الثقيلة.

2) إمداد الكائنات الحية الدقيقة بالغذاء والطاقة اللازمة لنموها وتكاثرها.

3) إكساب التربة اللون الداكن، مما يزيد من قدرتها على امتصاص الحرارة.

4) تشكل المادة العضوية مصدراً مهماً للعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات عند تحللها، ولها دور منظم في درجة حموضة التربة، وتعمل على زيادة السعة التبادلية للكاتيونات.

5) للمادة العضوية دور مهم في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة.

ثالثاً-العوامل الأحيائية: Biotic factors

هناك علاقة قوية بين الكائنات الحية الموجودة في البيئة والنباتات المزروعة من جهة، وبين الكائنات الحية بعضها مع بعض من جهة أخرى، وتختلف هذه العلاقة باختلاف الكائنات الحية. نلاحظ تعدد أنواع العلاقات المعيشية بين الحيوانات والنباتات، كالمشاركة في قيام الحشرات بعملية التلقيح، وقيام الطيور والحيوانات بنقل الثمار والبذور وتعايش الطيور باتخاذ الأشجار مأوى لها، وتغذية الحشرات على أجزاء النباتات، وتطفل بعض الفطريات على النباتات. وعموماً، يمكن تقسيم هذه العلاقة إلى الأشكال الآتية:

1- تبادل المنفعة: وتشمل المشاركة والمعايشة.

2- التضاد: ويشمل التنافس والتضاد الحيوي والتطفل والافتراس.

أ- **التنافس Competition:** تتميز المحاصيل سريعة الإنبات قوية النمو الجذري والخضري بكفاية عالية على التنافس لقدرتها على شغل الحيز الهوائي والأرضي بكفاية عالية، مثل: الشوندر السكري والقطن؛ المحاصيل المزروعة بكثافة عالية مثل القمح والبرسيم تغطي سطح الأرض بكفاية عالية؛ وبالتالي تكون أكثر قدرة على التنافس. إنّ تنافس نباتات المحاصيل بعضها مع بعض يسمى (Intraspecific competition)، أمّا المنافسة مع نباتات أخرى، مثل: الأعشاب فتسمى (Interspecific competition). تتنافس عادة نباتات المحاصيل مع الأعشاب على مصادر النمو، مثل: الضوء، وغاز ثاني أكسيد الكربون، والعناصر المغذية ،والماء..الخ.

ب- **التضاد Antagonism:** تؤثر النباتات في بعضها بعضاً وفي كائنات حية أخرى بما يتحرر منها من مواد كيميائية مضادة Allelopathic substances التي تتحرر من النباتات إلى الأرض والجو بوسائل متعددة، منها: الإدماع، والتسرب، والتطاير، والغسيل مع ماء المطر، فضلاً عن الإفرازات من الجذور، كما تتحرر هذه المواد في أثناء تحلل المواد الميتة (الأوراق الساقطة من الأشجار، وبقايا المحاصيل). تؤدي هذه المواد إلى إحداث أضرار في الكائنات الحية الأخرى. مثال: تفرز جذور الفاصولياء بعض المواد السامة التي تؤدي إلى قتل ديدان الأرض، مما يؤدي إلى نقص عدد الديدان في الأرض؛ كما يفرز نبات الحمّص مواد عن طريق الجذور والأوراق تؤثر سلباً في الأعشاب وأحياء التربة.

الكائنات الحية في التربة Soil organisms: توجد هذه الكائنات في الأرض طالما وجدت الرطوبة الكافية والمادة العضوية بها وفي غياب أيهما لا يمكن لهذه الكائنات أن تقوم بعملياتها الحيوية، وهذه الكائنات تختلف من حيوانات قارضة وديدان وحشرات ونباتات راقية كبيرة في الحجم إلى كائنات حية دقيقة لا تُرى بالعين المجردة كالبكتريا والفطريات والطحالب والبروتوزوا.

تأثير الكائنات الحية في نمو نباتات المحاصيل:

1. تحليل المادة العضوية بواسطة بعض أنواع البكتيريا إلى ماء و CO_2 وأمونيا.
2. بعض الكائنات تقوم بأكسدة مركبات الكبريت والأمونيا في التربة وتحرر الأحماض العضوية.
3. التنفس وزيادة CO_2 ونقص O_2.
4. تثبيت الآزوت الجوي بواسطة بكتريا الـ Rhizobium ، والـAzotobacter.
5. إفراز المواد المشجعة للنمو أو إفراز مواد سامة.

6-التنافس على عناصر النمو الأساسية.

7- التطفل على نباتات المحاصيل.

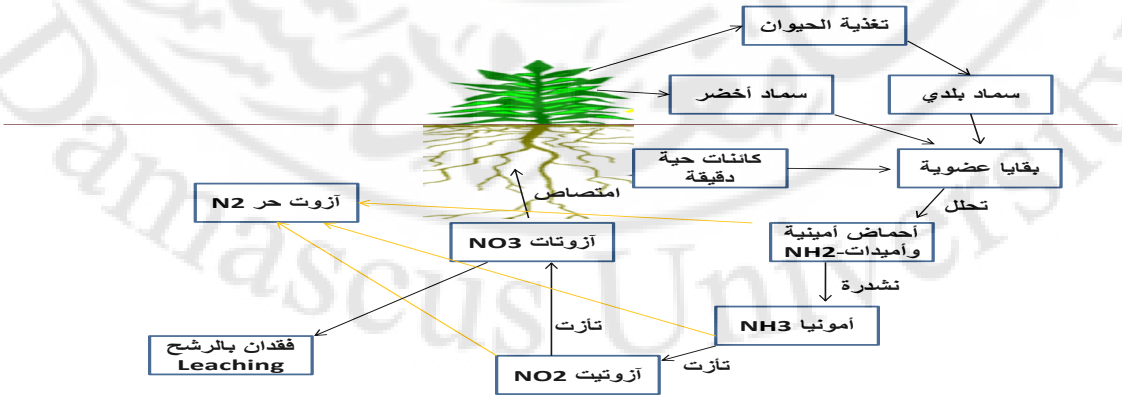
التأثير المفيد للكائنات الحية: تحقق هذه الكائنات من خلال عملياتها الحيوية المختلفة فوائد عديدة يمكن تلخيصها بالنقاط الآتية:

1) تحليل المواد العضوية: لكي تحصل الكائنات الدقيقة على الطاقة والغذاء اللازمين لتكاثرها لا بد أن تحلل المواد العضوية، ويتم تحليل المواد العضوية على خطوات، وكل خطوة تقريباً لها نوع معين من الكائنات الحية (الشكل، 9)، ونواتج التحليل مهمة هي مركبات الأمونيا والنترات وثاني أكسيد الكربون الذي يتحد جزء منه مع ماء التربة مكوناً حامض الكربون الضعيف الذي يعمل على إذابة بعض العناصر الغذائية اللازمة للنبات، وجعلها في حالة صالحة للامتصاص.

هذا ويتم تحليل المادة العضوية وفق الخطوات الآتية:

- الانحلال: وفيه تتحلل البروتينات إلى أحماض امينية، وهذه إلى أميدات.
- النشدرة: وفيه تتحلل الأحماض الأمينية إلى نشادر (أمونيا NH_4).
- التأزت: وفيه يتحلل النشادر إلى نتريت NO_2 بواسطة بكتيريا معينة (Nitrobacter) ثم يتحول النتريت إلى نترات NO_3 بواسطة بكتريا خاصة أخرى (Nitrosomonas).

والجدير بالذكر أن النباتات الراقية تأخذ الآزوت اللازم لها في صورة نترات ذائبة، ولو أن بعضها يمكن أن تستعمله في صورة أمونيا كالرُز.



الشكل (9): خطوات تحلل المادة العضوية في التربة.

2) تثبيت الآزوت الجوي بواسطة البكتيريا: هناك عملية أخرى تقوم بها أنواع معينة من البكتيريا لها فائدة للنباتات وهذه العملية هي تثبيت الآزوت الجوي، وتستفيد النباتات منه بطريق مباشر بواسطة البكتيريا المثبتة له. هناك نوعان من البكتيريا تقوم بذلك، وهي:

أ- الآزوتوبكتير Azotobacter: وهي بكتيريا تعيش حرة في التربة، وتحتاج إلى بيئة حامضية نوعاً ما (PH=6) حتى تقوم بعملها، وقد وجد أن هذه البكتيريا تضيف إلى دونم من الأرض حوالي 3.5 كغ سنوياً من الآزوت إذا كانت الظروف البيئية ملائمة لها.

ب- البكتيريا العقدية Rhizobium: وهي بكتيريا تعيش معيشة تكافلية على جذور نباتات الفصيلة البقولية. تدخل هذه البكتيريا النباتات عن طريق الشعيرات الجذرية بعد تكوين الأوراق الحقيقية وتتكاثر البكتيريا بمجرد دخولها الشعيرات الجذرية وتكوِّن في أثناء اختراقها للخلايا خيطاً يُسمى خيط العدوى وهو خيط مكون من البكتيريا محاط بأنبوبة يكونها النبات العائل من السيللوز والبكتين (Dawson, 1990)، وتنفذ البكتيريا من خلية إلى أخرى حتى تصل إلى الخلايا الداخلية للقشرة، وهنا تخرج البكتيريا من الغشاء الذي يحيط بها وتتكاثر الخلايا التي توجد بها البكتيريا كما تتكاثر الخلايا القريبة منها، فتتكون العقد البكتيرية في البقوليات (الشكل، 10).

الشكل (10): تشكل العقد البكتيرية على جذور الفول.

وتتكون حزم وعائية في العقد البكتيرية تتصل بالحزم الوعائية للنبات، وعن طريقها تنتقل المواد العضوية وغير العضوية من النبات العائل إلى العقد البكتيرية كما تنتقل نواتج عملية تثبت الآزوت الجوي من العقد البكتيرية إلى النبات العائل. وهكذا نجد أن النبات البقولي لا يقوم بامتصاص الآزوت الجوي وتثبيته بل البكتيريا التي تعيش في العقد الموجودة في جذوره وتعيش البكتيريا العقدية مع النباتات نحو سبعة أسابيع معيشة تعاونية تتحول بعدها إلى بكتيريا تعيش معيشة متطفلة لقلة المواد الغذائية المتجهة

إليها حيث تُفرز البكتيريا في هذه الحالة أنزيم البكتيناز الذي يقوم بإذابة الصفيحة الوسطى للخلايا، فتتفجر العقد ويتسرب منها بعض الآزوت إلى التربة حيث يمكن لجذور النباتات امتصاصه.

تتكون أحياناً عقد بكتيرية صغيرة، ويرجع ذلك إلى زيادة كمية الآزوت في التربة والتي تشجع النمو الخضري للنبات، فتقل تبعاً لذلك كمية المواد الكربوهيدراتية المتجهة إلى البكتيريا لإمدادها بالطاقة أو لعدم وجود إضاءة كافية؛ مما يؤدي إلى انخفاض الكمية الكلية التي يصنعها النبات من الكربوهيدرات، وبالتالي تقص الكمية التي تخص البكتيريا أو لنقص بعض العناصر الصغرى المهمة، مثل: البورون والموليبدنيوم؛ إذ إن غياب الموليبدنيوم أو وجوده بكميات قليلة لا يمنع تكوين العقد فقط، بل إنّ تلك العقد تفقد قدرتها على تثبيت الآزوت، أما عنصر البورون فوجوده ضروري لتكوين العقد الجذرية، وللبكتيريا العقدية عدة سلالات فيزيولوجية تنمو على أنواع مختلفة من النباتات البقولية، أي أن لكل محصول بقولي سلالة معينة تعيش على جذوره ووجود السلالة الملائمة من البكتيريا للمحصول البقولي المزروع في التربة مهم لمساعدة النبات في الحصول على الآزوت من الهواء بدلاً من التربة وعدم وجود النوع الموافق من البكتيريا لهذا المحصول لا يمنع نموه طالما أن التربة تحتوي على الآزوت اللازم له، ولكن في هذه الحالة تفتقر التربة بالآزوت بدلاً من اختزانه، وإذا كانت بكتيريا العقد الجذرية لمحصول بقولي معين غير موجودة في الأرض فمن الممكن أن تُضاف هذه البكتيريا الخاصة إلى الأرض، أو تلقيح بذور المحصول المراد زراعته قبل الزراعة مباشرة بمزرعة نقية من البكتيريا، وهي أفضل طريقة عملية لضمان التلقيح الجيد والسهل.

تجدر الإشارة إلى أن كمية من الآزوت تضاف إلى التربة مع مياه الأمطار وبكمية تختلف باختلاف المناطق وكمية الأمطار المتساقطة وهي عموما تتراوح بين 0.5 – 1 كغ/دونم.

التأثير الضار لبعض الكائنات الحية: خلافاً للأنواع السابقة من الكائنات الحية النافعة، هناك أنواع أخرى تلحق ضرراً بالنباتات المزروعة تحت ظروف معينة:

1) إن عدم صرف الماء الزائد من التربة يجعل بعض البكتيريا اللاهوائية تضطر للحصول على الأكسجين اللازم لها من اختزال النترات والكبريتات وغيرها. فإذا اختزلت النترات يتكون النتريت، حيث لا يمكن للنباتات الخضراء امتصاصه، وإذا استمرت عملية الاختزال، يُختزل النتريت أيضاً، ويتحول إلى آزوت حر (N_2)،

إنّ التخلص من الأثر الضار لهذه البكتيريا يتلخص في القيام بالعمليات الزراعية التي تساعد على تفتيت التربة وتأمين التبادل الغازي مثل عملية الحراثة والعزيق وصرف الماء الزائد من التربة: وذلك لجعل الأرض ملائمة لنمو الكائنات الحية الهوائية.

2) في بعض الأحيان تكون البكتيريا والفطريات ضارة ولو مؤقتاً، وذلك عن طريق منافسة النباتات النامية في الحصول على العناصر الغذائية من التربة، والآزوت هو أهم العناصر التي تتأثر بهذا التنافس ولو أن هذه الكائنات تستنفذ أيضاً كميات غير قليلة من الفوسفور والبوتاسيوم. ويظهر هذا التنافس واضحاً عند إضافة مواد عضوية غنية بالمواد الكربوهيدراتية سهلة التحلل والفقيرة بالآزوت، مثل: سماد مكون من قش غير متحلل أو سماد أخضر. في هذه الحالة ستحتاج البكتيريا إلى الآزوت لبناء بروتوبلازم خلاياها؛ مما يؤدي إلى استهلاك الآزوت الموجود في التربة والذي لولا وجود هذه الأحياء لاستفاد منه النبات المزروع. وعلى هذا فإن النترات والأمونيا ستختفيان من التربة، وتصبح معه التربة فقيرة بالآزوت إلى أن يتم تحلل المواد الكربوهيدراتية كما تتحلل الأحياء الدقيقة بعد موتها، فتنطلق منها المركبات الآزوتية ثانية.

الفصل الثاني
منظمات النمو وتحليل النمو في النبات
Growth regulators and growth analysis

تُعرَّف منظمات النمو Growth regulators بأنّها مركبات عضوية مختلفة، تعمل بكمياتٍ صغيرة جداً على تنظيم نمو النبات من خلال تشجيع Promote، أو تثبيط Inhibit، أو تعديل Modify العمليات الفيزيولوجية في النبات، ويتم إنتاجها طبيعياً داخل النبات Endogenous، تُسمى أيضاً بالهرمونات النباتية Plant hormones، حيث يتم إنتاجها ضمن أنسجة معينة في النبات، ثمّ تنقل من مواقع التصنيع إلى مواقع التأثير، وتختلف الهرمونات النباتية بصفاتٍ معينة عن الهرمونات الحيوانية، لذا يُفضل تسميتها بمنظمات النمو (PGR)، ويمكن أن تُنتج صناعياً، وتتم إضافتها خارجياً على النبات. وتُصنّف منظمات النمو ضمن المجموعات الرئيسة الآتية: الأوكسينات، والسيتوكينينات، والجبريلينات، وحمض الأبسيسيك، والإثيلين. ويمكن أن تُقسّم هذه المجموعات تبعاً إلى طبيعة تأثيرها إلى قسمين أساسيين هما: مشجعات النمو، وتضم الأوكسينات، والجبريلينات، والسيتوكينينات، ومثبطات النمو، وتضم حمض الأبسيسيك (ABA)، والإثيلين (C_2H_4)، فضلاً عن الفينولات.

الأوكسينات Auxins: اكتشف العالم Went (1926) المادة المُحرّضة وسمّاها الأوكسين Auxin، وهي كلمة يونانية الأصل تعني ينمو To grow. وتُعد الأنسجة الجنينية (الميرستيمية) في القمم الطرفية للسوق، والأوراق الحديثة النمو المصدر الرئيس لإنتاج الأوكسينات، كما تُعد الأجنة Embryos مصدراً آخرَ لهذه الأوكسينات. تنتقل الأوكسينات المصنّعة في النبات بالنقل الفعّال Active transport عبر الأنسجة البرانشيمية الملاصقة للأنسجة الناقلة وبشكلٍ قطبي من الأعلى باتجاه الأسفلPolar movement، أي نحو القاعدة في المجموع الخضري، ونحو قمم الجذور في الجذور، كما يمكن أن تنتقل بشكلٍ جانبي إلى الخلايا الطرفية في مواقع التأثير. إنّ للأوكسينات تأثيراً كبيراً في نمو النباتات وتطورها، ويمكن تلخيص أهم التأثيرات الناتجة عن الأوكسينات من خلال النقاط الآتية:

- استطالة الخلايا النباتية Plant cell elongation.
- ظاهرة النمو أو الانتحاء الضوئي Phototropism.
- ظاهرة السيادة القمية Apical dominance.
- تأخير تساقط الأوراق Delay of leaf abscission.
- تشكيل الجذور العرضية Lateral roots، ونمو الجذور الجانبية.
- تمايز الأنسجة الناقلة Vascular differentiation الخشبية واللحائية وتشكلها.
- تشجع نمو الثمار وتطورها.

الجبريلين Gibberellins: يُنتج هذا المركب بشكلٍ رئيس في الأجزاء النباتية النامية كالأوراق حديثة النمو، والبراعم القمية، كما يوجد بكمياتٍ كبيرة في البذور غير الناضجة والثمار المتشكلة، كما يُنتج بكمياتٍ بسيطة في الجذور، وينتقل في النبات عبر الأوعية اللحائية. تؤثر هذه المركبات بشكلٍ كبير في العمليات الفيزيولوجية والمراحل التطورية للنبات، وقد تعددت البحوث التي تناولت تأثيراتها المختلفة في النبات، كما تمّ استعمالها بكثرة بشكلٍ تجاري لتحسين كمية المنتجات الزراعية ونوعيتها في العديد من الأنواع النباتية، فيما يأتي تلخيص لأهم تأثيراتها واستعمالاتها المختلفة:

- تطاول الخلايا وانقسامها.
- تطاول سوق النباتات.
- تنظم الجبريلينات انتقال النبات من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة النمو الثمري.
- تشجع الجبريلينات إنبات البذور.
- تُسهم الجبريلينات في تحريض الإزهار، وفي تحديد جنس الأزهار.
- تشجع الجبريلينات عقد الثمار وزيادة إنتاجها.

السيتوكينينات Cytokinin: وهي الهرمونات المسؤولة بشكلٍ أساسي عن انقسام الخلايا Cell division، تُعدّ القمم الميرستيمية للجذور المكان الرئيس الذي يتم فيه تصنيع السيتوكينينات، وتنتقل عبر النسيج الناقل الخشبي إلى المجموع الخضري، وينخفض معدل تصنيع السيتوكينينيات في حال تراجعت وظيفة الجذور بتأثير الظروف البيئية، مثل الجفاف على سبيل المثال. ولكن تبيّن أنّه يتم تصنيع السيتوكينينات في أجزاء أخرى في النبات أيضاً، كالأجنة الحديثة في الذرة، والأوراق حديثة النمو، والثمار حديثة النمو وغيرها، وتنتقل منها عبر النسيج اللحائي والخلايا البرانشيمية المرافقة.

يمكن تلخيص أهم الوظائف التي تقوم بها السيتوكسنينات في النبات:

- تنظم السيتوكينينات انقسام الخلايا في المجموع الخضري والجذري.
- تؤثر السيتوكينينات في السيادة القمية وتشجع نمو البراعم الجانبية.
- تؤخر السيتوكينينات في شيخوخة الأوراق.
- تحرض السيتوكينينات انتقال العناصر المغذية.
- تحرض السيتوكينينات تطور الصّانعات الخضراء.
- تحرض السيتوكينينات استطالة الخلايا في الفلقات والأوراق الفلقية.
- تنظم السيتوكينينات نمو السوق والجذور.

الايثيلين (الهرمون الغازي): Ethylene- the gaseous hormone

تُعدُّ الخلايا الجنينية (المريستيمية) المكان الأكثر فعّالية في إنتاج الإيثيلين، ولكن يزداد إنتاج لإيثيلين عند تساقط الأوراق ونضج الثمار، كما أنّ تعرض النباتات للإصابة بجروح، أو عند التعرض للإجهادات الأحيائية أو اللاأحيائية، فإنّ إنتاج الإيثيلين يصبح بكمياتٍ أكبر؛ فضلاً عن تأثير العوامل والإجهادات البيئية في تصنيع الإيثيلين، فإنّ للأوكسينات دوراً كبيراً في تصنيع هذا الهرمون. وبشكلٍ عام يقوم الإيتيلين بالوظائف الحيوية الآتية:

- يشجع الإيثيلين نضج بعض أنواع الثمار.
- كسر سكون البذور والبراعم لبعض الأنواع النباتية.
- تطاول السوق في الأنواع النباتية المغمورة.
- يشجع الإيثيلين نمو الجذور والشعيرات الجذرية.
- يشجع الإيثيلين إزهار نباتات بعض الأنواع النباتية.
- يحرض الإيثيلين شيخوخة الأوراق.

حمض الأبسيسيك Absisic acid (ABA): ساد الاعتقاد أنّ هذا الهرمون هو المسؤول عن تساقط الأعضاء النباتية عن النبات Abscission، وبخاصةٍ في الدراسات التي تمّت على تساقط ثمار القطن، ومن هنا جاءت تسميته Abscisin II، ومن ثمّ أعيدت تسميته ليصبح Absisic acid، ولكن تبين فيما بعد أنّ الإيثيلين هو الهرمون المسؤول عن تشكل طبقة الانفصال أو التساقط، ودور حمض الأبسيسيك في تساقط ثمار القطن هو من خلال قدرته على تشجيع تصنيع هرمون الإيثيلين. وحالياً أصبح الدور الذي يؤديه حمض الأبسيسيك كهرمون نباتي أكثر وضوحاً، فهو الهرمون الذي يُثبط نمو النبات ويتحكم بإغلاق المسامات، وينظم نضج البذور وسكون البذور والبراعم. يُصنع حمض الأبسيسيك تقريباً في كافة الخلايا المحتوية على Plastids (مكان تصنيع أو تخزين مركبات كيميائية تستخدم في الخلية) وينتقل عبر الأنسجة الناقلة الخشبية من الجذور إلى الأوراق وعبر الأنسجة الناقلة اللحائية من الأوراق إلى أماكن التأثير الأخرى في النبات، ويتأثر تركيزه في النبات بشكلٍ كبير بالعوامل البيئية المحيطة والمراحل التطورية للنبات. وأهم الوظائف الحيوية لحمض الأبسيسيك:

- يُحسّن حمض الأبسيسيك تحمل الجنين للجفاف.
- يحث حمض الأبسيسيك تراكم البروتينات في البذور ودخولها في طور السكون.
- يتراكم حمض الأبسيسك في البراعم الساكنة.
- تنغلق المسامات بتأثير حمض الأبسيسيك تحت ظروف الإجهاد المائي.
- يحث ABA نمو الجذور ويثبط نمو المجموع الخضري تحت ظروف الجفاف.

تحليل النمو في المحاصيل الحقلية: Growth analysis in field crops

تُعدُّ عملية إنتاج المحاصيل الحقلية المستخدمة في الاستهلاك البشري، أو في التغذية الحيوانية من الأمور المهمة في ازدهار المجتمعات والاقتصاد في البلدان المتطورة والنامية على حدٍ سواء. نظراً لازدياد المتطلبات الغذائية عالمياً بسبب التضخم السكاني، وانحسار مساحة الأراضي الصالحة للزراعة، إما بسبب التملح أو التوسع العمراني، وشح الموارد المائية، وقلة الهطولات المطرية. كل ذلك جعل الحاجة ملحة لتحسين الإنتاج الزراعي وزيادته لتأمين الاحتياجات الغذائية المتزايدة، وتأمين الاكتفاء الذاتي. ولتحقيق هذا الغرض، لا بد من فهم كيفية تحسين الغلة، وزيادة إنتاج المحصول في وحدة المساحة، لكي نتمكن من زيادة إنتاجية المحصول الكلية.

بعض المصطلحات الخاصة بالنمو والإنتاجية:

1- النمو Growth: هو تراكم المادة الجافة الذي يؤدي إلى زيادة في الحجم، أو هو التغيرات غير العكوسة في حجم الخلية، أو العضو النباتي أو النبات مع الزمن.

2- التطور Development: وهو يعني التغيرات المرحلية Phasic changes، حيث يُعدُّ تطور النبات من الإنبات حتى النضج سلسلة من المراحل التطورية المنفصلة أو المتمايزة، وكل مرحلة يمكن تمييزها بعمليات مرافقة من التغيرات في التركيب أو الحجم أو الوزن للعضو النباتي.

3- الغلة Yield: هي كمية الإنتاج من محصول ما في وحدة المساحة (طن.هكتار$^{-1}$ مثلاً من محصول القمح).

4- الإنتاجية Productivity: هي معدل تراكم المادة الحية (مادة عضوية، كربوهيدرات) في نباتات المحصول في وحدة المساحة من الأرض، وخلال فترة زمنية محددة.

5- الكتلة الحية للنبات Biomass: هي الوزن الكلي للمادة النباتية (المجموعتان الهوائية والأرضية) في وحدة المساحة من الأرض، وخلال فترة زمنية محددة. ولكن تحت الظروف الحقلية من الصعب الحصول على المجموعة الجذرية بشكل كامل، لذلك يُكتفى بالمجموعة الهوائية.

6- الغلة الاقتصادية Economic yield: وتُعبِّر عن الجزء المستخدم أو المأكول من النبات (الحبوب في محاصيل الحبوب والبذور في محاصيل البقول والجذور في الشوندر السكري والأوراق في الخس والسوق في قصب السكر والجوزات في القطن..الخ). إذاً الغلة الاقتصادية إما أن تكون من الأجزاء الهوائية، أو الأجزاء الأرضية، وتشكل جزءاً من الكتلة الحية الكلية Total biological biomass عند حصاد نباتات المحصول المزروع.

7- دليل الحصاد Harvest Index (HI): وهو نسبة الغلة الاقتصادية إلى الغلة الكلية (HI=Economic yield/total yield)، وتتمثل الغلة الكلية في معظم الأنواع المحصولية غير الجذرية بالأجزاء فوق الأرضية فقط؛ بسبب صعوبة حصاد المجموع الجذري واستخلاصه من التربة في الحقل. يستخدم دليل الحصاد مؤشراً على تحسين غلة المحاصيل الحقلية؛ لأن زيادة قيمة دليل الحصاد مرتبطة بشكل طردي مع زيادة الغلة الاقتصادية، فهو يعبر عن كفاية النباتات في تسخير جزء أكبر من نواتج التمثيل الضوئي إلى الأجزاء الاقتصادية من المحصول، ويعبر عن ذلك اصطلاحاً بكفاية توزيع نواتج التمثيل الضوئي Partitioning efficiency.

العوامل المحددة للإنتاجية: Factors affecting the productivity

تتوقف إنتاجية المحاصيل الحقلية على العديد من العوامل، أهمها:

1-مستوى الطاقة الضوئية المتاحة من أشعة الشمس.

2-كمية الطاقة الضوئية الممتصة من قبل نباتات المحصول.

3-كفاية النبات في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

4-كمية الطاقة الكيميائية المفقودة من قبل النبات في أثناء التنفس، والفواقد الأخرى في الكتلة الحية نتيجة الإصابة المرضية، الرعي. الخ.

وتُعطى الإنتاجية الصافية للمحصول بالمعادلة الآتية: $Pn = Pg - R$

حيث إنّ:

Pn=الإنتاج الصافي: وهو كمية المادة العضوية المصنعة الكلية مطروحا منها كمية المادة الجافة المفقودة بالتنفس والفواقد الأخرى.

Pg=الإنتاج الإجمالي: وهو كمية المادة العضوية الكلية المثبتة من قبل المحصول في وحدة المساحة من الأرض في وحدة الزمن.

R=الفاقد من الإنتاج بالتنفس والفواقد الأخرى.

تحليل النمو Analysis of growth: شكلت تقنيات تحليل النمو مساهمة حقيقية للمفهوم الحالي لفيزيولوجيا غلة المحاصيل، إنّ تحليل النمو الوظيفي Functional growth analysis بالاعتماد على زراعة النباتات في تجارب تحت ظروف قياسية وحصادها خلال فترات منتظمة يمكن أن تعطي برهاناً أولياً لفهم التباين في معدلات النمو بين الأصناف أو الأنواع (Lambers، 1987). يمكن أيضاً استخدام تحليل

نمو النبات لتقويم تأثير الممارسات الزراعية Cultural practices مثل التسميد، الكثافة النباتية/المسافات الزراعية، معاملات الري، مكافحة الآفات (أمراض ، حشرات، أعشاب.الخ).

يمكن تقسيم دراسات النمو وتحليلها في نباتات المحاصيل إلى قسمين:

أ- دراسات على النباتات الفردية: وذلك بإجراء تحليل النمو على نباتات مفردة في الحقل، أو في بيوت زجاجية، أو في الغرف المتحكم بظروفها البيئية.

ب- دراسات على كامل نباتات المحصول: وتتم على النباتات في قطعة تجريبية محددة.

أولا- تحليل النمو في النباتات المفردة: ويسمى بتحليل النمو التقليدي Classical growth analysis ويشتمل هذا التحليل على المؤشرات الآتية:

1-معدل النمو النسبي: Relative growth rate (RGR)

يمثل معدل الزيادة في الوزن الجاف للنبات بالنسبة إلى الوزن الجاف الكلي للنبات عند نقطة زمنية معينة، ويمكن تقديره كقيمة متوسطة بين فترتين زمنيتين كالآتي:

$$RGR=\ln W_2 - \ln W_1 / t_2 - t_1 \quad (\text{غ/غ/يوم})$$

حيث إن: W_2،W_1 : أوزان النبات عند الحصادين الأول والثاني.

t_2 ، t_1 : الزمن عند الحصاد الأول والحصاد الثاني على التوالي.

2-معدل النمو المطلق: Absolute growth rate(AGR)

وهو الزيادة الكلية في الوزن الجاف للنبات خلال فترة زمنية محددة. ويحسب من المعادلة الآتية:

$$AGR= (W_2 - W_1)/ t_2 - t_1 \quad (\text{غ/يوم})$$

3-معدل التمثيل الصافي: Net assimilation rate (NAR)

وهو الزيادة في كتلة النبات الحية في وحدة المساحة الورقية في وحدة الزمن. ويحسب كقيمة متوسطة بين فترتين زمنيتين بالمعادلة الآتية:

$$NAR = \frac{(W_2 - W_1)(\ln L_2 - \ln L_1)}{(t_2 - t_1)(L_2 - L_1)} \quad (\text{غ/سم}^2\text{/يوم})$$

حيث إن L_1، L_2 عبارة عن المساحة الورقية الكلية عند الحصادين الأول والثاني على التوالي.

4-نسبة المساحة الورقية: Leaf area ratio (LAR)

تمثل النسبة ما بين مساحة المسطح الورقي الأخضر (المساحة الورقية) والكتلة الحية الكلية عند زمن معين وتعطى بالمعادلة الآتية: $LAR = L/W$ (سم^2/غ)

حيث إن L: المساحة الورقية W: الوزن الجاف للنبات

ويحسب متوسط نسبة المساحة الورقية خلال فاصل زمني معين وفق المعادلة الآتية:

$$LAR = \frac{(L_2-L_1)(\ln W_2 - \ln W_1)}{(W_2 - W_1)(\ln L_2 - \ln L_1)}$$

وتكتب العلاقة بين نسبة المساحة الورقية ومعدل النمو النسبي ومعدل التمثيل الصافي كما يأتي:

$$RGR = NAR \times LAR$$

ثانياً- تحليل النمو للمحصول: ويشتمل هذا التحليل على المؤشرات الآتية:

1- دليل المساحة الورقية: Leaf area index (LAI)

وهو عبارة عن النسبة ما بين مساحة أوراق نباتات المحصول إلى المساحة من الأرض التي تشغلها تلك النباتات. ويحسب بالمعادلة الآتية:

$$LAI = \frac{\text{المساحة الورقية لنباتات المحصول}}{\text{مساحة الأرض التي تشغلها النباتات}}$$

2- معدل نمو المحصول: Crop growth rate (CGR)

يمثل مقدار الزيادة في الكتلة الحية للمحصول خلال وحدة الزمن، ويعبر عنه بالمعادلة الآتية:

$$CGR = W_2 - W_1 / t_2 - t_1$$

ويمكن حسابه بطريقة أخرى: $CGR = NAR \times LAI$

3- المساحة الورقية الفعّالة للمحصول: Leaf area duration (LAD)

وتمثل قدرة المحصول على إنتاج مساحة ورقية في وحدة المساحة من الأرض خلال مراحل حياته، وتحسب من العلاقة الآتية:

$$LAD \text{ (يوم)} = (L_1+L_2)/2 \times (t_2-t_1)$$

مكونات الغلة في نباتات المحاصيل: Yield components

تتوقف الإنتاجية في المحاصيل الحقلية على توفر عناصرها بمستوياتها المثالية؛ وتختلف هذه العناصر حسب نوع المحصول، وتتأثر المستويات المثالية من هذه العناصر بعدد كبير من العوامل، لاسيما تلك العوامل البيئية والزراعية.

1)- بالنسبة إلى محاصيل الحبوب مثل القمح، الشعير، الشوفان. إلخ، التي تسمى التفرعات فيها اصطلاحاً الإشطاءات (الإشطاءات المثمرة هي التي تحمل سنابل).

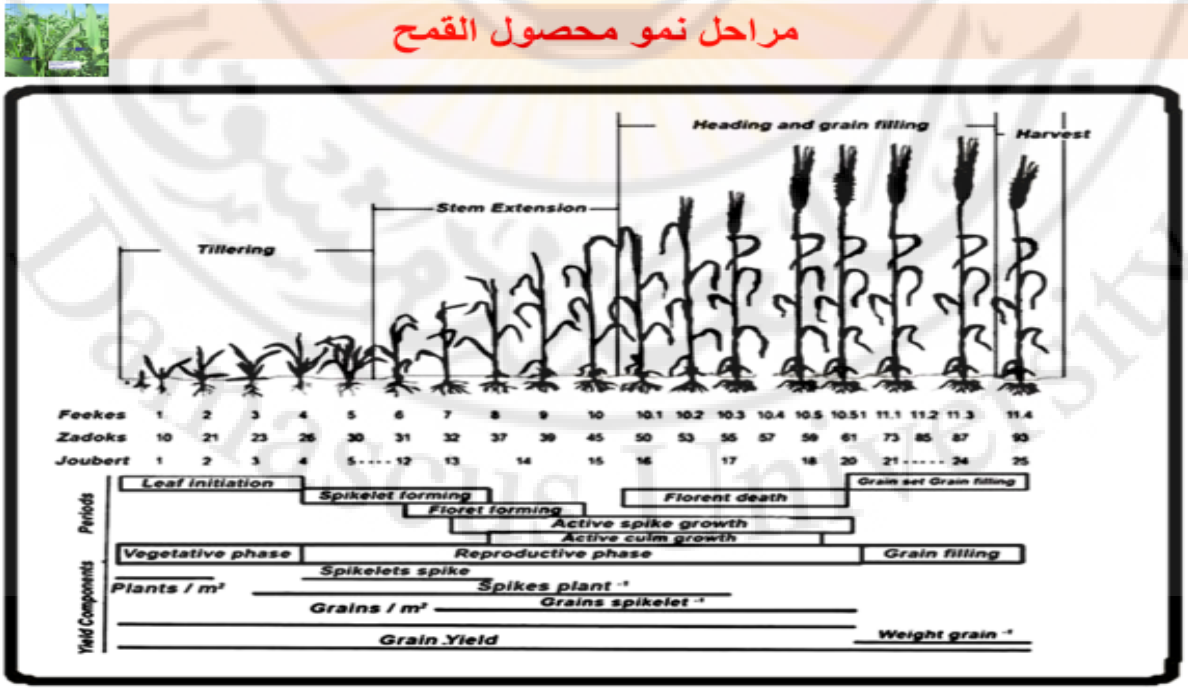
الغلة الحبية = عدد النباتات في وحدة المساحة × متوسط عدد الإشطاءات المثمرة في النبات × متوسط عدد الحبوب في السنبلة × متوسط وزن الحبوب.

2)- بالنسبة إلى المحاصيل البقولية، مثل: الفول، والعدس، والحمص. الخ.

الغلة = عدد النباتات في وحدة المساحة × متوسط عدد القرون الناضجة في النبات × متوسط عدد البذور في القرن× متوسط وزن البذور.

مراحل النمو والتطور في نباتات المحاصيل: Growth and development stages

يُعد الفهم الصحيح لمراحل تطور النبات عنصراً مهماً في إدارة نباتات المحاصيل بكفاية اقتصادية عالية، ومن أكثر المقاييس المستخدمة في تحديد مراحل تطور نباتات المحصول، هي: (Zadocks, Feekes, Haun) (الشكل، 1)، حيث يُعدُّ مقياس Feekes الأكثر انتشاراً (Jamse *et al.*, 1988). كما يمكن من خلال مقياس Haun وصف أي ورقة جديدة بالاعتماد على الورقة السابقة، فإذا اكتملت أول ورقة وكان طول الورقة الثانية يساوي نصف طول الورقة الأولى نقول إن النبات في المرحلة (Haun: 1.5)، أما (Haun 5.3) تعني أن النبات بمرحلة خمس أوراق مكتملة وظهور 30% من الورقة السادسة، ويعتمد هذا المقياس من طور امتلاء الحبة Booting إلى النضج Maturity على عدد الأوراق المنتجة على الساق الرئيس (Haun, 1973). يتم انتقال النبات من مرحلة لأخرى عند دخول 50-75 % من النباتات بهذه المرحلة، ويُحدد ذلك من خلال أخذ عينات تضم ما لا يقل عن 30 نباتاً ومن أماكن مختلفة.



الشكل 1: المقاييس المستخدمة في تحديد مراحل تطور محصول القمح.

الفصل الثالث

تقانات خدمة المحصول قبل الزراعة

Techniques of field crops production before sowing

تتحدد غلة المحاصيل الحقلية الكامنة Potential yield بمورثات النبات. وإنّ الزيادة الكبيرة في الغلة التي تم تحقيقها خلال العقود السابقة بسبب استنباط الهجن عالية الغلة (مثال هجن الذرة الصفراء) والأصناف عالية الغلة (مثال أصناف القمح القزمة)، الخصائص الأخرى مثل النوعية، مقاومة الأمراض، تحمل الجفاف تتحدد أيضاً بالتركيب الوراثي، أصبحت الهندسة الوراثية Genetic engineering الآن وسيلة مهمة لتغيير قدرة النبات (صفاته الكمية والنوعية Qualitative and quantitative traits).

يتأثر نمو النبات وتطوره أيضاً بمجموعة من العوامل البيئية، مثل: (الحرارة، والرطوبة، والإشعاع الشمسي، والهواء وتركيبه، وحموضة التربة، والعناصر المعدنية المغذية، وقوام التربة وبناؤها). كل واحد من هذه العوامل يمكن أن يكون عاملاً محدداً لنمو النبات، ولكن دائماً هناك تداخل بين هذه العوامل البيئية.

تتضمن المبادئ الأساسية في إنتاج المحاصيل الآتي:

1-الاستعمال الأمثل للموارد الزراعية (الأرض، والماء، والعمال، ورأس المال، وموارد أخرى).

2-اختيار أصناف المحاصيل المتأقلمة مع ظروف مناخية-زراعية محددة Agro-climatic condition، وخصوبة التربة، والموسم الزراعي وطريقة الزراعة.

3-اتباع الممارسات الزراعية المناسبة (الحراثة، وتجهيز قنوات الري والصرف، وتحسين تهوية التربة، وتسوية الأرض، وتبني ممارسات تحسين التربة).

4-تبني الأنظمة المحصولية المتعددة Multiple cropping ونظام الزراعة المختلطة Mixed cropping والزراعة التحميلية Intercropping، لتأمين الحصول على غلة حتى ضمن الظروف البيئية غير الملائمة.

5-إضافة الأسمدة في الموعد المناسب لتحسين خصوبة التربة وإنتاجية المحصول.

6-اختيار البذور ذات النوعية الجيدة للزراعة (نقية، حية، متجانسة، خالية من الأمراض،..الخ) لتأمين الكثافة النباتية المطلوبة في وحدة المساحة من الأرض والحصول على بادرات سليمة ومنتظمة.

7–الإدارة المناسبة لمياه الري حسب المحصول المزروع، وظروف التربة والبيئة، وبرمجة الريات حسب المراحل الحرجة لنمو المحصول (خاصةً الإزهار وامتلاء الحبوب).

8–اتباع إجراءات وقاية النبات الفاعلة لمكافحة الأعشاب والحشرات والأمراض والآفات الأخرى، وتصحيح أعراض الضعف والأمراض الفيزيولوجية في حال حدوثها.

9– تبني الممارسات المناسبة لتحسين كفاية استخدام المدخلات الزراعية (كفاية استخدام المياه WUE، كفاية استخدام الإشعاع الشمسيRUE، كفاية استخدام الأسمدة FUE).

10–تطبيق الطرق المناسبة في حصاد المحاصيل والحصاد في الموعد المناسب لتجنب فقد المحصول في الحقل نتيجة انفراط الحبوب، ولترك الأرض جاهزة للمحصول اللاحق في الدورة الزراعية من أجل الاستعمال الأفضل لرطوبة التربة المتبقيةResidual soil moisture .

11–اتباع تقانات ما بعد الحصاد Post harvest technology المناسبة من تجفيف ودراس وفرط للحبوب وتعبئتها وتعقيمها وتخزينها لوقت الاستهلاك.

أولاً–اختيار المحاصيل والأصناف Crops and Cultivars Selection:

منذ منصف القرن العشرين وعلماء تربية النبات يعملون على تحسين الغلة والنوعية للمحاصيل الرئيسة في العالم، قدّر Loomis و Williams (1963) أن الإنتاج الصافي الكامن Potential net production للمادة الجافة للمحصول تحت الظروف البيئية المناسبة يمكن أن يصل إلى 67 غ. م$^{-2}$. يوم$^{-1}$ أو ما يعادل 245 طناً.هكتار$^{-1}$. السنة$^{-1}$، إنّ المادة الجافة المسجلة تحت الظروف المتحكم بها Controlled conditions هي 55 غ. م$^{-2}$. يوم$^{-1}$. للأرز، 52 غ. م$^{-2}$. يوم$^{-1}$ للذرة الصفراء، 51 غ. م$^{-2}$. يوم$^{-1}$ للذرة البيضاء 30 غ. م$^{-2}$. يوم$^{-1}$ للقمح، و27 غ. م$^{-2}$. يوم$^{-1}$ لفول الصويا، هذا يعني الحاجة إلى طرز أكثر كفاية مقارنةً مع الإنتاج الكامن للمحاصيل.

إنّ الغلة الكامنة العظمى للنبات من الحبوب يمكن أن تكون 370 كغ. هكتار$^{-1}$. يوم$^{-1}$ أو ما يعادل 137 طن.هكتار$^{-1}$.السنة$^{-1}$ ، والغلة المسجلة التي تم ذكرها في العقد الأخير في أنحاء العالم، هي: 23.9 طن.هكتار$^{-1}$ للذرة الصفراء، 21.5 طن.هكتار$^{-1}$ للذرة البيضاء الحبية، 14.4 طن.هكتار$^{-1}$ للأرز، 14.1 طن.هكتار$^{-1}$ للقمح، 7.4 طن.هكتار$^{-1}$ لفول الصويا، هذه الغلة المسجلة زادت عن متوسط الغلة Average yield للعام نفسه وللدولة نفسها بمعدل 2 – 7 مرات.

إنّ القدرة الوراثية الكامنة لم تتحقق بسبب عدم القدرة على التحكم بالتربة، والمياه، والضوء، والحرارة، والممرضات Pathogens، والاختلاف بين الغلة المسجلة ومتوسط الغلة بسبب الجفاف، والفيضانات، والبرودة، والرياح، فضلاً عن الآفات والأمراض. لذلك فالجهود ضرورية لتقليل تقلبات الغلة بسبب الإجهادات البيئية الأحيائية Biotic stresses واللاأحيائية Abiotic stresses؛ وذلك بهدف المحافظة على مستويات الغلة الحالية على الأقل أو المحافظة على معدل الزيادة في الغلة إذا كان ممكناً.

اختيار المحصول Selection of crop:

يمكن تحليل الكفاية الإنتاجية Productive efficiency لمختلف المحاصيل على مستوى الدولة الواحدة باستخدام دليل متوسط الغلة النسبي للمحصول Relative average yield index (RAYI). ودليل الانتشار النسبي للمحصول Relative spread index (RSI).

$$\text{دليل متوسط الغلة النسبي للمحصول} = \frac{\text{متوسط الغلة للمحصول في مجموعة من المحافظات}}{\text{متوسط الغلة للمحصول في الدولة}} \times 100$$

$$\text{دليل الانتشار النسبي للمحصول} = \frac{\text{مساحة المحصول كنسبة مئوية من المساحة المزروعة في المنطقة}}{\text{مساحة المحصول كنسبة مئوية من المساحة المزروعة في الدولة}} \times 100$$

على فرض أنّ متوسط الغلة النسبي فوق 90% والانتشار النسبي فوق 90% يمكن اعتمادها كدليل للمناطق الأكثر كفاية نسبياً، يمكن تقسيم المساحة لكل محصول إلى 4 مناطق: 1-غلة عالية مع انتشار كبير 2-غلة عالية مع انتشار ضعيف 3-غلة منخفضة مع انتشار كبير 4-غلة منخفضة مع انتشار قليل. وبذلك يمكن تحديد المناطق الأكثر كفاية لإنتاج أهم المحاصيل في الدولة أو المحافظة.

اختيار الصنف Cultivar selection: إنّ حالة الأصناف/الهجن متحركة dynamic وأصناف/هجن جديدة يتم اعتمادها بشكل ثابت، بالمقابل هناك أصناف يمكن أن تخرج عن الاستخدام. يجب أن يُراجع المزارعون الذين يهدفون للحصول على غلات عالية بشكل منتظم سنوياً اختيارهم للأصناف، معتمدين في اختيارهم للصنف على مجموعة من العوامل، أهمها:

1-الغلة الكامنة للصنف. Yielding potential

2-النوعية لإرضاء رغبة المستهلكين. Quality

3-المقاومة لأهم الآفات والأمراض. Resistant to major pests and diseases

4- الحساسية للفترة الضوئية. Photoperiod sensitivity

5-التأقلم البيئي. Environmental adaptability

6-ثباتية الغلة. Yield stability

7-النضج. Maturity

1-الغلة الكامنة للصنف: يمكن أن تكون غلة أفضل الأصناف 12 – 15% أعلى من الصنف الشاهد في المنطقة، وهذا يمكن أن يؤدي إلى زيادة كبيرة في عوائد المزرعة.

إذا كانت غلة الصنف الشاهد حوالي 6.1 طن/هكتار، فإنّ زيادة مقدارها 15% تؤدي إلى غلة حوالي 7.0 طن/هكتار بالمقابل النقصان بنسبة 15% يعطي غلة مقدارها 5.2 طن/هكتار، وبالتحويل إلى تعبير مادي سيؤدي إلى فرق ملحوظ في العوائد الكلية والربحية للمزرعة. يمكن لصنف أن يعطي غلة جيدة في منطقة أو موقع معين مقارنة مع مواقع أخرى، مثل هذه المعلومات مهمة للمزارع لاختيار الصنف المناسب لمزرعته، وقد تمّ تطوير العديد من الأصناف الملائمة لكل منطقة استقرار في القطر العربي السوري Site specific cultivars من قبل المؤسسات البحثية مثل الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا).

2-النوعية: تتطلب زراعة المحاصيل للاستهلاك البشري صفات نوعية محددة، مثل: اللون، والتركيب، والطعم والمذاق..الخ. مثال يجب أن تحتوي بذور الشعير على نسبة كبيرة من النشاء لتصنيع البيرة، ويجب أن تكون بذور القمح ذات مواصفات خاصة في حال استخدامه لتصنيع الطحين والخبز والمعكرونة والبسكويت.الخ.

3-المقاومة للآفات والأمراض: من أجل تقليل الاعتماد على استخدام المبيدات الكيميائية لمكافحة الآفات تُعدّ الأصناف المقاومة للآفات أهم وسيلة ممكنة، وقد تمّ تطوير العديد من الأصناف المقاومة للأمراض والحشرات في سورية؛ بالاعتماد على بعض صفات المقاومة، مثل: النضج المبكر، وحيوية البادرات Seedlings vigour، وهندسة الغطاء النباتي Plant Architecture التي لا تناسب نمو بعض الآفات.

4-الحساسية للفترة الضوئية: إنّ تطوير أصناف غير حساسة للفترة الضوئية مهم جداً في النظم المحصولية المتعددة Multiple cropping system بحيث تكون أكثر مرونة بالنسبة لموعد زراعتها، وهذا يسمح بزراعة محصولين أو أكثر في العام وخصادهما.

5-التأقلم البيئي: إن تأقلم الصنف لتحمل الإجهادات البيئية تؤثر على اختيار المزارع للصنف المراد زراعته، مثال: هناك أصناف من الشعير والقطن أكثر تحملاً للملوحة والجفاف مقارنة مع أصناف أخرى ، لذلك يفضل في الترب المالحة أو عند الري بمياه مالحة زراعة هذه الأصناف.

6-ثباتية الغلة: تُعد ثباتية الغلة صفة معقدة نتيجة تداخل التركيب الوراثي للصنف مع التحمل لظروف الإجهادات، وهي ذات أهمية كبيرة بالنسبة للمزارعين ، مثال: إنّ ثباتية الغلة في الذرة البيضاء هي نتيجة الاختلاف في فترة نضج المحصول. إنّ الأصناف ذات النضج المبكر تبدي ثباتية غلة أكبر من متأخرة النضج، وإنّ الصفات المسؤولة (المورثات) عن الغلة العالية وثباتية الغلة ليست قريبة ومتبادلة؛ لذلك يمكن تحديد الصفة المسؤولة عن ثباتية الغلة وانتخابها في الأصناف عالية الغلة.

7-النضج: إنّ الفترة اللازمة لنضج المحصول حرجة تحت ظروف الزراعة المطرية والمروية، في حال الزراعة في المناطق الجافة Dryland farming تُنتخب وتزرع الأصناف بحيث تناسب طول موسم نمو المحصول لتجنب الإجهاد المائي في نهاية موسم النمو الذي يمكن أن يؤدي إلى غلة ضعيفة، أيضاً في الزراعة المروية يجب أن تكون فترة نمو المحصول متناسبة مع فترة توفر مياه الري. في حال الزراعة التكثيفية Intensified cropping system يجب اختيار الأصناف ذات النضج المبكر التي تمكن من زراعة أكثر من محصول بالعام نفسه.

ثانياً-عملية الحراثة وتجهيز مهد البذور Tillage and seedbed preparation:

تَعرّف عملية الحراثة Tillage بأنها تعديل التربة باستخدام أدوات الحراثة ومعداتها للحصول على ظروف مثالية لإنبات البذور، وتأسيس البادرات ونمو المحصول، والغرض الأساسي من الحراثة بشكل عام تجهيز مهد البذور، كسر دورة حياة العشب والحشرات والأمراض في التربة، ودفن البقايا النباتية، ودفن الأسمدة والمخصبات وخلطها في التربة، وكسر القشرة السطحية والطبقة الصماء في التربة. ولتحقيق هذه الأهداف يتم حراثة التربة وقلبها. إنّ شدة الحراثة وعمقها تعتمد على موقع الزراعة، ونوع التربة من جهة، ونوع آلة الحراثة المستخدمة ونوع المحصول المزروع من جهة أخرى.

الحراثة وتوفير المياه Tillage and water availability: إنّ قدرة التربة لتأمين حاجة المحصول من المياه تتوقف على صفاتها الفيزيائية التي تتأثر بدورها بعملية الحراثة، تؤثر الحراثة وإدارة الأرض في وفرة المياه للمحاصيل المزروعة من خلال تأثيرها في حجز المياه Water retention في سطح التربة، وتشرب التربة للمياه Water infiltration والجريان السطحي للمياه Surface runoff، واختزان المياه في التربة Water storage وأخيراً تبخر المياه من التربة Water evaporation.

تجهيز مهد البذرة Seedbed preparation: يعتمد نوع الحراثة بشكل أساسي على متطلبات المحصول المزروع وخصائص التربة، بشكل عام تُعدُّ الحراثة الخطوة الأولى لتجهيز مهد البذور، بالرغم من أنه بدءاً من عام 1970 تغيرت هذه القاعدة وأصبح التوجه نحو الحراثة المخففة أو تقانة البذر المباشر Direct seeding، أو نظام الزراعة الحافظة Conservation Agriculture.

عمق الحراثة Ploughing depth: لا يوجد هناك اتفاق على عمق محدد للحراثة، لكن بشكل عام زيادة عمق الحراثة أكثر من المطلوب لغرض محدد في إنتاج المحاصيل ربما لا يؤدي إلى تحسين الغلة.

في الترب التي تجف بسرعة تكون الحراثة السطحية Shallow tillage مفيدة لتقليل فقدان المياه من طبقات التربة العميقة، الحراثة العميقة Deep tillage مرغوبة لاستئصال الأعشاب المعمرة Perennial weeds وكسر الطبقة الصماء Subsoil hard pan وتحسين صحة التربة ضد الآفات. عادةً عمق الحراثة حتى 20–25 سم كافٍ لمعظم المحاصيل الزراعية، وربما المحاصيل الحبية Cereals لا تحتاج إلى هذا العمق.

متطلبات مهد البذرة Seedbed requirements: يجب أن يكون هناك اتصال وثيق بين البذرة والتربة لتمكين البذرة من امتصاص الماء الضروري للإنبات، يجب أن تكون التهوية جيدة في التربة لتأمين متطلبات إنبات البذور من الأكسجين، ولا يمكن وضع البذور على أعماق كبيرة، لأنّ المدخرات الغذائية فيها ربما تكون غير كافية لتأمين وصول السويقة الجنينية إلى سطح التربة، بالمقابل إذا تم وضع البذور على عمق سطحي فإن رطوبة التربة غير كافية لتأمين الماء الكافي لإنبات البذور.

تغيير مفهوم الحراثة Changing concepts of tillage:

إنّ طرق الحراثة التقليدية التي تمّ تطويرها خاصةً في المناطق الرطبة المعتدلة قد أدت إلى تأثيرات كارثية بسبب زيادة انجراف التربة Soil erosion، أشار Arnon (1972) إلى أنّه تحت الظروف محدودة الهطولات المطرية Limiting rainfall فإن الحراثة على الجلد (من دون حراثة Clean fallow) تحفظ رطوبة التربة ليستفيد منها المحصول لاحقاً. منذ ذلك الوقت بدأ مفهوم الحراثة التقليدية يختفي خاصةً في المناطق المعتدلة الرطبة لتظهر مفاهيم جديدة للحراثة تهدف إلى حماية التربة بزراعة المحاصيل أو الإبقاء على بقايا المحاصيل فوق سطح التربة خلال فترات تبوير الأرض أو الفترة بين الموسمين الزراعيين أو ما يُعرف بالزراعة على البقايا النباتية Stubble mulch farming، وظهر بعدها مفهوم الحراثة المخففة

Minimum tillage وهي طريقة تهدف إلى تقليل فلاحة التربة إلى الحدَّ الضروري لتأمين مهد بذور جيد، وإنبات سريع، وكثافة نباتية جيدة مع ظروف مناسبة لنمو النبات حتى ظهر نظام الزراعة الحافظة.

ثالثاً– البذور والزراعة Seeds and Sowing:

تُعدُّ البذرة صلة الوصل الحية Living link بين الآباء والأنسال، تُعرّف البذرة حيوياً بأنها مبيض مُخصَب ناضج ووحدة التكاثر للنباتات الزهرية، وتُعرّف زراعياً بأنها عضو حي للمحصول بشكل أولي تُستخدم للتكاثر، ويمكن أن تكون أي جزء من المحصول التي منها سيزرع محصول جديد. تُعدّ البذرة وحدة التكاثر لمعظم المحاصيل الزراعية، لذلك فإنّ نجاح إنتاج المحصول يعتمد على تأسيس مجموع نباتي كافٍ للاستخدام الأمثل للموارد الطبيعية المتاحة والمدخلات الزراعية المُضافة.

تُعرّف عملية الزراعة/البذر Sowing بأنها وضع البذور في مهد البذور على العمق المناسب حيث تكون ظروف التربة مثالية للإنبات وتأسيس كثافة نباتية جيدة، بينما يشير مصطلح الزراعة Planting إلى وضع البادرات أو الدرنات أو العقل.الخ في مهد البذرة لتأسيس المحصول ونموه، وعند تأسيس مشتل في مكان منفصل ونقل الشتول لزراعتها في الحقل المستديم يُطلق مصطلح الزراعة Transplanting.

رابعاً–موعد الزراعة Time of sowing:

إنّ المبدأ الأساسي لتحديد موعد الزراعة أنّ المراحل التطورية المختلفة للمحصول يجب أن تترافق مع ظروف الطقس المثالية اللازمة للنمو والتطور؛ للحصول على إنتاج مربح. إذا تأجل هطول الأمطار أو لم تتوفر مياه الري للزراعة في الموعد المحدد، عندها فإنّ توفر المعلومات عن الموعد المثالي لزراعة كل محصول تُساعد المزارع في اختيار المحصول الأكثر انتاجيةً من المحصول المقترح زراعته أصلاً، ربما تستجيب الأصناف المختلفة من المحصول نفسه بشكل مختلف لمواعيد الزراعة، مثل هذه المعلومات مهمة للمزارعين لإنتاج المحاصيل في الحالات المختلفة.

من المعروف أن الزراعة المبكرة للمحصول بشكل عام في الموسم الزراعي أفضل من الزراعة المتأخرة، لكن بالنسبة للمحاصيل الشتوية تحت ظروف الزراعة المطرية، فإنّ الزراعة المبكرة لهذه المحاصيل ربما تُعرّض المحصول للإجهاد المائي بسبب عدم كفاية الهطولات المطرية خلال مرحلة النمو الخضري. إن انخفاض الغلة نتيجة الإجهاد المائي خلال مرحلة النمو الخضري أقل مقارنةً مع حدوث الإجهاد المائي خلال مرحلة النمو الثمري. تُعدُّ المحاصيل/الأصناف البديلة Alternative crops and

cultivars في هذه الحالة خياراً مناسباً؛ للحصول على عائد اقتصادي من الأرض أفضل من فشل المحصول الرئيس.

أشارت بعض الأبحاث المنفذة في المحطات البحثية إلى أنّ الزراعة الجافة (العفير) Dry seeding تكون أفضل عندما لا تسمح التربة بالزراعة مباشرةً بعد هطول الأمطار (الترب الطينية الثقيلة Vertisols)، ويتم إجراؤها في حال توقع حدوث هطولات مطرية، وتهدف إلى تأسيس غطاء نباتي للمحصول بشكل مبكر للاستفادة القصوى من الهطولات المطرية خلال موسم نمو المحصول.

أهمية موعد الزراعة في نمو المحصول وزيادة الإنتاجية: يعد موعد الزراعة من أهم العوامل البيئية المؤثرة في زراعة المحصول وذلك لارتباطه بدرجة الحرارة والرطوبة، حيث يحقق موعد الزراعة المبكرة ظهوراً سريعاً للبادرات. وقد وجد أن النباتات المزروعة التي أنبتت حبوبها أولاً قد أعطت أوراقاً كبيرة الحجم ذات مساحة ورقية كبيرة قادرة على امتصاص أكبر للأشعة الشمسية، مما أدى بالنتيجة إلى تراكم أفضل للمادة الجافة (Pommel *et al.*, 2002). يُسهم اختيار الموعد الأمثل فعلياً لزراعة الذرة الصفراء (15 نيسان – 15 أيار) بزيادة في غلة المحصول من الحبوب مقدارها 19 – 53 %، حيث تبين أن هناك زيادة في الغلة عن كل يوم تبكير في الزراعة (أي عن كل يوم زيادة في طول فترة نمو المحصول)، بالمقارنة مع المحصول ذي فترة النمو القصيرة (Christofer ، 2008) وأشار Bauder وآخرون (2003) إلى انخفاض الغلة الحبية بنسبة 2–5% عند زراعتها بفارق 12 يوماً قبل الموعد المثالي المحدد أو بعد.

يجب الإشارة إلى أن **صفة الباكورية** صفة جيدة لدى الصنف تحت ظروف الزراعة المطرية للهروب من الجفاف وارتفاع درجة الحرارة خلال المراحل الحرجة من حياة النبات حيث تؤدي الحرارة العالية إلى جفاف المياسم وضعف حيوية حبوب اللقاح؛ مما يؤثر سلباً في عملية الإخصاب، وينقص عدد الحبوب في السنابل؛ وبالتالي نقص الغلة الحبية. يكون عدد الأيام اللازمة للوصول إلى مرحلة النمو الثمري (الإزهار حتى النضج) عند التأخير بالزراعة أقل مقارنة مع الزراعة بموعد مبكر، ويعزى ذلك إلى أنّ النبات يسرع المراحل التطورية تحت ظروف الزراعة المتأخرة، مما يؤدي لدخول مبكر في مراحل النمو الثمري، لذلك في الزراعة المبكرة يقل عدد الأيام اللازمة لوصول النبات إلى التسنبل والإزهار حيث إن الزراعة في وقت مبكر تُسهم في استفادة النبات من كامل الموسم المطري، وكمية أكبر من العناصر المعدنية المغذية في التربة فتزداد فترة النمو الخضري وينعكس إيجابياً على الغلة الحبية للمحصول (Cai وزملاؤه 1993

وArause وزملاؤه 1998). يزداد طول النبات وعدد الإشطاءات عند زراعته بموعد مبكر نتيجة زيادة فترة النمو الخضري وتشكيل مجموع خضري كبير نسبياً مع الاستفادة القصوى من كميات الهطول المطري منذ بداية الموسم (Mardeha وزملاؤه 2006)، ينخفض عدد السنابل عند التأخير بالزراعة؛ مما يؤدي إلى قلة عدد الحبوب ووزنها بالنبات؛ وبالتالي الغلة من الحبوب نتيجة النمو الخضري السريع وعدم الاستفادة من الأمطار الشتوية بشكل كامل؛ وبالتالي ضعف نمو النبات لذلك من الضروري التبكير بالزراعة لأن الإشطاءات المثمرة (السنابل) أحد المكونات الرئيسة للغلة في محاصيل الحبوب.

خامساً-معدل البذار Seed rate:

يُحددّ معدل البذار لمحصـــول معين الكثافة النباتية النهائية Final plant density، ويجب الأخذ في الحســبان عند حســاب معدل البذار نســبة الإنبات Germination percentage ، وقدرة البادرات على الاســترســاء Establishment الذي يمكن أن تنخفض تحت الظروف غير المناسـبة Adverse conditions، وهناك عدة عوامل يمكن أن تؤثر في إنبات البذور مثل البذور صـــغيرة وغير طبيعية أو غير متطورة، غلاف بذرة قاسٍ أو وجود مثبطات لتشرب الماء في غلاف البذرة، بذور مصـابة بالأمراض أو الجنين غير مكتمل/متطور. بينما العوامل التي تؤدي إلى اســترســاء ضـــعيف للبادرات مثل مهاجمة الطيور أو القوارض، مهد البذور صلب أو غير مجهز بشكل جيد، الزراعة على أعماق كبيرة، رطوبة تربة منخفضة وتأثير سمي للأسمدة المضافة.

عادةً ما يتم تحديد معدل البذار على أســـاس وزن البذور في وحدة المســـاحة بغض النظر عن حجم/وزن البذور، ولكن حســب وزن البذور فإنّ عدد البذور في وحدة المســاحة يختلف بشــكل ملحوظ، لذلك فإنّ عدد البذور في وحدة المساحة أهم من وزن البذور في وحدة المساحة، وهذا يتطلب معرفة الوزن الاختباري Test weight لبذور المحصـول المراد زراعته لحسـاب معدل البذار والحصـول على الكثافة النباتية المطلوبة، مثال: صنف قمح فيه وزن الـــ1000 بذرة 40 غ وصنف آخر 50 غ ، لزراعة 350 بذرة/م^2 فإن معدل البذار المطلوب 140 و 175 كغ/هكتار على التوالي للصنفين. ودائماً يُفضل استخدام معدل بذار أكثر من الموصـــى به، وهذا يتوقف على مجموعة من العوامل، منها: الزراعة المتأخرة ، والترب ســيئة الصــرف، ومهد بذور صــلب ، وعدم تحلل البقايا النباتية بشــكل جيد، وبذور ذات وزن منخفض، وبذور ذات نسبة انبات منخفضة، ومشكلة الأعشاب والآفات الحشرية والفطرية، ورطوبة تربة غير كافية للإنبات.

حساب كمية البذار اللازمة للزراعة: يمكن حساب كمية البذار اللازمة لزراعة محصول معين بتطبيق المعادلة الآتية:

$$\text{كمية البذار (كغ.هكتار}^{-1}) = \frac{\text{المساحة المزروعة (م}^2) \times \text{وزن الألف بذرة (غ)} \times 100 \times 100}{\text{المسافات الزراعية (م}^2) \times \text{نسبة الإنبات} \times \text{نسبة النقاوة} \times 1000 \times 1000}$$

مثال ، أنّ:

المسافات الزراعية=75 ×30 سم، نسبة الإنبات 90%، نسبة النقاوة= 90%، وزن الألف بذرة= 250غ.

$$\text{كمية البذار (كغ.هكتار}^{-1}) = \frac{10000\text{م}^2 \times 250\ \text{غ} \times 100 \times 100}{0.75\text{م} \times 0.30\text{م} \times 90 \times 90 \times 1000 \times 1000}$$

$$= 250 / 18.22 = 13.72\ \text{كغ.هكتار}^{-1}$$

يُضاف لهذه الكمية 5% لإجراء عملية الترقيع، فتصبح الكمية المُضافة: 13.72×0.05 = 0.689

وتصبح كمية البذار الكلية = 13.72+0.689 = 14.41 كغ.هكتار$^{-1}$

حساب الكثافة النباتية في الحقل: يُقصد بالكثافة النباتية عدد النباتات في وحدة المساحة.

مثال: ما عدد النباتات من الذرة الصفراء المزروعة في هكتار واحد إذا علمت أنّ المسافات الزراعية هي 75سم بين خطوط الزراعة و 30 سم بين النباتات.

$$\text{الكثافة النباتية/الهكتار} = \frac{\text{المساحة المزروعة (م}^2)}{\text{المسافات الزراعية (م}^2)} = \frac{10000\ \text{م}^2}{0.30 \times 0.75} = 44444\ \text{نبات}$$

تأثير معدل البذار في نمو المحصول والغلة ومكوناتها:

تظهر عند الكثافة المناسبة الإنتاجية الجيدة نتيجة الاستخدام المناسب لاحتياطي التربة من الرطوبة والعناصر الغذائية. تؤدي زيادة الكثافة إلى زيادة الغلة من الوزن الأخضر والحبوب لكن لحدود معينة، حيث تنخفض الغلة عند تجاوز هذه الحدود؛ لأن الكثافة العالية جداً تسبب تظليل النباتات لبعضها وتطاولها، وعدم نمو المجموع الجذري وتطوره بشكل جيد، وتباطؤ النمو، وانخفاض عملية التمثيل الضوئي، وانخفاض في مكونات الغلة العددية وعادة ما تصاب مثل هذه النباتات بأمراض مختلفة.

تزداد غلة الحبوب مع زيادة الكثافة النباتية في البداية؛ لأن مقدار الزيادة في الغلة، نتيجة لزيادة عدد النباتات يكون أكثر من مقدار النقص في الغلة الناتج عن انخفاض غلة النبات الواحد، وترتفع هذه الزيادة

وصولاً إلى الكثافة المثلى وهي النقطة التي يتساوى فيها مقدار الزيادة مع مقدار النقص في الغلة، وأي زيادة في الكثافة النباتية فوق الكثافة المثلى ستؤدي إلى نقص في غلة الحبوب في وحدة المساحة بسبب نقص غلة النبات الواحد.

تعد مسألة توفر الرطوبة في الفترات الحرجة من حياة النبات من الأمور المهمة؛ لأنها لا تُحسّن فقط من العمليات الاستقلابية داخل خلايا النبات، بل تزيد أيضاً من فاعلية انتقال العناصر المعدنية الغذائية إلى النبات، لذلك فإن أي درجة من الإجهاد المائي قد ينتج عنها تأثيرات سلبية في نمو النبات والغلة من المحصول (El–Monayeri وزملاؤه، 1984). بيّن Sani وزملاؤه (2008) من خلال دراسة تأثير ثلاث كثافات نباتية (38، 53، و66 ألف نبات/ هكتار) وثلاثة أنواع من نظم الري (ري كامل، 75%، و50% من حاجة النبات بكل مرحلة من مراحل النمو) في نمو وغلة الذرة الصفراء، أن الري الكامل لم يكن اقتصادياً، بينما الري بمعدل 75% من حاجة النبات من المياه كان الأفضل والأجدى اقتصادياً؛ لأنه أعطى غلة مشابهة وبالوقت نفسه تم توفير 25% من المياه، وأن الكثافة النباتية 66 ألف نبات/ هكتار كانت الأفضل من حيث الغلة العالية والحماية الأفضل للتربة. وبيّن Dehdashti و Riahinia (2008) أنه مع زيادة الكثافة النباتية ازداد معدل الوزن الكلي اليومي، ودليل المسطح الورقي، ومعدل نمو المحصول. تعد صفة طول النبات من الصفات الشكلية المهمة إلى جانب عدد الإشطاءات في النبات. يزداد طول النبات عند معدل البذار العالي نتيجة التنافس الشديد على الضوء، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدل انقسام الخلايا النباتية وسرعته، ويزداد طول السلامية الواحدة (Easson وزملاؤه 1993).

لا تستطيع جميع الإشطاءات تكوين سنابل حيث إن عدداً منها يموت قبل التسنبل، ويرتبط ذلك بالطراز الوراثي، وتعد إحدى مكونات الغلة. وجد Salem وزملاؤه (2000) أنّ زيادة معدل البذار مع التبكير بالزراعة يؤدي إلى زيادة عدد السنابل بوحدة المساحة، ويقل عدد الحبوب ضمن النبات بسبب التنافس الشديد بين النباتات على الماء والعناصر الغذائية عند الكثافة العالية خاصةً تحت ظروف الجفاف؛ مما يؤدي إلى مجموع خضري صغير وتشكيل كمية أقل من المادة الجافة غير كافية لملء جميع الحبوب بالسنبلة (Noworolnik، 2007)، فمعدلات البذار العالية تعطي غلة حبية ووزن حبوب أقل، ويفسر ذلك نتيجة المنافسة الشديدة بين النباتات على الماء والمواد الغذائية عند الكثافات الزراعية العالية، مما يؤثر سلباً في النمو (Donovan وزملاؤه، 2011). وبسبب زيادة حجم الحيز الغذائي للنباتات عند الكثافات القليلة مقارنة مع الكثافات العالية يزداد معدل نمو النبات، ويشكل مسطحاً ورقياً كبيراً نسبياً، فتزداد كفاية

النبات التمثيلية، ويزداد معدل تصنيع المادة الجافة وتراكمها خلال مرحلة امتلاء الحبوب، وبالتالي يزداد وزن الألف حبة، ويؤدي ذلك إلى زيادة الغلة الحبية، وزيادة غلة القش عند الكثافات المنخفضة، بينما تقل في معدلات البذار العالية.

سادساً- طريقة الزراعة Method of sowing:

تُعرّف طريقة الزراعة بأنها العملية التي يتم بواسطتها وضع التقاوى/البذور في التربة سواء كانت تلك التقاوى عبارة عن بذور أو شتلات أم أجزاء خضرية، وذلك في الوقت الذي تتوفر فيه أفضل الظروف بالطريقة التي تسمح بإنبات تلك التقاوى ونموها وإكثارها، تزرع المحاصيل بطرق مختلفة، أهمها:

1-طريقة الزراعة نثراً: يقوم المزارع ببذار أو نثر التقاوى فوق سطح الأرض باليد، وما تزال هذه الطريقة سائدة في كثير من مناطق العالم التي لا تستعمل فيها آلات البذر المباشر حتى في البلاد المتقدمة زراعياً كالولايات المتحدة، حيث ما زالت تتبع هذه الطريقة خصوصاً في بذر تقاوى بعض المحاصيل كالرز أو في الحقول الصغيرة أو غير منتظمة الشكل أو التي من الصعوبة استعمال الآلة فيها نتيجة وجود عوائق فيها تمنع سير الآلة كالمناطق الجبلية، تستعمل هذه الطريقة في زراعة الكثير من المحاصيل التي لا يشغل فيها النبات الواحد حيزاً كبيراً والتي لا تحتاج إلى عزق بعد زراعتها كالقمح والشعير والكتان والرز والبرسيم.

2- التلقيط خلف المحراث: يقوم المزارع عند استعماله هذه الطريقة بحرث الأرض بالمحراث البلدي حرثاً غير عميق والأرض مستحرثة (أي بها نسبة من الرطوبة لإنبات البذور) ويسير خلف المحراث في أثناء عمله عامل يضع التقاوى غالباً على مسافات متساوية تقريباً بحيث تسقط التقاوى في الأخدود الذي يشقه سلاح المحراث ثم تزحف الأرض لتغطية التقاوى بزحافة خفيفة أو بالمحراث نفسه، وهذه الطريقة من الزراعة شائعة الاستعمال في زراعة بعض المحاصيل كالذرة والبقوليات الشتوية، وتؤدي هذه الطريقة إلى توزيع التقاوى على شكل سطور أو صفوف في الأرض المستوية على مسافات محددة بين البذور.

3-الزراعة على سطور: تتم زراعة التقاوى في صفوف أو سطور بينها مسافات معينة بواسطة آلة التسطير الميكانيكية، وتُعدُّ آلة التسطير أفضل وسيلة لبذر المحاصيل ذات الحبوب الصغيرة كالقمح والشعير في المساحات الواسعة، فتعمل هذه الآلات على توزيع البذور بشكل منتظم بالحقل، وفي أعماق ثابتة؛ مما يعمل على تنظيم الإنبات، فضلاً على أنها تعمل على تغطية البذور والاقتصاد في كمية البذار.

4–**الزراعة على خطوط:** وفي هذه الطريقة تخطط الأرض حسب المسافات المناسبة لكل محصول ثم توضع البذور ضمن الخطوط في جور متباعدة عن بعضها حسب المسافة المرغوبة لكل محصول، فمثلاً في القطن 20 سم بين الجورة والأخرى، 35 سم في الذرة الصفراء، 25 سم في الذرة البيضاء، وتُعمل الجور إما باليد إذا كانت التربة هشة ومفككة والمسافة صغيرة أو بواسطة الفأس، وقد تكون الجور على ريشة واحدة أو بجانب واحد على الخط أو متقابلة على ريشتي الخط أو متبادلة، وذلك بحسب كثافة النباتات المطلوبة في الحقل، وتتلخص فوائد الزراعة على خطوط فيما يأتي:

1– ضبط المسافات بين النباتات وانتظامها.

2– سهولة تنظيم الري، إذ يصل الماء إلى المجموع الجذري بطريقة الترشيح وهو الأفضل.

3–سهولة العزق والتعشيب، للتخلص من الأعشاب أو لجمع التراب حول النباتات (التحضين).

4– سهولة التهوية، والاستفادة من درجات الحرارة، وهذا يؤدي إلى زيادة إنتاجية المحصول.

5– طريقة الزراعة بالشتول: المقصود بهذه الطريقة هو إنبات البذور اللازمة لزراعة مساحة كبيرة في مساحة صغيرة من الأرض تُسمى بالمشتل، ثم نقل هذه الشتلات إلى الأرض المستديمة عند تجهيزها وهذه الطريقة شائعة الاستعمال في زراعة الأرز والتبغ وكثير من الخضراوات. ومن ميزات هذه الطريقة عن غيرها من طرق البذار إنها تقتصد في كمية التقاوى ومياه الري، وتسهل مقاومة الأمراض والأعشاب في المستقبل والزراعة المبكرة للمحصول والنضج المبكر، وتساعد على التوزيع الجيد للنباتات في الحقل؛ وبالتالي زيادة الغلة بنسبة تصل إلى 30% ونوعية المنتج.

العوامل المؤثرة في اختيار طريقة الزراعة المناسبة: هناك عدة عوامل تؤثر في اختيار طريقة الزراعة المناسبة، هي: نوع المحصول، ونوع التربة، ونوع البذور، وانتشار الأعشاب في الأرض، وموعد الزراعة، والعوامل المناخية، والغرض الذي يزرع من أجله المحصول.

الفصل الرابع: تقانات خدمة المحصول بعد الزراعة
Techniques for crop management after cultivation

يقصد بعمليات الخدمة بعد الزراعة تلك العمليات الزراعية التي يقوم بها المزارع لخدمة المحصول منذ زراعته حتى الحصاد، فإذا أدى المزارع هذه العمليات بعد الزراعة بنجاح جنى في النهاية كفاحه في صورة محصول جيد نوعاً وكماً. ويمكن حصر أهم عمليات خدمة المحصول بعد الزراعة بما يأتي:

أولاً– مساعدة البادرات على اختراق سطح التربة: بعد إنبات البذرة فإن البادرة تبدأ في اختراق التربة للظهور فوق سطح الأرض، وذلك عن طريق اختراق ريشة النبات المدببة للتربة أو بواسطة ضغط الساق الذي يكون مقوس الوضع إلى أعلى، فيضغط على التربة التي تغطيه محدِثاً شقاً يمرُّ منه الساق ساحباً معه الأوراق الأولى، حيث تعتمد البادرة في غذائها على الغذاء المخزن في البذرة قبل ظهورها فوق سطح الأرض، فاذا خرجت قبل نفاد هذا المخزون تمكنت من الاعتماد على نفسها في الحصول على غذائها وأكملت دورة حياتها. أما إذا تأخرت في الظهور نتيجة صعوبة اختراقها للتربة بعد استنفادها الغذاء المخزَّن قبل ذلك فإنها تموت، مما يستدعي المزارع الناجح إلى مساعدة هذه البادرات على الخروج فوق سطح التربة بالسرعة الممكنة وذلك باتباعه بعض الوسائل العملية لتشجيع البادرات على الظهور، ومنها:

1– خربشة سطح التربة: والمقصود بهذه العملية هو عزق الأرض عزقاً سطحياً لعمق 2–5 سم، مما يعمل على تنعيم التربة إن كانت خشنة أو كبس التربة حول البذور إذا كانت مفككة، مما يزيد قوة التلامس بين حبيبات التربة وباطنها كما تعمل هذه العملية على تكسير القشرة السطحية المتصلة كما في الأراضي الطينية الثقيلة بعد جفافها، فتساعد على تفككها، فيسهل على البادرات اختراق التربة دون صعوبة، كذلك تعمل هذه العملية على التقليل من تبخر الرطوبة والقضاء على بادرات الأعشاب الضارّة.

2– الري الخفيف: والمقصود بهذه العملية هو إعطاء رية خفيفة بعد الزراعة بفترة تتراوح بين 4–7 أيام حسب نوع المحصول والتربة والظروف الجوية السائدة وموعد الزراعة، وتتبع هذه الطريقة في حالات عديدة منها في حالة الأراضي الثقيلة حيث تتشكل عند جفافها قشرة متصلبة تمنع ظهور البادرات. فإعطاء الرية تبقي الأرض رطبة ولا تتشقق أو تشكل تلك الطبقة المتصلبة.

ثانياً– التفريد Thinning:

يميل المزارع إلى المغالاة في إضافة التقاوى إلى الأرض عند الزراعة ورغبة منه في ضمان إنبات العدد الكافي من البذور ونمو عدد النباتات اللازمة لإعطاء أكبر محصول ممكن، وكثيراً ما تكون عوامل الإنبات جيدة ومتوفرة، فيظهر في الحقل عدد كبير من النباتات المزدحمة والزائدة عن الحدّ المناسب؛ مما يستدعي إجراء عملية خف النباتات عن طريق قلع أو تقطيع النباتات الزائدة بقصد تقليل كثافة النباتات في الحقل إلى الحد الملائم للقدرة الإنتاجية للأرض.

لا تجري عملية التفريد في جميع المحاصيل، فمحاصيل القمح والشعير والكتان لا تُفرّد مثلاً، لأنها كثيفة النمو، ولكن يُعدّ التفريد عملية أساسية في حالة المحاصيل التي تزرع في جور أو على مسافات؛ لأن كمية المحصول وجودته تتأثر بكثافة النباتات وانتظام توزيعها في الحقل، وتتلخص أهداف عملية التفريد بالآتي:

1– تقليل عدد النباتات في الحقل إلى العدد المناسب أو الكثافة المطلوبة في وحدة المساحة لتقليل التزاحم والتنافس بين النباتات، وبالتالي توفير مصادر النمو اللازمة للنباتات الباقية في الحقل بعد التفريد.

2– التخلص من النباتات الضعيفة أو المصابة بالأمراض والحشرات والإبقاء على النباتات السليمة القوية مع المحافظة على سلامتها.

3– إزالة النباتات الغريبة عن الصنف في أثناء عملية التفريد.

ومن المعروف أن التبكير بالتفريد أفضل بكثير من التأخير فيه، وذلك لأسباب عديدة، منها: عدم استمرار التنافس بين النباتات، وعدم زيادة المجموع الجذري للنباتات، مما يصعب قلعها؛ فضلاً عن عوامل أخرى تعمل على إضعاف النباتات وتأخيرها في النضج وإقلال عدد الفروع على النبات فيما لو فُرّدت متأخرة. هذا وتتم إزالة البادرات الزائدة، وإجراء عملية التفريد باستعمال إحدى الطرق الآتية:

1–التفريد اليدوي، ويتم باليد أو بواسطة فأس صغير.

2–التفريد الآلي، ويتم بواسطة آلات خاصة تُركب على الجرار، وتستعمل لتفريد النباتات التي زرعت بذورها بالبذارات الآلية حيث تزيل هذه الآلات النباتات على مسافات منتظمة معينة.

3–التفريد باللهب: وتتم بواسطة آلات تُسلّط اللهب على البادرات الزائدة في وحدة المساحة وتقتلها وهي أحدث ما أُتّبع من طرق التفريد في الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن هذه الطريقة لا تزال محدودة الانتشار.

ثالثاً–الترقيع Replanting: يقصد بهذه العملية إعادة زراعة الأرض في أجزاء الحقل الخالية من النباتات أو التي بها كثافة نباتية منخفضة لعدم إنبات البذور أو موت البادرات، وتنحصر العوامل التي تؤدي إلى قلة عدد النباتات في الحقل فيما يأتي:

(1) عدم توفر الظروف الملائمة للإنبات، مثل: انخفاض درجة الحرارة في أثناء الزراعة أو بعدها عن الدرجة المناسبة، نقص نسبة الرطوبة اللازمة للإنبات في التربة أو زيادتها.

(2) عدم العناية بعمليات الخدمة قبل الزراعة، وتشمل:

1. عدم تجهيز مهد المبذرة بالشكل الأمثل.
2. عدم الزراعة في الموعد المناسب.
3. عدم انتظام وضع التقاوى في الحقل في أثناء الزراعة على خطوط.
4. زيادة عمق الزراعة، وزيادة ثقل التربة فوق البذور؛ مما يصعب على البادرات الخروج فوق سطح التربة.
5. عدم وجود غطاء من التربة فوق البذور؛ مما يعرضها للعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والهواء، فتجف وتموت أو يعرضّها للطيور فتلتقطها.
6. عدم انتظام الري في المراحل الأولى بزيادتها أو نقصانها عن الحد المطلوب.

(3) تعرض البذور والبادرات للإصابة بالأمراض والحشرات، كبعض الأمراض الفطرية التي تتعرض لها البذور والبادرات كفطريات التعفن أو الخناق أو الذبول وبعض الحشرات كالديدان القارضة والمن وغيرها.

(4) خواص التربة كزيادة الملوحة التي تعيق إنبات البذور.

(5) انخفاض جودة التقاوى المزروعة نتيجة الإضرار بالجنين ميكانيكياً أو لعدم اكتمال النضج الفسيولوجي للبذور أو التخزين السيئ أو انخفاض نسبة نقاوة البذور أو نسبة الإنبات فيها.

وعلى المزارع أن يأخذ بالحسبان بعض النقاط المهمة الآتية قبل إجراء عملية الترقيع:

1– نوع المحصول المزروع: حيث تختلف المحاصيل في مدى حاجتها للترقيع، فإذا كانت من المحاصيل التي تعطي خلفات جانبية (اشطاء) أو تفرعات فلا حاجة لترقيعها من النواحي الاقتصادية. على عكس

التي لا تعطي خلفات أو تتفرع وخصوصاً إذا قل عدد النباتات في الحقل عن حدّ معين؛ فضلاً عن طبيعة النبات من حيث كونه حولياً أو معمراً، فيفضل ترقيع المحاصيل الحولية دون غيرها.

2- نسبة النباتات النابتة وتوزيعها في الحقل: ويُعد من أهم العوامل التي تؤثر في عملية الترقيع فإذا كانت النباتات النابتة بنسبة جيدة وموزعة في الحقل فلا لزوم لترقيع الحقل، وإذا كانت مركزة في مناطق ومفقودة في مناطق أخرى في الحقل، فإنه يجب زراعة مثل هذه الأجزاء من جديد، وإذا كانت نسبة الفقد كبيرة فمن المفضل الزراعة من جديد بدلاً من الترقيع.

يجري الترقيع إما ببذور جافة أو مبللة بالماء للإسراع في عملية الإنبات أو بواسطة شتول أو عقل من نفس صنف المحصول المزروع في أقرب فرصة ممكنة بعد زراعة المحصول؛ وبمجرد اكتشاف الجور الغائبة، وتتراوح المدة اللازمة لظهور البادرات بعد الزراعة من 4-30 يوماً، وتختلف هذه المدة حسب نوع المحصول وطريقة زراعته وموعد زراعته والظروف الجوية والتربة.

رابعاً- العزيق Hoeing: هي العملية التي يتم بواسطتها تفكيك الطبقة السطحية من التربة ولعمق يتراوح بين 5-7 سم دون الإضرار بالنباتات المزروعة أو بجذورها المنتشرة تحت سطح الأرض؛ وذلك للتخلص من الأعشاب، وتحسين البيئة التي ينمو فيها النبات. ويستعمل العزيق في المحاصيل التي تزرع في خطوط متباعدة، وتكون المسافة بين نباتاتها واسعة مثل القطن والذرة والفول والبازلاء والفاصولياء واللوبياء والبطاطا والتبغ والملفوف والزهرة والبندورة وغيرها، وذلك لأنّ الأعشاب تنمو في المسافات الفاصلة بين النباتات قبل أن يكبر حجم هذه النباتات وتغطي الأرض كما تجري هذه العملية في المحاصيل ذات البذور بطيئة الإنبات، مثل: البقدونس والشمرة والبصل والخس وغيرها من الخضار الورقية عندما تبدأ بالظهور فوق سطح التربة حتى لا تنافس بادرات المحصول النامي في احتياجاتها الغذائية وتقضي عليها، بينما لا يستعمل العزيق إلا نادراً في المحاصيل رفيعة السوق كالقمح والشعير والشوفان والكتان وأنواع البرسيم والعدس وغيرها من المحاصيل التي تتحمل الزراعة ذات الكثافة العالية، وتغطي سطح التربة بسرعة، مما يظلل الأعشاب ويقضي عليها وتسمى هذه العملية بعملية التشعيب أو تستعمل المبيدات الاختيارية للأعشاب. هذا وتحقق عملية العزيق مجموعة من الفوائد يمكن تلخيصها بالنقاط الآتية:

1- القضاء على الأعشاب التي تنافس المحصول على الماء والغذاء الموجودين في التربة أو تمنع ضوء الشمس من الوصول إلى البادرات الصغيرة للمحصول المزروع؛ فضلاً عن أنّ هذه الأعشاب قد تكون بمنزلة مصدر للعدوى بكثير من الأمراض والحشرات، وقد أظهرت التجارب في العالم أنّ عدم مكافحة الأعشاب تؤدي إلى نقص في كمية المحصول وجودته بنسب متفاوتة.

2- حفظ الرطوبة داخل التربة؛ وذلك لأن الطبقة السطحية المفككة تعمل كغطاء يقلل من تبخر رطوبة التربة إلى الجو؛ وبخاصة في الأراضي الثقيلة التي تتشقق عندما تجفُّ بعد الري.

3- تهوية التربة، لأن العزق يفكك الطبقة السطحية من التربة ويقلبها، فيعمل بذلك على تأمين التبادل الغازي بين الهواء الأرضي والجوي، وهذا ما يزيد من كمية الأكسجين في الهواء الأرضي الضروري لنشاط البكتيريا ونمو الجذور وللتغيرات الكيميائية المختلفة التي تحدث في التربة والتي من شأنها زيادة كمية المواد الغذائية القابلة للامتصاص من قبل النباتات، وقد يؤدي العزيق إلى زيادة النترات المتكونة بالطبقة السطحية من التربة نتيجة لنشاط البكتيريا المثبتة للآزوت الجوي. فالتجارب الكثيرة التي أجريت بهذا الخصوص تدل على أنه في حالة الأراضي الثقيلة التي يتصلب سطحها يؤدي العزيق دوراً في زيادة كمية النترات في التربة أما في حالة الأراضي الخفيفة فلم يظهر للعزيق تأثير ملموس على هذه الزيادة، لأن التهوية فيها جيدة أصلاً لنشاط البكتيريا وتنفس الجذور.

4- يعمل العزيق على تجميع التراب حول الجزء السفلي من سوق النباتات؛ مما يسمح بتشكيل جذور إضافية تزيد من فترة نمو النبات؛ فضلاً عن تثبيت النباتات في الأرض، فيزيد مقاومتها للرياح ويحميها من الرقاد.

5- يعمل العزيق على تغطية الأبصال ودرنات البطاطا التي تتكون قريبة من سطح الأرض فلا تتلون باللون الأخضر نتيجة لتعرضها للضوء.

6- يساعد العزيق على خلط الأسمدة المعدنية والعضوية، ويحميها من جرف المياه لها؛ وبالتالي يضمن وجودها قريبة من جذور النباتات.

يختلف عدد مرات العزيق باختلاف المحصول المزروع ودرجة نموه ومدة مكوثه في الأرض كما يتأثر أيضاً بنوع التربة وبكثافة الأعشاب المنتشرة في الحقل. وبشكل عام يجب أن تجري عملية العزيق عدة مرات لكي تحد من نمو الأعشاب وتعمل على إزالتها أولاً بأول على أن تبدأ العزقة الأولى بعد اكتمال الإنبات.

أما أفضل عمق للعزيق، فهو الذي يؤدي إلى القضاء على الأعشاب مع مراعاة عدم حدوث أي ضرر لجذور المحصول المزروع، وبشكل عام العزيق السطحي هو الذي ينصح به، لأنه يؤدي الأغراض المختلفة المطلوبة من إجراء هذه العملية في حين يتسبب العزيق العميق في تقطيع الجذور وخصوصاً الصغيرة منها؛ مما يؤخر نمو النباتات. وتتم عملية العزيق باستخدام الأساليب الآتية:

أ- العزق اليدوي: ويتم إما باليد أو بالفأس أو بالمحراث البلدي.

ب- العزق الآلي: ويتم باستخدام آلات مصنوعة من الصلب تجرُّها الجرارات بحيث تسير عجلات الجرار وأسلحة العزيق فيما بين الخطوط أو السطور المزروعة على مسافات مناسبة.

خامساً- استعمال الأغطية الواقية Mulch: يُستعمل الـMulch كإحدى العمليات الزراعية لتحسين نمو النباتات وزيادة إنتاجها من خلال التأثير في العمليات الفيزيولوجية التي تجري في التربة؛ وذلك باستخدام وسائل مختلفة لتغطية سطح الأرض، مثل: القش، نشارة الخشب، التورب، الرمل، أوراق النباتات الجافة، والأغطية البلاستيكية الشفافة والبيضاء (نصف الشفافة) والسوداء (عديمة الشفافية) وهذه تستعمل عادة للمحاصيل الخضرية أكثر منها للمحاصيل الحقلية وذلك بهدف تحقيق الفوائد الآتية:

1- إعاقة نمو الأعشاب ميكانيكياً بحجب الضوء عنها، فتصبح ضعيفة لا تقوى على استئناف النمو فتقل بذلك مقاومتها للمحصول المزروع.

2- تساعد الأغطية الواقية على الحفاظ على رطوبة التربة بتقليل التبخر وضمان توزيع الرطوبة بشكل متجانس ليس في الطبقة السطحية فحسب؛ وإنما في منطقة انتشار الجذور أيضاً، وهذا ما يقلل من عدد الريات ويوفر النفقات.

3- تُسهم الأغطية في رفع حرارة التربة، وهذا ما يسرّع عملية الإنبات، وظهور البادرات، ويساعد على التبكير في نضج المحصول، ولكن تأثير الأغطية البلاستيكية في حرارة التربة يتم بنسب متفاوتة تبعاً لنوع الغطاء المستعمل، فالأغطية الشفافة تزيد حرارة التربة بمقدار يتراوح بين 5-10 ْم بالمقارنة مع حرارة التربة غير المغطاة؛ بينما لا ترتفع حرارة التربة تحت الأغطية السوداء إلا قليلاً عن حرارة التربة المكشوفة، أما الأغطية البيضاء أو نصف الشفافة فتشغل مركزا متوسطاً، إذ إن درجة الحرارة تحت هذه الأغطية أعلى

من درجة الحرارة تحت الأغطية السوداء وأدنى منها تحت الأغطية الشفافة. لذلك يفضل استخدام الأغطية البلاستيكية الشفافة والبيضاء في الخريف وأوائل الربيع؛ لأن استعمالها في الوقت الذي ترتفع فيه حرارة الوسط الخارجي يؤدي إلى نتائج سلبية حيث ترتفع حرارة التربة تحتها إلى الحدّ المميت للبذور. وللتغلب على هذه المشكلة يمكن استخدام أغطية مطلية من الأعلى بالألمنيوم العاكس لأشعة الشمس وباللون الأسود من الجانب المواجه للتربة، فتُسهم هذه الأغطية في خفض حرارة التربة بمقدار يتراوح بين 10–12 ْم.

4– تساعد الأغطية المختلفة على الحفاظ على بنية التربة، وتمنع تصلب سطحها. وهذا ما يؤمن التهوية الجيدة لجذور النباتات، ويسهل على النباتات تأمين احتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية.

5– نتيجة للفوائد السابقة التي تحققها الأغطية من حرارة مرتفعة نسبياً ورطوبة متجانسة وتهوية جيدة فإن ذلك يزيد من نشاط الكائنات الدقيقة التي تعمل على زيادة عمليات التأزت ووفرة النترات في التربة؛ مما يؤدي إلى زيادة في سرعة نمو النباتات المزروعة وتطورها وزيادة الإنتاج.

6– عقب الانتهاء من حصاد المحصول، فإنه يمكن خلط بعض أنواع الأغطية الواقية بالتربة، فتصبح كمادة عضوية تحسّن من الخواص الطبيعية والكيميائية والحيوية للتربة.

7–المساعدة في تقليل تلف الثمار والحصول على ثمار نظيفة لعدم ملامسة مياه الري والتربة لها.

سادساً– التسميد Fertilization: للتسميد دور مهم في إنتاج المحاصيل وأهمية هذه العملية من عمليات الخدمة بعد الزراعة أو قبلها (الأسمدة البلدية والمعدنية) تكمن في توفير العناصر السمادية المهمة للمحاصيل في أثناء فترة نموها لتستطيع أن تعطي محصولاً عالياً كماً ونوعاً.

تُضاف الأسمدة البلدية عادة قبل الزراعة وفي أثناء خدمة الأرض وتجهيزها وإعدادها للزراعة. أما الأسمدة الكيميائية التي تكون عادة سهلة الذوبان في الماء مثل النترات بأنواعها فتضاف للمحصول بعد الزراعة على فترات في بداية طور النمو الخضري أو في أثنائه. أما الأسمدة الفوسفاتية فتضاف إما قبل الزراعة أو مبكراً بعد الزراعة على فترات متعددة بدلاً من وضعها دفعة واحدة؛ لأن هذه الأسمدة تحتاج إلى فترة لتحول الفوسفور إلى حالة صالحة للامتصاص، وكذلك الحال بالنسبة للأسمدة البوتاسية.

طرق تحديد المعدلات السمادية: بالنسبة لكميات الأسمدة اللازمة لكل محصول، فيجب على المزارع معرفتها من خبرته السابقة، ولكن يُستحسن أن يكون ملماً بنتائج الأبحاث والتجارب في هذا الشأن والتي كثيراً ما تعلن عنها وزارة الزراعة وغيرها من المؤسسات العلمية. وعموماً يمكن تحديد المعدلات السمادية بطرق عديدة، نذكر منها:

1-عمل التجارب الحقلية على المحاصيل الرئيسة في محطات التجارب المختلفة وفي أنواع مختلفة من التربة يضاف فيها للمحصول كميات متفاوتة من الأسمدة تبدأ من الصفر إلى معدل كبير جداً ثم حساب كمية المحصول الناتج من المعاملات المختلفة مع دراسة بعض صفات النبات والتربة. وعلى أساس إنتاج هذه التجارب تصدر التعليمات المختلفة بمعدلات التسميد الاقتصادية لتلك المحاصيل.

2- أخذ العينات من التربة من أجزاء مختلفة من الحقل وتحليلها في وزارة الزراعة أو إحدى الهيئات المختصة تحليلاً طبيعياً وكيميائياً ثم تحديد احتياجات التربة من العناصر السمادية.

وهناك عوامل عديدة تُحدد الاحتياجات السمادية للمحاصيل، منها:

1- خصوبة للتربة: وهي تتأثر بنوع التربة، فالتربة الطينية المتكونة سابقاً من عدد من العناصر المعدنية تكون غنية بالعناصر الغذائية وذات قدرة كبيرة على الاحتفاظ بها، في حين أن الأرض الرملية المتكونة من الكوارتز تكون فقيرة في عناصرها الغذائية كما يفقد الكثير من هذه العناصر بالتسرب والغسيل.

2- الدورة الزراعية: إذا كان المحصول السابق في الدورة الزراعية بقولياً كالبرسيم مثلاً فإنه يضيف للتربة الآزوت؛ وبالتالي يقلل معدل التسميد الآزوتي للمحصول اللاحق في الدورة الزراعية، وعلى العكس إذا كان المحصول السابق من المحاصيل المجهدة (القطن مثلاً) فإنه يستنزف خصوبة التربة.

3- نوع المحصول المزروع: يؤثر المحصول المزروع في احتياجاته من التسميد، فالمحاصيل البقولية لا تحتاج للتسميد الآزوتي غالباً. في حين أنها تحتاج إلى الأسمدة الفوسفورية والمحاصيل الأخرى مثل الذرة الصفراء تحتاج إلى التسميد الآزوتي بشكل كبير.

4-طول موسم النمو: إن نسبة العناصر السمادية إلى بعضها تحدد أحياناً المدة التي يبقى فيها المحصول في الأرض حتى ينضج فتبكر في نضجه أو تؤخره عن طريق نوع العنصر السمادي المضاف.

5- الأحوال الجوية: فقد يصبح الجو هو العامل المحدد لنمو النبات مهما أضيف له من أسمدة وخاصة في المناطق التي تعتمد في ريها على الأمطار فإن عدم توافر الرطوبة أو زيادتها عن الحد المناسب سوف يقلل من المحصول على أنه يجب أن يؤخذ في الحسبان أنّ زيادة الأمطار قد تؤدي إلى غسل بعض العناصر السمادية. ففي مثل هذه الأراضي يفضل زيادة معدل التسميد ومثلها في المحاصيل المزروعة في المناطق الحارة فإن استهلاك العناصر يكون أسرع منه في المناطق الباردة والمعتدلة.

ملاحظة: من المفضل أن نقوم بعملية التسميد المعدني قبل عملية العزيق؛ لأننا نحقق بالعزيق خلط الأسمدة بالتربة من جهة وإجراء عمليتي الخف والترقيع معاً من جهة أخرى. وبهذه الحالة نكون قد وفرنا عدة عمليات زراعية بعملية واحدة هي العزيق.

سابعاً- الري: Irrigation

يُؤدي الماء دوراً مهماً في نمو المحصول وتطوره، وهو العامل المحدد لنجاح زراعة المحاصيل في أي منطقة من مناطق العالم، لأنه يعمل على إذابة العناصر الغذائية الموجودة في التربة، ويجعلها في صورة يسهل على النباتات امتصاصها؛ لذلك فإنه مهما كانت الظروف الجوية والأرضية ملائمة لنمو المحاصيل فإن مثل هذه الأراضي لا تكون منتجة على الإطلاق إذا لم يتوفر الماء اللازم لنمو المحاصيل، وتُعد مياه الأمطار أهم مصدر مباشر لتوفير الماء اللازم للنبات في الكثير من مناطق العالم. أما في المناطق التي تكون فيها مياه الأمطار غير كافية لإنتاج المحاصيل أو تسقط فيها في غير الأوقات المناسبة لنمو المحاصيل فإن المزارعين يقومون -عند توفر مصدر الماء كالأنهار أو البحيرات أو الآبار الارتوازية - بري أو توصيل المياه صناعياً إلى الأراضي المنزرعة بقصد مدّ المحاصيل المنزرعة بالماء اللازم لنموها، ويتم ذلك بطرائق عدة، أهمها: الري السطحي، والري الرذاذي، والري بالتنقيط..الخ.

يجب التوقف عن ري المحاصيل المروية (الفطام) قبيل نضجها بمدة كافية حتى يسهل حصادها أو جنيها والمحافظة على نظافة المحصول سواء كان حبياً كالقمح أو ليفياً كالقطن. الخ. وعادة يتم إيقاف الري عن معظم المحاصيل المروية قبل حصادها بمدة 15 يوماً وتُسمى العملية بهذه الحالة الفطام.

ثامناً– مكافحة الأعشاب الضّارة Weed control:

تُعدُّ مكافحة الأعشاب الضارة من العمليات الزراعية المهمة والمكملة للعمليات الأخرى والتي تهدف جميعها إلى زيادة الإنتاج الزراعي كماً ونوعاً عن طريق القضاء بشكل جزئي أو تام على جميع الأنواع الغريبة من النباتات التي تنمو مع نباتات المحصول، وتتسبب الأعشاب في حدوث الأضرار الآتية:

1– انخفاض كمية المحصول الناتج.

2– زيادة تكاليف عمليات العزيق والحصاد.

3– انخفاض القيمة النوعية للمحصول.

4– انتشار الحشرات والأمراض؛ إذ تُعدّ بعض الأعشاب عائلاً بديلاً لبعض الأمراض الضارة بالمحاصيل.

5– التأثير السام والمميت للإنسان والحيوان، ويحدث الضرر إما عن طريق استنشاق حبوب اللقاح (عرف الديك) أو أكل الثمار السامة (عنب الدب) أو اختلاط البذور السامة بحبوب القمح (مثل الداتورة والسكران)

6– انخفاض كفاية القنوات المائية؛ مما يسبب ضياع كمية كبيرة من مياه الري من سطوحها.

من المستحسن الإلمام بدورة حياة أي نوع من الأعشاب قبل تحديد طريقة مكافحته، بحيث يمكن تحديد نقاط الضعف في تطور النوع العشبي، لتحديد الطريقة الفعّالة لمكافحته، فالأعشاب الحولية والتي تشمل غالبية الأنواع الموجودة في حقول المحاصيل تمضي دورة حياتها في موسم زراعي واحد ثم تموت وتترك وراءها كمية كبيرة جداً من البذور لكي تبدأ دورة حياة أخرى من جديد. وعليه تكون نقطة القوة فيها هي إنتاج البذور فإذا أردنا التخلص من هذه الأعشاب أو على الأقل الحدّ من انتشارها في الحقول المزروعة علينا أن ننتظر حتى تنبت بذورها وتظهر بادراتها ثم نقوم بعملية المكافحة، وتكون نباتات الأعشاب وهي في طور النمو الخضري عموماً أضعف ما يمكن، فإذا أزيلت في أثناء هذا الطور فلن تتاح لها فرصة تكوين بذور لإعادة دورة حياتها. وعليه يجب ألا تعطى الأعشاب الحولية فرصة تكوين البذور إطلاقاً للتخلص منها والحدّ من انتشارها. ويمكن إبادة الأعشاب الحولية وهي في طور البادرة عن طريق عمليات العزيق والقلع اليدوي أو استعمال مبيدات الأعشاب وغير ذلك. أما الأعشاب المعمرة فليس من السهل القضاء عليها؛ وذلك لطبيعة نموها المعمر وقدرتها على تجديد نموها كل عام عن طريق ظهور نموات

جديدة من براعم موجودة إما على أجزاء نباتية معمرة أو متجددة بشكل دائم وثابت تحت سطح التربة، لذلك ففي أثناء تحديد طريقة مكافحة هذا النوع من الأعشاب يجب أن نضع في الحسبان بعض العوامل التي لها علاقة بطريقة نمو الأعشاب، حيث تقوم الأعشاب المعمرة بتخزين جزء من منتجات التمثيل الضوئي في أعضاء التخزين المختلفة كالجذور أو الدرنات أو الريزومات. لذلك مثل هذه النباتات لا يمكن القضاء عليها بإزالة النموات الخضرية فقط إلا إذا تكررت هذه العملية بشدة عدة مرات متتالية، لأنه غالباً ما تنمو ثانية نتيجة لوجود غذاء مخزَّن في الجذور والأجزاء الأرضية التي تعطي نموات خضرية جديدة فوق سطح الأرض. وأيّة طريقة يتم اتباعها للقضاء على الأعشاب المعمرة بشكل فاعل يجب أن تُحقق الآتي:

1- القضاء على النموات الأرضية.

2- منع تكون الأوراق فوق سطح الأرض، وبذلك تتوقف عملية التمثيل الضوئي.

3- قتل النباتات في الحقل وذلك بالخدمة الجيدة أو استخدام المبيدات، ومنع الضوء عنها بزراعة محاصيل كثيفة النمو. ويتوقف اختيار الطريقة لمكافحة الأعشاب على نوع الأعشاب وعمرها ودرجة انتشارها، وكذلك على طبيعة المحصول الذي تنتشر فيه.

تاسعاً- مكافحة الآفات الضّارة Pest control:

تتعرض المحاصيل في أثناء نموها إلى الإصابة بكثير من الأمراض والحشرات التي قد تتسبب في موتها، وتؤدي بالتالي إلى خسارة في الإنتاج؛ لذلك فإن إلمام المزارع بأنواع الآفات التي تصيب المحاصيل في مختلف أطوار نموها وطرق الوقاية والعلاج وكيفية القيام بهما تُعد من أهم العوامل التي يتوقف عليها نجاح زراعة المحاصيل، وزيادة إنتاجها وتحسين نوعيتها.

من المهم إجراء المكافحة في الوقت المناسب، أي بعد ظهور الأعراض الأولى للمرض مباشرة أو ظهور أحد أطوار الحشرة؛ إذ لا جدوى من ‘جراء المكافحة بعد أن يكون المرض أو الحشرة قد تمكن من ‘صابة المحصول، مسبباً له أضراراً لا يمكن الحدّ منها، ومن أهم طرق المكافحة استخدام المبيدات الفطرية أو الحشرية بالملامسة أو الجهازية، علماً أن نجاح المكافحة الكيميائية يتطلب معرفة كاملة بالمواد المستعملة وطريقة استعمالها، هذا وتستعمل عادة في المكافحة طريقتا التعفير بالمساحيق الناعمة والرش بالمحاليل المائية أو الزيتية المتعددة.

عاشراً– الحصاد والدراس: يُعدُّ حصاد المحاصيل ودراسها العملية النهائية بالنسبة لعمليات إنتاج المحاصيل والتي يجني المزارع بعدها تعبه وكدّه، وتُعد هذه العمليات مهمة بحيث يجب على المزارع أن يوليها عنايته حتى لا يفقد جزءاً من محصوله بعد نضجه.

1– الحصاد Harvesting: يُعرّف الحصاد بأنه عملية جمع نواتج المحاصيل من الحقل وهي في طور من أطوار نموها يحدده عادة الغرض الذي زرع من أجله المحصول وعادة تجري عملية الحصاد عندما تصل المحاصيل لدرجة النضج المناسب لكل منها. وتسبب عند إجرائها في الوقت غير المناسب لسبب من الأسباب عن قصد أو من دون قصد خسارة جزئية أو كلية للمحصول؛ وبالتالي فقد في كميته إما نوعاً أو كماً أو كليهما معاً، وينتج الفقد عادة إما في الحصاد المبكر أو المتأخر للمحصول.

موعد حصاد المحاصيل: يُعدُّ التوقيت المناسب لموعد الحصاد من أهم العوامل التي تؤثر في كمية المحصول وجودته؛ لذا يجب أن يجري في الوقت الذي يعطي فيه المحصول أكبر كمية من النواتج، ويرتبط موعد الحصاد بعوامل عدة، منها:

أ– الطور المناسب لحصاد المحصول: تمر محاصيل الحبوب كالقمح والشعير مثلاً بأطوار نموها المتعاقبة حتى تصل إلى طور النضج المناسب، فتحصد ويُعد المحصول ناضجاً في الوقت الذي تحصل فيه الحبوب في النبات الأم على جميع العناصر الغذائية التي تستطيع تخزينها، وحين يصل وزنها الجاف إلى أقصاه، ويحدث ذلك عندما يصبح نسيج السويداء Endosperm صلباً والحبوب في الطور العجيني الجاف، وتكون نسبة الرطوبة فيها بحدود 20–25 %.

إذا حصد المحصول مبكراً قبل تمام النضج، فإن المحصول الناتج يكون منخفضاً كماً ونوعاً، وتحدث مشاكل عديدة عند تخزينه فإذا حصد القمح مثلاً في الطور اللبني بدلاً من الطور العجيني الجاف انخفض المحصول الناتج بحوالي 20% نتيجة عدم اكتمال تخزين كل المدخرات الغذائية في الحبوب؛ وبذلك يكون وزنها أقل، كما تكون نسبة النشاء فيها منخفضة؛ وبذلك تكون القيمة التسويقية للمحصول الناتج ضعيفة لضمور الحبوب أو جفافها. هذا فضلاً عن ارتفاع نسبة الرطوبة في مثل هذه الحبوب؛ الأمر الذي يؤدي إلى ازدياد عملية التنفس في أثناء التخزين، وبالتالي هدم الغذاء المخزن في الحبوب فتتولد طاقة حرارية،

ويخرج غاز CO_2 وبخار الماء؛ فتفقد البذور بعض وزنها، كما أن زيادة الرطوبة وارتفاع درجة الحرارة يشجعان على سرعة تكاثر حشرات الحبوب المخزونة وفطريات التخزين المسببة لتعفن الحبوب والمؤدية إلى خسائر فادحة. فإذا حُصِد المحصول متأخراً عن موعده المناسب نتيجة ظروف المزارع المختلفة فيؤدي ذلك إلى فقد جزء من المحصول نتيجة انفراط الحبوب وسقوطها على الأرض أو رقاد النباتات على الأرض أو انخفاض في كمية المادة الجافة نتيجة التنفس.

إنّ الفقد الناتج عن انفراط الحبوب على الأرض قبل الحصاد أو في أثنائه يختلف باختلاف الأصناف والظروف الجوية السائدة في وقت الحصاد وقبله. فبعض الأصناف لها قابلية الانفراط بينما تكون حبوب البعض الآخر شديدة الاتصال بالسنابل، ويصعب انفراطها وسقوط على الأرض، وعموماً فإن صفة انفراط الحبوب صفة وراثية تتعلق بالصنف أو السلالة، لذلك يجب العمل على حصاده مبكراً قبل انفراط حبوبه.

ب- الغرض من زراعة المحصول: لعملية الحصاد أسماء مختلفة يطلقها المزارعون، فيسمون عملية الحصاد باسم عملية (الحش) إذا كان المحصول المراد حصاده من محاصيل العلف كالبرسيم والفصة، ويطلقون اسم (القطع) على عملية حصاد الذرة الصفراء أو البيضاء و(الجني) على حصاد القطن، كما يسمون عملية حصاد القمح والشعير والفول. أما حصاد الفول السوداني والشوندر السكري فهي عملية (قلع) المحصول، ويختلف موعد حصاد المحصول حسب الغرض، فتُزرع بعض المحاصيل كالقمح والشعير والعدس وغيرها من اجل هدف واحد هو الحصول على حبوبها أو البذور في حين تختلف مواعيد وطرق حصاد المحاصيل متعددة الاستعمال، ومثال ذلك الذرة فقد تزرع كمحصول علف أو حبوب فإذا كان المحصول مزروعاً من اجل رعيه بالمواشي يحصد وهو أخضر، وتتغذى عليه المواشي، ففي الحالة الأولى تكون طريقة الحصاد رخيصة وذلك بترك المواشي ترعاه في نظم الرعي المختلفة، وفي الحالة الثانية يحش المحصول ويقدم للمواشي بعد حوالي 60 يوماً من الزراعة إذا كان برسيماً أو فصة، وبعد 80-100 يوماً إذا كان من أنواع الذرة وذلك بعد تقطيعها، وقد يكون المحصول مزروعاً كمحصول تسميد أخضر، ويكون حصاد مثل هذا المحصول هو قلبه في التربة قبل تكوين البذور.

ويجنى محصول القطن عدة مرات تبدأ أول جنية بعد تفتح حوالي 50-60 % من عدد جوزات القطن على النبات ثم يجنى ثانية لجمع باقي القطن وقد يجنى مرة ثالثة.

ج- المساحة المزروعة من المحصول: للمساحة المزروعة من المحصول أثر في تحديد موعد حصاده، فإذا كانت المساحة المزروعة صغيرة أمكن الحصاد في الطور الأمثل أما إذا كانت المساحة كبيرة فقد جرت العادة بأن يبدأ المزارع في الحصاد أبكر من الطور المناسب، ويستمر الحصاد في أثنائه بقليل.

د- الآلات المستعملة في الحصاد: إن للآلات المستعملة في الحصاد أثر في موعد حصاد المحصول فإذا كانت الآلة المستعملة في حصاد القمح مثلاً هي الحصادة الدراسة، فإنه يجب الانتظار حتى تنخفض نسبة الرطوبة في البذور إلى حوالي 15% في حين أنه لو كان الحصاد بالحصادة فقط على أن يدرس القمح بعد ذلك فإنه يحصد وفيه نسبة من الرطوبة حوالي 30%.

2- الدراس Threshing: لا يصبح المحصول بعد حصاده صالحاً للاستعمال المباشر بواسطة الإنسان أو الحيوان؛ بل يستدعى الأمر في معظم الأحوال تجهيز المحصول للاستهلاك بإجراء عملية الدراس التي هي عملية استخلاص الحبوب أو البذور من سنابل أو ثمار النباتات الجافة مع تقطيع السيقان إلى قطع صغيرة، وتحويلها إلى تبن تتغذى عليه المواشي.

تُفرط عرانيس الذرة الصفراء لفصل الحبوب عن القوالح قبل طحن الحبوب، كما تدرس نباتات القمح والشعير والأرز لإخراج الحبوب من الأغلفة والسنابل المتصلة بالنباتات أو لفصل بذور الفول عن ثمارها، ويجري الدراس عادة في البيدر وهو عبارة عن مساحة من الأرض مستوية ومرتفعة نوعاً وأرضيته خالية من الشقوق حتى لا تسقط فيها البذور عن العوائق التي تمنع عنه الرياح لسهولة التذرية، وتُدرَس المحاصيل المختلفة بطرائق عدة، يدوية وميكانيكية.

تقانات ما بعد الحصاد: Post-harvest technology

تُعد عمليات جمع الحاصلات الزراعية وإعدادها وتخزينها من العمليات الأساسية المهمة في الإنتاج الزراعي، وهي تشمل عمليات عدة مهمة، وتختلف هذه العمليات من محصول حقلي أو فاكهة أو خضر أو نباتات زينة أو منتجات غابات، وحتى يضمن المزارع أن يصل الناتج الزراعي لديه إلى المستهلك بحالة جيدة، وحتى يعود عليه بالنفع الكبير يجب عليه الاهتمام بعمليات الجمع والإعداد والتخزين حتى يضمن المحافظة على صفات المحصول، ومنعه من التدهور والفساد حيث إن هناك بعض الدراسات التي أوضحت أن نسبه الفاقد نتيجة لعدم الاهتمام بعمليات الجمع والإعداد والتخزين يصل أحياناً إلى 25 – 30% من كمية الإنتاج. وقد حدث خلال السنوات الأخيرة تطور كبير في جمع الحاصلات الزراعية وإعدادها وتخزينها.

تختلف المحاصـــيل الحقلية عن المحاصـــيل البســـتانية في طرق معاملتها عند النضـــج وحتى يتم تسويقها؛ بسبب اختلاف طبيعة نموها والمساحات المزروعة منها؛ فضلاً عن طرق استعمالها؛ مما يجعل معاملة كل محصـــــول منها تختلف عن الآخر، وأهم العمليات التي تمر بها المحاصـــــيل الحقلية بعد حصادها الإعداد والتحزين.

1- عمليات إعداد المحصـــول Crop preparation: وهي عبارة عن عدة عمليات تشـــمل فصـــل المحصـــول أو الجزء الاقتصـــادي من النبات عن بقية أجزائه ثم تنظيفه وتجهيزه للتســـويق أو التخزين، وتختلف هذه العمليات جميعها حسـب نوع المحصـول والغرض منه، ويمر المحصـول بمراحل عدة حتى يخزن أو يسوق، هذه المراحل هي:

أ- فصل المحصول Crop separation: وهي عملية فصل الجزء الاقتصادي من المحصول عن بقية أجزاء النبات ليتم تنظيفه و تدريجه وتجهيزه للتسويق أو التخزين. وقد تتم هذه العمليات في الحقل كما في حالة الحبوب (القمح والشعير والأرز) وقد تحتاج بعض المحاصيل إلى النقل إلى المصانع لإتمام عملية الفصل كما في محاصيل السكر (من سيقان القصب أو من جذور الشوندر)، أما في الكتان (ألياف) تفصل البذور في الحقل، بينما تُنقل السيقان للمصانع لفصل الألياف (تعطين).

ب- التنظيف Cleaning: وهي عملية إزالة الشوائب كالأتربة وبقايا النباتات الصغيرة ،وتتم بعملية الغربلة والتذرية (الحبوب والبقول)، وقد تحتوي بعض آلات الحصاد على أجهزة تابعة لها للتنظيف والتذرية كما في الدرّاسات Combine. أما قصب السكر فتقطع الأوراق وتفصل من السيقان في الحقل ثم تنقل السيقان مباشرة للمصنع لاستخلاص السكر قبل تدهوره.

ج- الفرز والتدريج sorting and grading: يتم بعد عمليات التنظيف فرز المنتج وتدريجه سواء كان بذوراً أو أجزاء خضرية وذلك حسب المواصفات المطلوبة.

2- عمليات التخزين storing: وهي عمليات حفظ المنتج لحين تسويقه أو لحين الحاجة إليه، وتخزين المنتج من الأمور الداخلة في السياسة الزراعية والأمن الغذائي على مستوى البلد، أما على مستوى المزرعة (الفلاح) فيقصد تأجيل العرض للمنتج؛ بغية تحسين جودة المنتج أو ارتفاع السعر أو كليهما معاً. وقد يتم التخزين في المزرعة حيث يقوم المزارع بالاحتفاظ بجزء من المحصول لاستعماله كتقاوي، ويتم تخزين الجزء الأكبر من المحصول في أماكن خاصة، وتختلف طرق التخزين كثيراً حيث قد يتم تخزين بعضها في أكوام في العراء أو أكياس أو أوعية أو مخازن عادية أو صوامع أو ثلاجات. وتشير العديد من الدراسات إلى

أهمية التخزين حيث يؤدي التخزين السيئ للحبوب إلى زيادة كميات الفاقد من المحصول إلى نسبة قد تصل أحياناً إلى 100%،

أ- تخزين البذور Seeds storage: يجب تخزين البذور وهي في أحسن حالتها، ويتوقف تدهور البذور على عدد من العوامل، منها:

1)- ارتفاع نسبة الرطوبة: يؤدي ارتفاع نسبة الرطوبة في البذور إلى أمور عدة، منها:

- التسريع من عملية تنفس الجنين واستهلاك المواد الغذائية المخزونة بالبذرة.
- انطلاق الحرارة نتيجة تنفس الجنين فترتفع حرارة المخزن؛ مما يقلل من حيوية البذور.
- قد تؤدي الرطوبة العالية إلى إنبات البذور.
- تزيد الرطوبة العالية في البذور الزيتية من نشاط الأنزيمات، وتحلل الدهون ومن ثم تتزنخ البذور.
- تسبب الرطوبة العالية نمو الفطريات وتعفن البذور وتزيد نشاط الحشرات وتكاثرها في المخازن.

لذا ينصح أن تكون نسبة الرطوبة في الحبوب 13-15% وألا تزيد على 20% ، أما البذور الزيتية فتخزن على نسبة أقل عما هي عليه في الحبوب 10% أو أقل، وقد تحتاج البذور إلى تعريضها للشمس والهواء في المناطق الجافة أو يتم تجفيفها صناعياً في المناطق الرطبة.

2)- درجة الحرارة: تتسبب ارتفاع حرارة المخزن في أمور عدة تؤثر في جودة المنتج، منها:

-زيادة تنفس الجنين، وبالتالي استهلاك المواد الغذائية المخزونة بالبذرة.
- تنبيه الجنين وتشجيعه في البذرة على النمو.
- زيادة الحشرات والفطريات والأعفان.
- الحرارة الشديدة قد تؤدي إلى الحرائق.

3)- الإصابة بآفات المخازن: يجب التعامل مع الحشرات والأمراض بالحقل قبل التخزين في أماكن التخزين، وذلك للمحافظة على حيوية ونقاوة البذور ونظافة مكان التخزين؛ لأن الحشرات في المخازن تتغذى على أجنة البذور؛ فتسبب خفض نسبة الإنبات في البذور، ويمكن التغلب على الإصابات الحشرية وذلك بالحصاد في الموعد المناسب أو برش بعض المبيدات الكيميائية الطاردة للحشرات قبل التخزين، ويمكن أن ترش المبيدات في الحقل إذا كانت البذور ستستعمل كتقاوي؛ وذلك لطرد الحشرات منها، والقضاء على الفطريات. أما إذا كانت الحبوب المخزونة للاستعمال كغذاء للإنسان، فتتمُّ معاملتها بالتبخير بالغازات السامة وذلك حتى تؤثر في الحشرات من دون التأثير في الحبوب نفسها.

يمكن أن تتراوح فترة تخزين البذار بين 6 أشهر (من الحصاد حتى موسم الزراعة) و 5 – 50 عاماً بالنسبة للأصول الوراثية أو بذار المربي، مع العلم أنه يمكن –وفي أغلب الأحيان– التخزين لفترة 18–36 شهراً لحماية المنتج من تقلّب الأسعار الناتج عن العرض والطلب في الأسواق أو الخوف من تدني كمية المنتج ونوعيته في الموسم التالي. تهدف عملية التخزين في ظروف مثالية من الحرارة والرطوبة والإصابات المحدودة من الأمراض والحشرات إلى المحافظة على حيوية البذور وسلامتها، وعلى قدرتها الإنباتية العالية وإعطائها لنباتات قوية ومنتجة، والبذور كما هو معروف يمكن أن تفقد قدرتها على النمو والحياة في أثناء الخزن وهذا الفقد لا يمكن أن يتوقف، لذلك فإن الهدف من التخزين التقليل قدر الإمكان من هذا الفقد في حيوية البذور، ويوجد أنواعِ عدة من التخزين:

1– خزن البذور من الحصاد وحتى الزراعة في الموسم الثاني (فترة قصيرة إلى متوسطة 6–12 شهراً) أو حتى التسويق والتوزيع.

2– خزن البذور المحسنة كمصدر وراثي (فترة طويلة 5–20 سنة).

3– خزن الحبوب والبذور المعدة للاستهلاك والتي تخزن في صوامع كبيرة large silos جيدة التجهيز وذات طاقة تخزينية عالية 50–100 ألف طن (الشكل، 1).

الشكل 1: تخزين الحبوب في الصوامع المعدنية.

تعبئة الحبوب أو البذور Packaging: يجب تعبئة البذور في وحدات أصغر لتجنب مخاطر التغير في شكلها الطبيعي، لاسيما ضغط البخار (الرطوبة) الذي يظهر بصورة أكبر في الكميات الكبيرة، كما أن مثل هذه العبوات الصغيرة يسهل التعرف إليها، ونقلها، وتداولها، وتسويقها (الشكل، 2) ويعتمد اختيار مواد التعبئة على عوامل عدة، منها: نوعية البذار، وفترة التخزين وبيئته، ومحتوى رطوبة البذار، وتكلفة مواد التعبئة، ومنطقة تخزين البذار. عموماً، يتم تصنيف مواد التعبئة إلى:

1– أوعية نافذة للرطوبة أو البخار، مثل: أكياس الجوت، والقماش، وأكياس الورق.

2– أوعية مقاومة لنفوذية الرطوبة، مثل: أكياس الجوت المبطنة بطبقة رقيقة من البولي إيثيلين.

3- أوعية مانعة لنفوذية الرطوبة أو البخار، مثل: العلب المعدنية، أو أكياس البولي إيثيلين، أو أكياس ورق الألمنيوم.

تتم تعبئة بذور أو حبوب محاصيل الحبوب النجيلية، والمحاصيل البقولية، والزيتية في أكياس من الجوت أو من القماش، في حين تستخدم أكياس الورق، وصناديق الورق المقوى، وأكياس صفائح الألمنيوم، وأكياس البولي إيثيلين في تعبئة بذار الأزهار ومحاصيل الخضر التي يجب عند تعبئتها في أوعية مانعة للرطوبة أو البخار ألا يتجاوز محتوى الرطوبة المستوى الحرج الذي يختلف باختلاف أنواع البذار، ويتطلب ذلك توفر أماكن وأجهزة تجفيف مناسبة. يمكن الاحتفاظ برطوبة البذار عند 5% للأنواع الأخرى من البذار المخزن في أوعية مانعة للرطوبة أو البخار.

الشكل 2: تعبئة بذور أو حبوب المحاصيل الحقلية.

ب- تخزين محاصيل الأعلاف Forage crops: يتم تخزين المحاصيل العلفية إما على شكل جاف (دريس) أو طازج (سيلاج).

1)- الدريس Hay: وهي عملية تجفيف العلف (سواء طبيعياً أو صناعياً) ليصبح دريساً، وذلك للمحافظة على أكبر كمية من المادة الجافة، ويجب خفض الرطوبة من 57-85 % في العلف الأخضر إلى نسبة 15-25 % حتى يمكن تخزينه من دون تدهور، ودلت الدراسات على أن مستوى الرطوبة الذي تتكاثر بعده الآفات هو 35% في الدريس، حيث ترتفع درجة حرارته بسرعة وتتدهور صفاته وقد يحدث تعفن للدريس.

وهناك عوامل عدة تؤثر في جودة الدريس، منها: نوع المحصول، وطريقة إنتاجه، وعمر النباتات المحصودة، ونسبة الأوراق إلى السيقان، ووجود الحشائش والآفات، ودرجة تغلظ السيقان وجفافها، ومحتواه من المواد الغذائية (كربوهيدرات، بروتينات..الخ).

ويتم تجفيف المحاصيل العلفية طبيعياً بالهواء في الحقل لأيامٍ عدة حتى تصل الرطوبة لحدود 25%، وصناعياً بالهواء الساخن في غرف خاصة وفيه تصل الرطوبة بالنباتات إلى 10%.

2)- السيلاج Silage: وهي عملية حفظ العلف الأخضر بصورة غضة من دون تجفيف، حيث تحتفظ الأعلاف بمحتواها من البروتينات والعناصر الغذائية إلى جانب أنها أسهل هضماً من الأعلاف المجففة، حيث يتم تخزين النباتات العلفية المقطوعة حديثاً في غياب الهواء، وذلك في أماكن محكمة الإغلاق، وفي مثل هذه الظروف يحتفظ السيلاج بجودته لفترة طويلة من دون تدهور.

وهناك عدة عوامل تؤثر في جودة السيلاج، منها: نوع المحصول المستعمل، ودرجة نضج النباتات، ونسبة رطوبة المحصول عند الحصاد، ودرجة تقطيعه، والتركيب الكيميائي للنبات.

الفصل الخامس: الدورات الزراعية والنظم المحصولية
Crop rotations and Cropping system

يُعرّف التركيب المحصولي لأي منطقة بأنه المساحات المزروعة من مختلف النباتات الاقتصادية التي تشمل المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضار ومحاصيل الفاكهة، ومن المعتاد أن يحتوي التركيب المحصولي لكل منطقة على الأنواع الثلاثة من الإنتاج النباتي، لكن بنسب متفاوتة ومتغيرة حسب الظروف المناخية والاقتصادية والاجتماعية السائدة في المنطقة.

ويقصد بالدورة الزراعية النظام الدوري المتبع في تعاقب زراعة المحاصيل المختلفة في أرض أو منطقة معينة لمدة معينة، وتختلف مدة الدورات الزراعية بين سنتين وسبع سنوات؛ وفقاً لأنواع المحاصيل الداخلة في الدورة. وطبقاً لهذا التعريف فإن الدورات الزراعية تختلف في مفهومها تماماً عن التراكيب المحصولية.

فوائد الدورات الزراعية: إن الفوائد التي تعود على المزارع من تطبيق نظام الدورات الزراعية عديدة يمكن تلخيصها بالنقاط الآتية:

1-المحافظة على التوازن بين العناصر الغذائية: فبينما يحتاج بعضها إلى كمية كبيرة من عناصر البوتاسيوم كالمحاصيل الجذرية والدرنية وغيرها من المحاصيل التي تشكل أعضاء ادخارية تحتاج المحاصيل الورقية إلى كمية كبيرة من عنصر الآزوت، في حين تحتاج المحاصيل الثمرية إلى عنصر الفوسفور، وعلى ذلك يمكن عن طريق الدورة المنتظمة منع تعاقب محصولين شرهين للعنصر نفسه؛ وبالتالي الحفاظ على التوازن بين العناصر الغذائية.

2-المحافظة على خصوبة التربة: لا شك في أن المحاصيل تمتص كمية كبيرة من العناصر الغذائية في كل موسم، لكن درجة الامتصاص تختلف من محصول لآخر. فمن المحاصيل ما هو مجهد للتربة، مثل: القطن والذرة والبطاطا حيث تمتص كميات كبيرة من الغذاء الموجود في التربة، ومنها ما هو غير مجهد بل حتى مفيد كما في المحاصيل البقولية التي لا تمتص الآزوت بل تضيف إلى التربة كمية كبيرة منه مما يزيد في خصوبة الأرض.

3-المحافظة على المادة العضوية في التربة: من المعروف أن المحاصيل البقولية تترك في التربة مجموعاً جذرياً كبيراً، وبقايا كثيرة تزيد دائماً من نسبة المادة العضوية المفيدة للتربة في حين نجد أن نسبة المادة

العضوية تتضاءل عند زراعة المحاصيل المجهدة، وتصبح التربة فقيرة بالمادة العضوية، لذا لابد أن تشمل الدورة على محصول بقولي لزيادة نسبة المادة العضوية الموجودة في التربة سواء كان ذلك قبل زراعة المحصول المجهد أو بعده.

4- المساهمة في مقاومة الأمراض والحشرات والأعشاب: للدورة الزراعية تأثيرٌ فاعلٌ في الحدّ من انتشار كثير من الأمراض، أو التقليل من إصابتها وأضرارها، وذلك بتجنب زراعة المحصول الذي يصاب بأحد الأمراض لسنواتٍ عدة، وبخاصة تلك الأمراض التي تعيش مسبباتها المرضية لفترة قصيرة نسبياً (سنة أو سنتين)، فيمكن مثلاً مقاومة مرض تدرن الجذور الصولجاني الذي يصيب جذور نباتات الفصيلة الصليبية، وأمراض الصدأ التي تصيب القمح والشعير، بمنع زراعة هذه المحاصيل في التربة الموبوءة لمدة سنتين، بينما لا يمكن مقاومة بعض الأمراض مثل مرض جرب البطاطا باتباع دورة زراعية، وذلك لأن مسببات هذا المرض تعيش فترة طويلة في التربة، ومن جهة أخرى فإن للدورة الزراعية أهمية كبيرة كوسيلة للقضاء على بعض أنواع الحشرات خصوصاً تلك التي تتغذى على محصول واحد فقط ولا تستطيع الانتقال لمسافات بعيدة، في هذه الحالة يكفي اتباع دورة زراعية قصيرة للقضاء عليها؛ إذ إنّ غياب العائل عن الأرض بسبب زراعتها بمحاصيل أخرى حسب نظام الدورة الزراعية يحدُّ من هذا الانتشار.

5- زيادة الإنتاج والغلة: نتيجة تحسن خصوبة التربة وزيادة محتواها من المادة العضوية، وإراحتها من المحاصيل المجهدة لفترة ما، فإن المحاصيل النامية في مثل هذه الأراضي ستكون عالية الإنتاج بالمقارنة مع أراضٍ زرعت باستمرار من عام لآخر، سواء بامتلاء الحبة أو بزيادة نسبة البروتين أو بوزن الألف حبة، أو زيادة نسبة السكر في جذور الشوندر السكري..الخ.

6-تنظيم الحالة الاقتصادية للمزارع: تُساعد الدورة الزراعية في انتظام الأعمال في المزرعة وتبسيطها، وتوزيع الدخل على مدار السنة، وحماية المُزارع وتجنيبه الخسائر التي تنجم عن زراعة محاصيل معينة لارتفاع أسعارها في الموسم السابق مثلاً؛ مما يؤدي إلى زيادة العرض وإغراق السوق بهذه المحاصيل؛ وبالتالي انخفاض أسعارها. لذا فإن اتباع دورة زراعية سليمة يقلّل من الخسائر، ويحسّن بالتالي من الحالة الاقتصادية للمزارع.

النقاط الأساسية الواجب توافرها في أثناء تصميم الدورة الزراعية: لكي يمكن تصميم دورة زراعية مناسبة ذات كفاية عالية، لا بد أن نأخذ في الحسبان بعض النقاط المهمة، نذكر منها:

1- أن تبقى المساحة المزروعة من كل محصول ثابتة من سنة إلى أخرى، ولا تتغير إلا إذا كانت هناك أسباب قوية للتغيير، كإصابة المحصول بحشرة، أو مرض يستدعي قلعه وإزالته، وزراعة محصول غيره؛ لأن تثبيت المساحة يساعد على توزيع العمل ورسم سياسة المزرعة إلى غيرها من الفوائد.

2- تخصيص أكبر مساحة ممكنة للمحصول النقدي الأكثر ربحاً في حدود المحافظة على خصوبة التربة وعدم تدهور الإنتاج فيها.

3-دراسة أنواع المحاصيل المناسبة للدورة وذلك بالنسبة لدرجة إجهادها للتربة، بحيث تتبادل المحاصيل المجهدة، مثل: الذرة الصفراء والقطن والشوندر السكري والبطاطا والبندورة والباذنجان مع المحاصيل نصف المجهدة للتربة وهي باقي المحاصيل عدا المحاصيل البقولية والتي تُعد من المحاصيل المخصبة.

4-تبادل زراعة المحاصيل ذات الجذور العميقة مع المحاصيل ذات الجذور السطحية، حيث يعمل ذلك على تحسين بناء التربة، ويسهل على النباتات المزروعة امتصاص العناصر الغذائية من طبقات التربة.

5-أن تحتوي الدورة على محصول واحد على الأقل من المحاصيل التي تخدم جيداً بالعزيق لكي تحدُّ من انتشار الأعشاب الضارة.

6-أن تحتوي الدورة على محاصيل العلف الأخضر اللازمة لتغذية الحيوانات الموجودة بالمزرعة، وكذلك بهدف الحفاظ على محتويات التربة من المادة العضوية، وتحسين خواصها وخصوبتها.

7-عدم تعاقب محاصيل تنتمي لفصيلة واحدة؛ إذ تتشابه غالباً محاصيل الفصيلة الواحدة في احتياجاتها الغذائية، كما أنها تتعرض للإصابة بآفات مرضية وحشرية واحدة.

8-عدم تكرار زراعة المحاصيل التي تصاب بشدة بأمراض تكمن مسبباتها في التربة ، وذلك حتى يمكن التخلص من هذه الأمراض، أو الحدّ من انتشارها وتقليل أضرارها.

خطوات تصميم الدورة الزراعية: عند تصميم دورة زراعية لمزرعة ما، نتبع الخطوات الآتية:

1- اختيار محاصيل الدورة حسب الجدوى الاقتصادية، ووفرة مياه الري، وملاءمة التربة للمحصول المزروع، وأسعار المحصول ومقدار الطلب في الأسواق، وتوفر العمال، كذلك توفر وسائل النقل ورأس المال وغيرها.

2- تحديد مساحة كل محصول في الدورة على ضوء الظروف الاقتصادية، حيث يتوقف ذلك على الربح المنتظر من كل محصول.

3- تحديد مدة الدورة: وهذه تقدر بعدد السنين التي تمضي حتى يزرع المحصول الرئيس في الأرض نفسها مرة أخرى، فمثلاً إذا زرع القطن وهو المحصول الرئيس في الدورة مرة كل سنتين، سميت الدورة ثنائية، أما

إذا زرع القطن مرة كل ثلاث سنوات سميت الدورة ثلاثية. هذا ويُعدّ المحصول الصيفي لأية دورة هو المحصول الرئيس وهو الذي يحدد مدة الدورة التي تساوي:

$$\text{مدة الدورة} = \frac{\text{مدة مكث المحصول الرئيس مقدرة بعدد السنين}}{\text{نسبة ما يشغله من مساحة الأرض}}$$

4- تحديد عدد أقسام الأرض: ويحدد بالمعادلة الآتية:

$$\text{عدد أقسام الأرض} = \frac{\text{مدة الدورة}}{\text{عمر المحصول الرئيس في الحقل}}$$

5- تقسيم المحاصيل حسب درجة إجهادها للتربة، وحسب الفصائل التي تنتمي إليها، وكذلك حسب درجة انتشار جذورها (سطحية أم عميقة).

6- تقسيم المحاصيل تبعاً لموسم نموها إلى محاصيل شتوية، مثل: القمح والشعير والكتان والبرسيم والعدس والفول والبازلاء، فضلاً عن الملفوفيات وبعض الخضار الجذرية والورقية. ومحاصيل صيفية، مثل: القطن والذرة والفول السوداني والفاصولياء واللوبياء إلى جانب البطاطا والبندورة والفليفلة والباذنجان وغيرها.

7- نقد الدورة: تنقد الدورة للتأكد من مطابقتها للشروط الواجب مراعاتها في صفات الدورة الجيدة، وخاصة فيما يتعلق بالعوامل الآتية:

أ- وجود وقت كافٍ لتجهيز التربة وخدمتها بين المحصولين المتعاقبين، حتى يمكن زراعة المحصول اللاحق في الوقت المناسب.

ب- مدى تكامل المحاصيل المتعاقبة، وخاصةً احتياجاتها من الأسمدة والعناصر المعدنية المغذية.

ج- مدى محافظة الدورة على خصوبة التربة من دون إجهاد.

د- هل تساعد الدورة على مقاومة الأعشاب والأمراض والحشرات التي تصيب محاصيل الدورة.

هـ- مدى كفاية الدورة لحسن توزيع العمل واستمراره على مدار الدورة.

و- حسن توزيع الإيراد واستقراره خلال سنوات الدورة.

ز- الحصول على أكبر ربح ممكن بأقل التكاليف، مع المحافظة على خصوبة التربة.

فإذا كانت الدورة تحقق الشروط السابقة كانت جيدة، وإلا عدّلت بتغيير تعاقب المحاصيل أو بتعديل مساحة بعضها أو بالاثنين معاً.

التصميم العام لنماذج الدورات الزراعية الخاصة بالمحاصيل الحقلية:

1-التصميم العام للدورة الثنائية:

	السنة الأولى	السنة الثانية
النصف الأول	المحصول الرئيس الصيفي	حبوب وبقول شتوية ثم صيفي
النصف الثاني	حبوب وبقول شتوية ثم صيفي	المحصول الرئيس الصيفي

2-التصميم العام للدورة الثلاثية:

	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة
الثلث الأول	المحصول الرئيس الصيفي	حبوب شتوية ثم صيفي	بقول شتوية ثم صيفي
الثلث الثاني	بقول شتوية ثم صيفي	المحصول الرئيس الصيفي	حبوب شتوية ثم صيفي
الثلث الثالث	حبوب شتوية ثم صيفي	بقول شتوية ثم صيفي	المحصول الرئيس الصيفي

والفرق بين الدورتين الثنائية والثلاثية ينحصر فقط في المساحة المخصصة للمحصول الصيفي الرئيس وهو غالباً القطن؛ إذ تخصص له نصف المساحة في الدورة الثنائية، وثلث المساحة في الدورة الثلاثية.

الجزء المخصص للمحصول الصيفي الرئيس سواء كان نصف الأرض أم ثلثها سوف يكون مشغولاً بالقطن طوال العام تقريباً، ما عدا الفترة الواقعة بين انتهاء جني المحصول (تشرين الثاني) وبداية تحضير الأرض لزراعة الموسم القادم (آذار)، والتي يمكن أن تشغل بزراعة البرسيم المؤقت. أو أن تترك بوراً طوال هذه الفترة، وعليه يكون الجزء المخصص للمحصول الصيفي الرئيس مشغولاً طوال العام الزراعي (بالبرسيم ثم القطن) أو بالبور ثم القطن. أما الجزء الآخر المخصص للمحاصيل الشتوية سواء كان نصف الأرض أم ثلثها، فإنه يوزع بين محاصيل الحبوب وعلى الغالب القمح والشعير ومحاصيل العلف والبقول، وبما أن المحاصيل الشتوية سواء كانت حبوباً أو بقوليات أو كتاناً..الخ، تشغل الأرض نصف السنة الزراعية فقط، فإنها تستكمل بزراعة محاصيل صيفية، مثل: الذرة الصفراء والسمسم والذرة البيضاء.

مثال 1: تصميم دورة زراعية ثنائية مؤلفة من المحاصيل الآتية:

قطن، قمح، شعير، ذرة صفراء، فول سوداني، بقوليات؛ علماً أن القطن يشغل 50% من المساحة وهو المحصول الرئيس، والنجيليات 25% والبقوليات 25%.

	السنة الأولى		السنة الثانية	
النصف الأول	50% قطن		25% حبوب ثم فول سوداني أو بور	25% بقول ثم ذرة أو بور
النصف الثاني	25% حبوب ثم فول سوداني أو بور	25% بقول ثم ذرة أو بور	50% قطن	

مثال (2): تصميم دورة زراعية ثلاثية مؤلفة من المحاصيل الآتية: قطن، قمح أو شعير، برسيم أو فول أو عدس، ذرة صفراء أو سمسم، فول سوداني أو لوبياء علفية.

	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة
الثلث الأول	برسيم مؤقت ثم قطن	قمح أو شعير ثم فول سوداني أو لوبياء علفية	برسيم أو فول أو عدس ثم ذرة صفراء أو سمسم
الثلث الثاني	برسيم أو فول أو عدس ثم ذرة صفراء أو سمسم	برسيم مؤقت ثم قطن	قمح أو شعير ثم فول سوداني أو لوبياء علفية
الثلث الثالث	قمح أو شعير ثم فول سوداني أو لوبياء علفية	برسيم أو فول أو عدس ثم ذرة صفراء أو سمسم	برسيم مؤقت ثم قطن

نماذج الدورات الزراعية:

1-دورة ثنائية: وفيها ترتب المحاصيل على أساس أن يعود المحصول الواحد إلى الأرض نفسها مرة كل سنتين، ويكون التتابع محصولاً مجهداً، وآخر نصف مجهد، كي يستفيد الأخير من الأسمدة المضافة بوفرة للمحاصيل المجهدة، والتي لا تستهلكها جميعها.

	السنة الأولى	السنة الثانية
النصف الأول	محاصيل مجهدة (تسميد وافر)	محاصيل نصف مجهدة (تسميد خفيف)
النصف الثاني	محاصيل نصف مجهدة (تسميد خفيف)	محاصيل مجهدة (تسميد وافر)

2–دورة ثلاثية: وفيها ترتب المحاصيل على أن يتبع المحاصيل المجهدة محاصيل نصف مجهدة كي تستفيد الأخيرة من الأسمدة العضوية التي تضاف بوفرة للمحاصيل المجهدة ولا تستهلكها جميعها، ثم تأتي بعد ذلك المحاصيل البقولية التي تريح الأرض وتزيد من خصوبتها.

ويكون تخطيط مثل هذه الدورات على النحو الآتي:

	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة
الثلث الأول	محاصيل مجهدة (تسميد وافر)	محاصيل نصف مجهدة (تسميد خفيف)	محاصيل بقولية
الثلث الثاني	محاصيل بقولية	محاصيل مجهدة (تسميد وافر)	محاصيل نصف مجهدة (تسميد خفيف)
الثلث الثالث	محاصيل نصف مجهدة (تسميد خفيف)	محاصيل بقولية	محاصيل مجهدة (تسميد وافر)

3–دورة رباعية: وفيها ترتب المحاصيل على أن يتبع المحاصيل المجهدة محاصيل نصف مجهدة ثم تأتي بعد ذلك المحاصيل البقولية التي تريح الأرض وتزيد من خصوبتها. مثال: دورة زراعية رباعية لمحصول القطن مع المحاصيل الآتية: نجيليات (قمح/شعير)، بقول (عد س/حمص)، شوندر سكري.

	السنة الأولى	السنة الثانية	السنة الثالثة	السنة الرابعة
الربع الأول	قطن	قمح/شعير	شوندر سكري	بقول
الربع الثاني	بقول	قطن	قمح/شعير	شوندر سكري
الربع الثالث	شوندر سكري	بقول	قطن	قمح/شعير
الربع الرابع	قمح/شعير	شوندر سكري	بقول	قطن

النظم المحصولية Cropping system:

تختلف النظم الزراعية في العالم وتتنوع باختلاف العوامل البيئية والطبوغرافية والسكانية لكل منطقة، لذلك نجد أن النظم الزراعية السائدة في كل منطقة تكون نتاج لظروفها المحلية، ويشتمل أي نظام زراعي على توليفة من نظم الإنتاج النباتي والحيواني، وتتفاوت أهمية هذه المكونات من منطقة لأخرى.

بدأ تطور زراعة المحاصيل مع استقرار الإنسان حول مصادر المياه واستغلاله للموارد المتاحة لأجل إنتاج غذائه، ولكن لم يعرف بالتحديد متى بدأت تتشكل النظم المحصولية، إلا أنه يعتقد أنها بدأت مع الحضارات القديمة كالحضارة البابلية والفرعونية التي طورت نظم زراعة المحاصيل المتعددة، ولقد تطورت نظم الإنتاج لتتلاءم مع العوامل البيئية والطبوغرافية والسكانية لكل منطقة؛ مما أوجد نظماً محصولية مختلفة كل منها يلائم ظروف محددة للزراعة، فنجد حالياً نظم الزراعة الجافة والتي يسود فيها نظام زراعة المحصول الواحد(monoculture cropping systems) بينما نجد في المناطق المعتدلة والرطبة نظم زراعة المحاصيل المتعددة (multiple cropping systems) حيث يكون المطر كافياً لإنتاج أكثر من محصول في السنة أو في المناطق التي تتوفر فيها مياه الري.

التكثيف الزراعي Agricultural intensification: تختلف نظم الإنتاج النباتي وأنماطه في العالم باختلاف أنواع المحاصيل والموارد الطبيعية، المتاحة وكذلك مدى توفر العمالة، ففي المناطق التي تتوفر فيها مساحات واسعة وظروف بيئية معتدلة تساعد على إنتاج المحاصيل الحقلية، فإنه تسود بها نظم الزراعة الموسعة (Extensive agriculture) حيث تزرع محاصيل الحبوب (القمح، الشعير، الذرة الصفراء) و البقول (الفول، الحمص، العدس) ومحاصيل الزيت (فول الصويا، دوار الشمس، الخردل) والمحاصيل السكرية (قصب السكر وبنجر السكر)، ومحاصيل الأعلاف (البرسيم الحجازي والحشائش العلفية)، وهذه النظم تنتشر في مناطق السهول المنبسطة وغالباً ما تكون الزراعة مطرية كما السهول العظمى في الولايات المتحدة وكندا وأستراليا أو قد تكون زراعات مروية بمياه الأنهار كما في بعض الدول العربية كالعراق وسورية ومصر أو عن طريق المياه الجوفية كما في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية.

أما في المناطق التي تكون الأرض الزراعية صغيرة كما في مناطق الأودية والمناطق الجبلية والساحلية حيث تكون الحيازات الزراعية صغيرة أو في المناطق القريبة من المدن ينتشر نوع آخر من نظم الزراعة وهو نظم الزراعة المكثفة (Intensive agriculture) حيث تزرع محاصيل الخضر وبساتين الفاكهة وذلك لاستغلال وحدة الأرض للحصول على أعلى إنتاجية؛ وذلك عن طريق استخدام الأيدي العاملة المتوفرة

وتكثيف استخدام مدخلات الإنتاج مثل الأسمدة والمبيدات والبذور المحسنة، وتطبيق تقانات الإنتاج الحديثة، مثل: نظم الري الحديثة و نظم الزراعة المحمية.

تهدف برامج التنمية الزراعية إلى زيادة الإنتاج الزراعي من خلال إما زيادة المساحات الزراعية المستغلة (التوسع الأفقي) من خلال برامج توزيع الأراضي الزراعية وإنشاء المشاريع الزراعية الكبيرة، أو زيادة الإنتاج الزراعي في وحدة المساحة (التوسع الرأسي) من خلال زيادة الكثافة الزراعية في وحدة المساحة، واستخدام تقانات إنتاج حديثة أو زيادة مدخلات الإنتاج الزراعي.

العوامل المحددة لاختيار النظام المحصولي: يؤثر في النظام المحصولي لأي منطقة عوامل عدّة، مثل: الموارد الأرضية، والموارد المائية، والظروف البيئية، والإمكانيات المالية، والإمكانيات البشرية، والظروف الاجتماعية والاقتصادية، حيث تتداخل هذه العوامل لتحدد النمط الإنتاجي الملائم.

1-الموارد الأرضية: تشكل الأرض أحد أهم العناصر المحددة للنظام الزراعي حيث تختلف المناطق من حيث ملاءمتها للزراعة، وذلك بناء على طبوغرافية الأرض ونوع التربة وخصوبتها.

أ-طبوغرافية الأرض: تودي طبوغرافية الأرض إلى تشكل أنواع من الأنماط الزراعية الخاصة نتيجة لطبيعة الأرض الزراعية. فالأرض المنبسطة كأراضي السهول تساعد على التوسع الزراعي، وبالتالي زيادة حجم الحيازات الزراعية؛ مما يساعد على التوسع في زراعة المحاصيل الحقلية أما في المناطق ذات الطبيعة الصعبة مثل أراضي الجبال والوديان نجد أنماطاً خاصة، مثل: الزراعة في المدرجات في المناطق الجبلية، و الزراعة الكنتورية في مناطق المروج وهذه الأنماط من الزراعة تهدف إلى تقليل انجراف التربة وإنتاج محاصيل متعددة في مساحات صغيرة؛ فتسود أنماط الزراعة المتداخلة والزراعة في شرائح.

ب-نوع التربة: يؤثر نوع التربة في النظم الزراعية من خلال تأثير قوام التربة في حركة الماء في التربة و الصرف وإمكانية إجراء العمليات الزراعية كما يؤثر المحتوى الكيميائي للتربة في ملائمة التربة لزراعة بعض المحاصيل. ففي المناطق الرطبة تصلح الأراضي الثقيلة في زراعة المحاصيل التي لا تتطلب عمليات خدمة في موسم الأمطار، أما في المناطق الجافة يتوقف نجاح زراعة المحاصيل الحقلية على وجود نظام جيد للصرف يمنع ارتفاع مستوى الماء الأرضي، أما الأراضي الرسوبية التي تمتاز بارتفاع عنصر الصوديوم فلا ينجح بها سوى المحاصيل نصف المائية مثل الأرز، أما الأراضي الرسوبية التي يوجد بها تركيز مرتفع من الأملاح يتوقف نجاح الزراعة بها على وجود نظام صرف فاعل، أما في الترب الخفيفة جيدة الصرف

فتنجح زراعة معظم المحاصيل الزراعية سواء الزراعة المطرية أو الزراعة المروية، لذلك فإن نوع التربة يؤثر في مدى ملائمة الأرض للزراعة، ونوع المحاصيل التي يمكن زراعتها.

ج–خصوبة التربة: تُعدّ خصوبة التربة عاملاً محدداً للأنماط المحصولية في الزراعات المطرية والمزارع الصغيرة التي يكون رأس المال فيها محدوداً حيث يتم اختيار المحصول المناسب حسب خصوبة التربة، فالأنماط المحصولية ذات المحصول الواحد لا تستنزف كميات كبيرة من العناصر الغذائية، أما استخدام الأنماط المحصولية المتعددة خاصة محاصيل الحبوب، فهي تستنزف كثيراً من العناصر المغذية؛ مما يجعلها مجهدة للتربة خاصة في الأراضي متوسطة الخصوبة، لذلك يستلزم إضافة الأسمدة الكيميائية لرفع خصوبة التربة.

2– الموارد المائية:

أ–الأمطار: تسود الزراعة المطرية (Rainfed agriculture) في مناطق واسعة في العالم حيث تسقط الأمطار بمعدل يسمح بزراعة المحاصيل، ويقتصر موسم نمو المحصول على موسم المطر، ولذلك تتفاوت النظم المحصولية في الزراعات المطرية بتفاوت معدل سقوط الأمطار و توزيع المطر خلال الموسم، ويتم اختيار محصول أو أكثر حسب مدة بقاء المحصول في الأرض والاحتياجات المائية للمحصول، وعادةً ما يتم اختيار محصول رئيس يتلاءم مع موسم هطول الأمطار في المنطقة. وقد يتم زراعة محصول ثانوي إذا كان هناك موسمان للأمطار خلال العام أو إذا كان التوزيع للمطر يسقط على مدار العام. وتمارس زراعة أكثر من محصول في العام في المناطق التي يزيد فيها معدل سقوط المطر على 750 مم سنوياً. بينما تسود أنماط زراعة المحصول الواحد إذا كان معدل الأمطار من 350– 750مم سنوياً أما في المناطق الجافة التي يقل فيها المطر عن 250 مم فإن نجاح الزراعة يكون محدوداً في المناطق المنخفضة ومناطق تجمعات الأمطار.

ب–الري: تمثل المناطق المروية في العالم مساحة محدودة لا تتجاوز 5%، ويختلف مصدر مياه الري من منطقة إلى أخرى حيث يسود في المناطق المجاورة للأنهار أو من مياه السدود التي تحتجز من مياه الأمطار لري المزروعات أو من المياه الجوفية في المناطق التي يتوفر فيها محزونات جيدة من المياه الجوفية. كما أن وجود مصدر لمياه الري يزيد من التكثيف الزراعي، وانتشار نمط الزراعة المحصولية المتتابعة حتى يمكن استغلال الموارد المتاحة وتغطية التكاليف.

3- الظروف البيئية: تُعدُّ العوامل المناخية (الحرارة، والضوء، والرطوبة والرياح) عوامل محددة لطول موسم النمو، ولذلك تتغير الأنماط المحصولية؛ تبعاً لطول موسم النمو ودرجات الحرارة و الرطوبة السائدة، ففي المناطق الباردة نجد أن موسم النمو محدود في الفترة التي تعتدل فيها درجة الحرارة بصورة تسمح بإنتاج بعض المحاصيل؛ ولذلك تسود في هذه المناطق زراعة المحصول الواحد، وكذلك الحال في المناطق الصحراوية، أما في المناطق المعتدلة والدافئة التي يزيد فيها موسم النمو على 200 يوم تنتشر أنماط زراعة المحاصيل المتعددة.

4- الظروف الاجتماعية والاقتصادية: تؤثر الحالة الاقتصادية والاجتماعية في الأنماط المحصولية التي تستخدم في المزرعة، حيث نجد أن كبر حجم المزرعة مع القدرة المالية للمزارع تمكنّه من تكثيف استخدام مدخلات الإنتاج (الأسمدة و المبيدات والبذور المحسنة)؛ مما ينعكس على زيادة الإنتاج.

كذلك فإن توفر التجهيزات الحديثة وتطبيق تقانات الإنتاج يرتبط بوجود مساحات زراعية تجعل استخدام تلك التقانات مجدياً اقتصادياً، لذلك نجد أن أنماط الزراعة المكثفة وزراعة المحاصيل المتتابعة تسود في مثل تلك المزارع. أما في المزارع الصغيرة حيث التجهيزات المحدودة واستخدام مدخلات الإنتاج المحدود؛ فتسود أنماط الزراعة المتداخلة.

نظم زراعة المحاصيل الحقلية:

تتحدد نظم زراعة المحاصيل بناءً على عدد المحاصيل التي يتم زراعتها وطول فترة بقاء المحصول (موسم النمو) ويمكن تقسيم النظم المحصولية إلى مجموعتين رئيسيتين هما: نظم زراعة المحصول الواحد، ونظم زراعة المحاصيل المتعددة كالآتي:

أ- نظم زراعة المحصول الواحد Monoculture cropping systems:

تسود نظم زراعة المحصول الواحد في المناطق الباردة حيث لا يسمح موسم النمو في زراعة أكثر من محصول في السنة كما في كندا وشمال أوروبا حيث تتراوح المدة التي يمكن إنتاج محصول فيها من 120 -180 يوماً، وبالتالي يزرع المحصول المناسب في نهاية فصل الربيع، ويتم الحصاد في نهاية فصل الصيف. أما المحاصيل الشتوية كالقمح الشتوي، فتزرع في فصل الخريف قبل سقوط الثلج وتبقى مغطاة بالثلج في فصل الشتاء ثم تعود للنمو بعد اعتدال درجة الحرارة في فصل الربيع، ويتم الحصاد في فصل الصيف.

وأيضا ينتشر نظام زراعة المحصول الواحد في المناطق المعتدلة التي تعتمد على المطر كما في مناطق جنوب أوروبا وجنوب الولايات المتحدة الأمريكية والأرجنتين وبعض مناطق أستراليا حيث تسود زراعة المحاصيل الحقلية القمح والشعير والذرة الصفراء وفول الصويا على مساحات كبيرة، ثم تترك الأرض من دون زراعة حتى الموسم التالي، وكذلك فى المناطق الجافة في أفريقية وأسيا وأستراليا عندما يتركز موسم المطر في أشهر معدودة تكفي لزراعة محصول اقتصادي، كما يسود نظام زراعة المحصول في الزراعات البعلية في المناطق المجاورة للأنهار والوديان والتي تستفيد من فيضان الأنهار و الأودية في إنتاج محصول يتحمل الجفاف، مثل: الشعير والذرة الرفيعة والدخن .

ب- نظم زراعة المحاصيل المتعددة Multiple cropping systems:

تُقسم نظم زراعة المحاصيل المتعددة إلى مجموعة كبيرة من الأنماط والصور المتعددة لزراعة المحاصيل، وذلك بهدف استغلال الموارد الأرضية والمائية بصورة تحقق عائداً اقتصادياً مجزياً للمزارع، وتتطلب نظم زراعة المحاصيل المتعددة عناية أكبر في إدارة المحصول واستخدام مدخلات الإنتاج، وتختلف الدورة المحصولية والتركيبية المحصولية لكل منطقة بحسب الظروف البيئية وطبيعة المحاصيل المزروعة، وتأخذ زراعة المحاصيل المتعددة الأشكال الآتية:

1- الأنماط المحصولية المتتابعة Sequential cropping patterns:

تتكون الأنماط المحصولية المتتابعة من محصولين أو أكثر، كل محصول يزرع منفرداً، وبعد الانتهاء من حصاد المحصول الأول يتم إعداد الأرض لزراعة المحصول التالي، ويسود هذا النمط في المناطق المعتدلة التي يكون فيها موسم الأمطار طويلاً ومعدل الأمطار يزيد على 750مم في السنة، كما يسود في المناطق المروية حيث يمكن إنتاج أكثر من محصول في السنة ومن أمثلة هذا النمط:

- **نمط زراعة محصولين في السنة:** وهو أكثر الأنماط شيوعاً في المناطق المعتدلة والدافئة من العالم، مثل زراعة محصول حبوب شتوي مثل القمح والشعير يعقبه محصول صيفي مثل القطن وفول الصويا، كذلك ينتشر هذا النمط في حوض البحر الأبيض المتوسط في زراعة المحاصيل النجيلية والبقولية بالتبادل.

- **نمط زراعة ثلاثة أو أربعة محاصيل في السنة:** وينتشر في جنوب شرق آسيا في مناطق زراعة الأرز حيث يكون الأرز هو المحصول الرئيس يعقبه فاصولياء ثم لوبياء، كما ينتشر هذا النمط في زراعة محاصيل الخضار في معظم مناطق العالم بحيث ينتج من ثلاثة إلى أربعة محاصيل في السنة، كل محصول يمثل موسماً معيناً يطلق عليه عروة. فهناك عروة خريفية وعروة ربيعية وعروة صيفية وفي بعض المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية قد يوجد عروة شتوية.

2-الأنماط المحصولية المتداخلة Intercropping patterns: تتكون الأنماط المحصولية المتداخلة من مجموعة من الأنماط تحتوي على محصولين أو أكثر مزروعة في المساحة نفسها إما مختلطة مع بعضها Mixed cropping أو متجاورة في خطوط أو شرائح أو تشترك في جزء من الموسم كما يأتي:

1) زراعة المخاليط: تنتشر في مناطق واسعة من العالم كنمط رئيس لزراعة الأعلاف، حيث يتم تركيب المخاليط من محصولين: بقولي ونجيلي، ويسمى مخلوطاً بسيطاً أو من عدة محاصيل، وتسمى مخاليط مركبة، وقد يكون المخلوط مؤقتاً مثل زراعة محصول حولي مع معمر كزراعة الشعير مع البرسيم الحجازي لتوفير حماية لبادرات البرسيم الصغيرة وزيادة محصول الحشة الأولى أو قد تزرع المخاليط بصورة دائمة لتأمين عليقة متوازنة للحيوان أو توفير إنتاج متوازن من العلف خلال العام، وتنتشر زراعة مخاليط الأعلاف في المراعي الدائمة و المراعي الدورية في أوروبا وأمريكا الشمالية والجنوبية وأستراليا.

2) الزراعة المتداخلة على خطوط (التحميلية): تنتشر في بعض مناطق أفريقية وشرق آسيا وأمريكا الوسطى والجنوبية، وفيها تتم زراعة محصولين في خطوط متبادلة، وإما أن يكون المحصولان متماثلين، مثل: زراعة الذرة الصفراء والذرة الرفيعة أو الدخن، أو قد يكون المحصولان مختلفين، مثل: زراعة الذرة الصفراء وفول الصويا، ويلجا المزارعون لزراعة المحاصيل متداخلة في خطوط؛ بهدف تقليل الحاجة إلى التسميد عند زراعة محصول نجيلي مع بقولي، وتقليل المخاطر من انتشار الأمراض والحشرات، ولكن يعاب على هذه الطريقة صعوبة إجراء عمليات الخدمة والحصاد آلياً.

يتم غالباً التعبير عن فوائد نظام الزراعة التحميلية بما يسمى نسبة مكافئ الأرض Land equivalent ratio (LER)، ويعرّف بأنه مساحة الأرض اللازمة تحت نظام الزراعة المنفردة للمحصول لإنتاج كمية

الإنتاج نفسها الناتجة من زراعة وحدة المساحة تحت نظام التحميل، ويحسب هذا المعدل كمجموع ناتج قسمة المحصول الناتج من الزراعة التحميلية منسوباً إلى المحصول الناتج من الزراعة المنفردة وذلك لكلا المحصولين المحمّلين، ويحسب حسب المعادلة الآتية المقترحة من قبل (Mead and Willey, 1980):

$$\mathbf{LER = Ym /Sm + Ys/Ss}$$

حيث إن:

Ym: غلة الذرة الصفراء في الزراعة المتداخلة.

Sm: غلة الذرة الصفراء في الزراعة الوحيدة.

Ys: غلة فول الصويا في الزراعة المتداخلة.

Ss: غلة فول الصويا في الزراعة الوحيدة

فإذا كانت النتيجة:

LER > 1 : يعني أن التعايش بين النباتات أكبر من المنافسة بينهما، لذلك الزراعة التحميلية مفيدة.

LER = 1: يعني أن إنتاجية الزراعة التحميلية تماثل إنتاجية الزراعة المنفردة.

LER < 1 : يعني وجود تنافس كبير بين النباتات، وهذا يلغي جدوى الزراعة التحميلية.

3) الزراعة في شرائح: بهدف حماية التربة من الانجراف، فتتم زراعة المحاصيل في شرائح متبادلة بحيث تختلف المحاصيل في موسم النمو وفترة البقاء في الأرض، مما يسهم في تثبيت التربة وتحسين الإنتاجية كما تساعد الزراعة في شرائح على تقليل انتشار الآفات حيث تعمل كحواجز طبيعية، الشرائح المزروعة قد تكون مستقيمة أو مائلة/كونتورية. ويمكن عند الزراعة في شرائح من القيام بالعمليات الزراعية جميعها آلياً.

4) زراعة محصول قبل حصاد محصول آخر: يُستخدم هذا النمط في بعض المناطق؛ بهدف الحصول على محصول مبكر حيث تتم زراعة المحصول الثاني قبل حصاد المحصول الأول، بحيث يعمل المحصول الأول على حماية بادرات المحصول الثاني ثم بعد حصاد المحصول الثاني تنشط نباتات المحصول الثاني في النمو، مما يمكنها من إعطاء محصول مبكر. وأفضل مثال على هذا النمط هو زراعة البطيخ بين نباتات القمح التي تمارس بنجاح في وادي الدواسر.

3- أنماط محاصيل الخلفات Raton cropping patterns:

ينتشر نمط محاصيل الخلفات في محاصيل الأعلاف كالبرسيم الحجازي وحشيشة الرودس التي لها القدرة على النمو وتكوين خلافات جديدة بعد الحش، ويستمر المحصول في الأرض ما دام يعطي نموات جيدة تكفل استمرار المحصول، وتنمو النموات الجديدة من البراعم الإبطية على بقايا سيقان المحصول السابق ويطلق عليها سيقان إبطية أو من المنطقة المرستيمية على التاج، ويطلق عليها سيقان التاج أو من السيقان المدادة، ويُعدُّ قصب السكر هو المحصول الحقلي الوحيد خارج محاصيل الأعلاف الذي له القدرة على تكوين خلفات جديدة بعد الحش حيث يحتاج قصب السكر إلى 10-12 شهراً لنضج المحصول الأول ويحتاج 8-10 شهور لنضج الخلفة الثانية و 7-8 شهور لنضج الخلفة الثالثة.

مخاليط علفية

زراعة محصولين متماثلين (ذرة رفيعة ودخن) في خطوط متبادلة.

الزراعة التحميلية بزراعة محصولين مفيدين أو أكثر لزيادة التنوع الحيوي

زراعة محصولين مختلفين (ذرة صفرا و قول صويا) في خطوط متبادلة

صورة لأحد الحقول المزروعة بطريقة الشرائح الكنتورية.

صورة لأحد حقول القمح (محصول أول) المزروعة بالبطيخ (محصول ثاني)

الفصل السادس

إدارة الأسمدة والتغذية المعدنية للمحاصيل الحقلية

Fertilizers management and field crops nutrition

تعتمد المحاصيل الزراعية بصفة عامة على التربة لإمدادها بكل من الماء والعناصر الغذائية الذائبة اللازمة لنمو النبات، وذلك من خلال محلول التربة الذي يمتصه النبات بواسطة مجموعه الجذري المنتشر في التربة. ويُعدُّ التسميد من أهم العوامل المؤثرة في تحسين إنتاجية المحاصيل وزيادتها؛ وخاصةً تحت ظروف الأراضي الفقيرة في محتواها من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات.

يُعرّف السماد بأنّه المادة أو المواد المستخدمة في تحسين خواص التربة وتغذية المحاصيل الزراعية؛ بهدف زيادة الإنتاج حيث تمد النباتات بالعناصر المغذية بشكل مباشر أو غير مباشر لكي يتحسن نموها ويزيد إنتاجها كماً ونوعاً. ويطلق على الأسمدة لفظ المخصبات (Enrichments) أي المواد التي تزيد من خصوبة التربة من العناصر الغذائية الميسرة للنبات أي يستطيع النبات امتصاصها.

منذ عام 1960م ومع التقدم في تقانة التسميد واستخدام التغذية المعدنية، بدأت إنتاجية المحاصيل الزراعية بالتحسن كماً ونوعاً في معظم مناطق العالم وخاصةً المتطورة منها (Tisdale وزملاؤه، 1985). وقد وُجد أن 50 % من زيادة إنتاجية محصول الذرة وبعض محاصيل الحبوب الأخرى وتحسُّنها يعزى إلى استخدام الأسمدة التجارية (Gardner وزملاؤه، 1985)، ومن أهم فوائد التسميد:

1- تحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للأرض الزراعية.

2- تحسين نظم الزراعة الكثيفة.

3- زيادة التوسع الرأسي في إنتاج المحاصيل الزراعية.

4- تحسين صفات المنتجات الزراعية.

5- زيادة الإنتاج.

العناصر المغذية الأساسية لنمو المحاصيل الحقلية:

لكي يكون العنصر أساسياً وضرورياً لنمو النبات، لابد من توفر الشروط الآتية:

1- لا يستطيع النبات إكمال دورة حياته من دون توفر هذا العنصر.

2- في حال نقص العنصر لا يصحح هذا النقص إلا من خلال إمداد النبات بهذا العنصر فقط.

3- أن يكون العنصر ذا دور مباشر في تغذية النبات، ويدخل في التركيب الأساسي داخل النبات.

عموماً، تنقسم العناصر الأساسية لنمو المحصول إلى عناصر كبرى (Macro nutrients) وعناصر صغرى (Micro nutrients). فالعناصر الكبرى هي تلك العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة تقدر بحوالي 1 غ / 1 كغ من المادة الجافة، وتشمل الكربون والهيدروجين والأكسجين والآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنزيوم والكبريت، أما العناصر الصغرى، فهي تلك العناصر التي يحتاجها النبات بكميات قليلة تقدر بحوالي 0.1 غ /1 كغ من المادة الجافة، وتشمل الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والبورون والمولبدنيوم والكلور. وقد وُجد أن هناك بعض العناصر الصغرى قد تكون أساسية لنمو بعض المحاصيل الزراعية، ومن أهم هذه العناصر: الصوديوم والفناديوم والسليكون والكوبالت، فقد وجد أن السليكون ضروري لنمو محاصيل الأرز والدخن وقصب السكر، بينما الصوديوم ضروري لنمو بعض النباتات المحبة للملوحة، والفناديوم ضروري للمحاصيل البقولية في تثبيت الآزوت الجوي.

العوامل المؤثرة في قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية:

يتأثر مقدار ما يمتصه النبات من العناصر الغذائية من الأرض بعدد من العوامل والتي يمكن تقسيمها إلى عوامل داخلية متعلقة بالنبات نفسه وأخرى خارجية تتعلق بالعوامل البيئية التي ينمو فيها النبات.

1- العوامل الداخلية: وتشمل النوع النباتي والتركيب الوراثي ومرحلة نمو النبات وصفات المجموع الجذري من حيث التعمق والانتشار والنفاذية وكذلك المجموع الخضري من حيث ازدياد النمو وكبر المساحة الورقية. أيضاٍ هناك بعض العمليات الفسيولوجية التي يقوم بها النبات لها تأثير في قدرة الامتصاص، مثل: عمليات الاستقلاب والتنفس والنتح.

2- العوامل الخارجية: وتشمل نوع العنصر الغذائي وتركيزه ومدى صلاحيته للامتصاص (الصورة الميسرة للعنصر في التربة) ومدى توزيعه حول جذور النبات، وكذلك نوع التربة التي ينمو فيها النبات من حيث التركيب والقوام، أيضاً فإن ارتفاع تركيز الأملاح في محلول التربة يؤدي إلى التقليل من قدرة الجذور على

امتصاص العناصر الغذائية، نظراً لزيادة الضغط الأسموزي وحدوث تنافس بين بعض العناصر متشابهة الشحنات الكهربائية. كذلك فإن درجة حرارة التربة وتركيز أيون الهيدروجين وتهوية التربة ومدى تيسر المحتوى الرطوبي بها، كل هذه العوامل قد تؤثر إما سلباً أو إيجاباً في قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية من محلول التربة المحيط بجذور النبات. كما وجد أن بعض العوامل المناخية المحيطة بالنبات، مثل: الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية لها تأثير في عمليات الاستقلاب المرتبطة بالامتصاص الإيجابي للعناصر الغذائية كما تؤثر على معدل النتح الذي بدوره يؤثر في مقدار العناصر الغذائية التي تنتقل بواسطة آلية الجريان الكلي للأيونات مع حركة الماء خلال الجذور والتي تزيد بزيادة النتح؛ مما يسهل حركة الأيونات وانتقالها داخل النبات.

تحديد الاحتياجات السمادية للمحاصيل الحقلية:

يُعرّف الاحتياج السمادي بكمية السماد التي يحتاجها محصول معين لإعطاء أفضل عائد ممكن تحت ظروف عوامل الإنتاج السائدة (مناخ، تربة..الخ). أمّا التوصية السمادية فهي الصيغة أو المعادلة السمادية للمحاصيل الزراعية والتي تتحدد بعد تقدير الاحتياجات السمادية، وتضمن توفير الاحتياج السمادي لهذه المحاصيل تحت ظروف الزراعة لإعطاء أفضل عائد، وأقل تلوث للبيئة.

وتؤثر في كمية السماد الواجب إضافته لمحصول ما مجموعة من العوامل، أهمها:

1- الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة ومستوى خصوبتها من العناصر الضرورية لنمو النبات.
2- نوع المحصول المراد زراعته.
3- كمية الإنتاج ونوعيته المطلوبة والتي تحقق العائد الاقتصادي من زراعة هذا المحصول.
4- المعاملات السابقة للتربة ونوعية المحصول السابق (الدورة الزراعية المستخدمة).
5- كمية مياه الري المتاحة ونوعيتها، وطريقة الري المتبعة.

الجدول 1: توصية وزارة الزراعة في سورية من الـNPK لأهم المحاصيل لزراعية.

العنصر / المحصول	الاحتياج من الفوسفور على صورة P_2O_5 كغ/هـ						الاحتياج من الآزوت على صورة N كغ/ هـ					الاحتياج من البوتاس على صورة K_2O كغ/هـ							
	نتائج التحاليل المخبرية الفوسفور(مغ/كغ)						نتائج التحاليل المخبرية للآزوت المعدني (مغ/كغ)					نتائج التحاليل المخبرية البوتاسيوم(مغ/كغ)							
	أقل من 2	3.1- 5	5.1 - 7	7.1- 9	9.1 12-	أكثر من 12	أقل من 5	5.1 -9	9.1 -15	15.1 -20	أكثر من 20	أقل من 60	61- 120	121- 160	161 240-	241- 350	351- 360	361- 420	أكثر من420
شوندر صيفي	120	110	100	70	30	-	220	210	200	150	100	140	120	100	80	60	40	20	-
بطاطا ربيعية و صيفية	140	130	120	80	60	-	180	170	156	120	80	160	150	140	120	90	60	40	-
ذرة صفراء سكر	110	100	80	60	35	-	160	150	135	90	40	90	80	70	50	30	20	-	-
ذرة صفراء بقل	60	50	40	30	20	-	80	70	60	30	-	45	40	35	25	15	-	-	-
تبغ	200	190	180	150	100	60	250	240	230	180	140	180	170	160	150	120	90	50	-
فول سوداني مروي	110	100	80	60	30	-	60	50	40	20	-	70	60	50	40	30	20	10	-
عباد شمس زيتي مروي	110	100	80	60	30	-	60	50	40	20	-	70	60	50	40	30	20	10	-
عباد شمس زيتي بعل	110	100	80	60	30	-	50	40	30	15	-	35	30	25	20	15	10	5	-
عباد شمس زيتي بعل	110	100	80	60	30	-	50	40	30	15	-	35	30	25	20	15	10	5	-
سمسم مروي	110	100	80	60	30	-	60	50	40	20	-	70	60	50	40	30	20	10	-
سمسم بعل	60	50	40	30	20	-	50	40	30	15	-	35	30	25	20	15	10	5	-
قمح عالي الإنتاج مروي	100	85	70	50	30	-	160	150	138	120	80	160	140	120	100	80	60	40	-
قمح عالي الإنتاج بعل أولي	65	55	45	30	15	-	110	100	92	50	40	100	80	60	40	30	20	-	-
قمح عالي الإنتاج بعل ثانية	60	50	40	25	15	-	80	75	69	40	-	100	80	60	40	30	20	-	-
قمح محلي بعل أولي	60	50	40	35	25	-	55	50	41	20	-	60	50	35	20	-	-	-	-
قمح محلي بعل ثانية	40	35	25	20	15	-	40	35	25	15	-	60	50	35	20	-	-	-	-
شعير مروي	80	70	60	40	20	-	100	90	80	40	-	60	50	35	20	-	-	-	-
شعير بعل أولي	70	60	55	35	25	-	80	75	69	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
شعير بعل ثانية	60	50	40	30	20	-	55	50	41	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
شعير بعل ثالثة	50	45	37	25	20	-	40	35	28	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
بقوليات غذائية مروية	60	55	45	30	20	-	30	25	20	10	-	45	35	25	20	-	-	-	-
شوندر سكري خريفي	120	120	100	70	40	-	220	210	200	150	100	160	140	120	100	80	60	30	-
بطاطا خريفية مروية	130	120	120	80	40	-	195	185	175	100	50	160	150	140	120	90	60	40	-
بقوليات علفية حبية	60	55	46	30	20	-	30	25	20	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
محاصيل زيتية	60	55	46	30	20	-	30	25	20	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

الجدول 2: الكمية المستنزفة (كغ/هكتار) من العناصر لبعض المحاصيل الزراعية والإنتاج المتوقع:

المجموعة	المحصول	الإنتاج المتوقع طن/هكتار	N كغ/هكتار	P_2O_5 كغ/هكتار	K_2O كغ/هكتار
حبوب	Wheat قمح	6	175	75	175
	Rice ارز	6	100	50	160
	Maize ذرة	6	120	50	120
جذور و درنات	Potatoبطاطا	40	175	80	310
	Sugarbeetشوندر سكري	45	200	90	300
خضار Vegetables	Tomatoبندورة	50	140	65	190
	Cucumberخيار	40	70	50	120
	Carrotجزر	30	125	55	200
	Cabbgeملفوف	70	370	85	480
	Caultiflowerقرنبيط	50	250	100	350
محاصيل زيتيةOilseed	Sunflowerعبادالشمس	3	120	60	240
	Rapeseedلفت	3	165	70	220
	فول سوداني t	2	*170 لا يضاف	30	110
	Soyabeanفول صويا	3	*220 لا يضاف	40	170
محاصيل سكرية	Sugarcaneقصب السكر	100	130	90	340

أنواع الأسمدة التي تُضاف للمحاصيل:

تعرّف الأسمدة بأنها مواد تستخدم في تحسين الحالة الغذائية للمحاصيل الزراعية ومدّها بالعناصر الغذائية اللازمة لنموها وزيادة الإنتاج كماً ونوعاً. ويمكن تقسيم الأسمدة إلى الأنواع الآتية:

أولاً- الأسمدة الطبيعية (العضوية):

وهي التي تكونت طبيعياً، وتستخدم في صورتها الطبيعية، وتشمل:

1- الأسمدة الحيوانية: وتتميز باحتوائها على نسبة عالية من المادة العضوية، وبعض العناصر الغذائية الضرورية، مثل: الآزوت والفسفور والبوتاسيوم وعناصر أخرى، كما تحتوي الأسمدة الحيوانية على كائنات حية تقوم بتحليل المادة العضوية، أيضاً فإن الأسمدة العضوية تحسن من الخواص الطبيعية للتربة كما تخفض درجة الحموضة.

2- الأسمدة الخضراء: وهي عبارة عن نباتات خضراء تزرع وتُقلب في التربة ،بهدف تحسين خواص التربة ومن أهم هذه النباتات المحاصيل البقولية المثبتة للآزوت الجوي.

3- أسمدة عضوية أخرى تشمل مخلفات المزرعة الناتجة من محصول سابق، وتحتوي هذه الأسمدة على عناصر غذائية تختلف بحسب المصدر الذي صنع منه السماد.

ثانياً– الأسمدة الكيميائية:

يتم تصنيع الأسمدة الكيميائية عن طريق الإنسان بواسطة تقانات خاصة وتحتوي على العناصر الغذائية في صورة غير عضوية. والأسمدة الكيميائية يمكن تقسيمها إلى سماد بسيط وسماد مركب، فالسماد البسيط هو الذي يحتوي على عنصرٍ مغذٍ واحد وهو العنصر الذي من أجله يضاف السماد، مثل: اليوريا ونترات الأمونيوم وكلوريد البوتاسيوم وغيرها. وعلى العموم فإن من أهم الأسمدة البسيطة والأكثر شيوعاً هي الأسمدة الآزوتية حيث تحتوي على الآزوت كعنصر سمادي فيها والأسمدة الفوسفاتية وهي التي تحتوي على الفوسفور كعنصر أساسي والأسمدة البوتاسية التي تحتوي على البوتاسيوم كعنصر سمادي. أما الأسمدة المركبة فهي تلك التي تحتوي على أكثر من عنصر سمادي خاصة تلك التي تحتوي على العناصر الثلاثة الكبرى NPK، مثل السماد المركب (النتروفوسكا)، وقد تحتوي على بعض العناصر الضرورية الأخرى. ويمكن تقسيم الأسمدة حسب طبيعة السماد إلى **أسمدة صلبة (جافة)** مثل الأسمدة التي سبق ذكرها **وأسمدة سائلة** تستخدم على شكل محاليل ذائبة في الماء حيث تحتوي على جميع العناصر التي يحتاجها النبات وأهميتها الأساسية هي رشها على أوراق النبات **وأسمدة غازية** ومن أهمها سماد الأمونيا حيث يصل تركيز الآزوت فيه إلى 80% ويتم حقنه تحت سطح التربة؛ بهدف تشجيع نمو النبات وتحسين الإنتاجية (Prior et al., 1998; Fangmeier et al., 2000).

الجدول : بعض أنواع الأسمدة الكيميائية المستخدمة في تسميد المحاصيل الزراعية:

اسم السماد	الرمز الكيميائي	النسبة (%)
كبريتات الأمونيوم	$(NH_4)_2\ SO_4$	N %21 و S %24
كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4$	Mg %16
كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	K_2O %50 و S %17
نترات الكالسيوم	$Ca\ (NO_3)_2$	N %15
نترات البوتاسيوم	KNO_3	N %13 و K_2O %44
كلوريد البوتاسيوم	KCl	K_2O %60
نترات الأمونيوم	$NH_4\ NO_3$	N %33
كلوريد الأمونيوم	NH_4CL	N %25
سوبر فوسفات الأحادي	$Ca(HPO_4)_2$	P_2O_5 %16
سوبر فوسفات الثلاثي	$Ca(H_2PO_4)_2$	P_2O_5 %46
اليوريا	$CO(NH_2)_2$	N %46

*المصدر: Tisdale وزملاؤه (1985)

طرق إضافة الأسمدة ومواعيدها:

يجب أن تضاف الأسمدة الصلبة بطريقة تضمن وصول العنصر الغذائي إلى منطقة جذور النبات حيث يسهل على النبات امتصاصه، ومن أهم طرق إضافة الأسمدة الصلبة (الجافة) للتربة الآتي:

1- نثراً إما يدوياً أو آلياً وهي أكثر الطرق شيوعاً في تسميد المحاصيل الزراعية.

2- وضع السماد آلياً عند البذار بحيث يكون وضع السماد أعمق من وضع البذور.

3- وضع السماد في سطور أو جور، وذلك حسب طبيعة النبات المزروع.

4- استخدام الطائرات في توزيع السماد خاصة في الحقول الواسعة.

أما الأسمدة السائلة والغازية فيمكن أن تضاف للنبات بإحدى الطرائق الآتية:

1- رش الأسمدة السائلة على الأوراق.

2- إضافة الأسمدة مع ماء الري.

3- حقن التربة بالأسمدة السائلة والغازية.

4- إضافة الأسمدة السائلة تحت سطح الأرض.

أما مواعيد إضافة الأسمدة للتربة فهذا يتأثر بعوامل عدة، أهمها نوع النبات وطبيعة نموه وطور النمو واحتياجاته الغذائية ونوع العنصر المضاف وطبيعة السماد المراد إضافته. وعلى العموم فإنه يجب أن يكون السماد متوفراً للنبات في الوقت الذي يكون النبات بحاجة له، لذلك تُعدُّ إضافة الأسمدة المعدنية على دفعات Split application مهمة وضرورية لتأمين حاجة النبات من العناصر الأساسية وخاصةً الآزوت خلال مراحل الطلب الأعظمي.

التسميد وكفاية استعمال المياه في المحاصيل الحقلية:

لقد وُجد أنّ أي عامل نمو Growth Factor يزيد من إنتاجية المحصول، سيؤدي حتماً إلى تحسين كفاية استعمال المياه، وذلك حسب المعادلة الآتية:

كفاية استعمال المياه = إنتاجية المحصول / كمية المياه المُستهلكة أو المنتوحة.

ومن هذه العوامل التي تؤثر في نمو المحاصيل الزراعية هي الحراثة، الأصناف، الكثافة النباتية، موعد الزراعة، مقاومة الآفات، التسميد. ويُعدُّ التسميد من العوامل المهمة المؤثرة في الإنتاجية، وبالتالي الاحتياجات المائية للمحصول. لقد وجد في الأراضي ضعيفة الخصوبة أن الاحتياجات المائية للمحصول تزيد بينما تنقص للنصف أو أكثر عند إضافة السماد المناسب؛ أي إن التسميد يؤدي إلى تحسين كفاية استعمال المياه. يُعد الماء عاملاً مهماً ومؤثراً في قدرة الجذور على امتصاص العناصر الغذائية من

محلول التربة حيث يوجد ثلاث آليات مهمة عن طريقها يتم امتصاص الجذور للعناصر الغذائية وجميعها تتأثر بمدى توفر ماء التربة. وهذه الآليات تشمل:

- الاعتراض الجذري (Root Interception) حيث إن للجذور القدرة العالية على اعتراض وامتصاص العناصر الغذائية من محلول التربة عندما تكون الرطوبة الأرضية متوفرة؛ لأن الجذور تكون أكثر نمواً وتشعباً والشعيرات الجذرية أكثر عدداً؛ وبالتالي يصل الجذر بنموه إلى حيث توجد العناصر الغذائية، وبذلك يكون أكثر ملامسة للعناصر الذائبة في المحلول الأرضي، بعكس التربة الجافة.
- التدفق الكلي/الكتلي للأيونات (Mass Flow): حيث تنتقل العناصر إلى سطح الجذور مع حركة الماء وهذه الآلية تساعد الجذور على امتصاص أكبر كمية من العناصر الغذائية، نظراً لسرعة تحركها مع حركة الماء؛ لذا فإن توفر الماء يساعد على زيادة حركة العناصر إلى الجذور.
- الانتشار (Diffusion): فقد وجد أن الكمية العظمى من عنصري الفوسفور والبوتاسيوم تتحرك من محلول التربة إلى سطح الجذر بواسطة آلية الانتشار والتي تعتمد على وجود فرق في التركيز Gradient. إنّ نقص الرطوبة الأرضية يقلل من حركة هذه العناصر وانتشارها؛ وبالتالي حدوث نقص في تغذية النبات بهذين العنصرين (P و K). وُجد في الأراضي الفقيرة بعنصر الفوسفور أنه عند إضافته للأرض أدى إلى الإسراع في نضج النبات، وبالتالي تقليل الاحتياج المائي للنبات خلال الموسم (Tisdale et al., 1985). أما في الأراضي الفقيرة بالبوتاسيوم فإن إضافته أدت إلى زيادة ضغط امتلاء الخلية النباتية؛ مما ساعد النبات على الاحتفاظ بحالة مائية جيدة والتقليل من أضرار الجفاف. أيضاً فإنه تحت ظروف الجفاف والحرارة المرتفعة فإن التسميد البوتاسي يساعد على تقليل النتح، وذلك عن طريق التحكم في فتح المسامات النباتية وغلقها؛ وبالتالي تقليل الفقد في الماء المنتوح؛ مما يقلل من معدل استهلاك الماء. تساعد زيادة تركيز العناصر الغذائية في خلايا النبات على زيادة الضغط الأسموزي؛ وبالتالي حماية النبات من فقد الماء في أثناء فترات الجفاف، أيضا فإن عملية التنظيم الحلولي وهي إحدى آليات تحمّل الجفاف تكون أكثر نشاطاً في حالة توفر العناصر السمادية المغذية وخاصة البوتاسيوم.

يؤدي التسميد الجيد والمناسب إلى زيادة نمو النبات في الوزن والحجم؛ مما يزيد من كثافة الغطاء النباتي، وبالتالي حماية سطح التربة من فقد الماء بواسطة عملية التبخر؛ وبالتالي التقليل من الاحتياج المائي وتحسين كفاية استعمال المياه للمحصول المزروع، خاصة تحت ظروفنا المحلية والمتميزة بارتفاع الحرارة وتكرار الجفاف. كما وجد أن التسميد الآزوتي أدى إلى زيادة إنتاجية المحصول، وفي الوقت نفسه زاد من كفاية استعمال المياه للنبات، وذلك بزيادة كمية المادة الجافة الناتجة من استخدام وحدة واحدة من

الماء المستهلك في عملية التبخر–نتح. وقد وجد حديثاً أن استخدام التسميد الكربوني CO_2– (enrichment) حيث يحقن هذا الغاز في البيئة النباتية؛ مما يحسن من الكفاية النباتية في استخدام هذا الغاز؛ وبالتالي زيادة كفاية النبات في عملية التمثيل الضوئي؛ مما يسبب زيادة في كمية المادة الجافة ومن ثم تحسين كفاية استعمال المياه للمحاصيل الزراعية.

تأثير السماد الآزوتي في نمو المحصول وغلته: يزيد التسميد الآزوتي من الكتلة الحية للنباتات والمحتوى المائي للأنسجة، ويؤمن استمرار النمو والتطور وزيادة ارتفاع النبات (Nawaz وزملاؤه، 2004)، وأكد Gitelson وزملاؤه (2006) أنّ محتوى النبات من الآزوت وإنتاجيته من المادة الجافة ودليل مساحته الورقية يرتبط بشكل مباشر بكمية اليخضور في أوراق النبات، ويمكن أن يستجيب المحصول للمعدلات العالية من التسميد الآزوتي وبشكل كبير في المناطق عالية الهطولات المطرية، ويكون الامتصاص عالياً لهذه الأسمدة في مرحلة استطالة الساق.

تؤدي إضافة الأسمدة الآزوتية إلى تسريع معدل النمو الأولي للنبات، ومعدل تشكل الأوراق وزيادة عدد الأوراق المتشكلة على النبات الواحد بالمقارنة مع عدم إضافة الأسمدة الآزوتية، حيث يُعدُّ عنصر الآزوت (N) من العناصر المعدنية المغذية المحددة لنمو الأجزاء الهوائية الخضراء لدى الأنواع المحصولية جميعها (Boehm وزملاؤه، 2004)، ووجد أنّ التسميد الآزوتي يزيد من الكتلة الحية للنبات نتيجةً لدور الآزوت في تركيب اليخضور واستمرار عملية التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة؛ مما يؤدي إلى زيادة الغلة الحيوية والحبية ومكوناتها.

الأثر الاقتصادي للتسميد المتوازن في المحاصيل الحقلية:

بدأت الحاجة لتسميد النبات تتعاظم وتتزايد مع النصف الثاني من القرن العشرين؛ نتيجة للعديد من العوامل، من أهمها الآتي:

1- زيادة عدد السكان ومحدودية الموارد الأرضية والمائية الصالحة للزراعة.

2- تطور علوم الهندسة الوراثية وتربية النبات أنتج أصنافاً وهجناً جديدة من المحاصيل الحقلية، قوية النمو عالية الإنتاج واحتياجها للعناصر الغذائية من التربة كبير جداً مقارنة مع الأصناف والهجن القديمة، فأصبح مخزون التربة من العناصر الغذائية لا يكفي هذه الأصناف والهجن الجديدة.

3- في بعض أنواع الأراضي القلوية والكلسية والملحية يصعب على جذور النبات امتصاص عناصر الفوسفور والحديد والزنك والمنغنيز والنحاس والبورون رغم توافر هذه العناصر في التربة، ولكنها تكون في

صورة غير ذائبة ومثبتة في التربة، أي في صورة غير ميسرة أو صالحة للامتصاص، ولذلك أصبح حتمياً إضافة هذه العناصر عن طريق التسميد وعدم الاعتماد على المتوفر منها في التربة.

4- تناقص الاعتماد على الأسمدة العضوية في الزراعة وهذا يرجع الى احتوائها على بذور الحشائش وكثير من المسببات المرضية مثل الفطريات و البكتيريا والنيماتودا..الخ .

5- ظهور الزراعات الكثيفة/التكثيفية، مما أدى الى استنفاد المخزون من العناصر الغذائية في التربة؛ وبالتالي ظهور أعراض نقصها على النبات، مما ينعكس سلباً على إنتاجية المحاصيل المزروعة.

6- تطور صناعة الأسمدة الكيميائية وتحسين جودتها وإنتاجها بصورة أكثر نقاوة؛ وبالتالي لم تعد تحتوي على كميات من العناصر الصغرى والتي كانت تُخلط معها كشوائب بكميات تكفي لسد حاجة النبات منها. لذلك أصبح حتمياً ومن الضروري تسميد المحصول المزروع بالأسمدة المختلفة مثل (الأسمدة المركبة كمصدر للعناصر الغذائية الكبرى والأسمدة العضوية والأحماض الأمينية كمصدر للعناصر الصغرى وكذلك الهيوميك كمصحح لمشاكل التربة الزراعية المختلفة.. الخ)، وذلك للحصول في نهاية الموسم على أكبر محصول بأعلى جودة؛ وبالتالي زيادة العائد الاقتصادي للمزارع وتحسين دخله.

الإدارة المتكاملة للتسميد Integrated nutrient management:

يجب أن تتضمن الإدارة السليمة للتسميد تعزيز وحماية التربة، لذلك يجب تطوير استراتيجية متوازنة للتسميد بحيث تجمع بين الأسمدة الكيميائية، والعضوية، أو الأسمدة الحيوية.

أدى الاستعمال المتكرر للأسمدة الكيميائية إلى آثار سلبية في نوعية البيئة، فضلاً عن تدهور الترب الزراعية، لذلك كان لابد من إيجاد نظام تسميد بديل يتميز بانخفاض المدخلات من الأسمدة الكيميائية والاعتماد على الاستخدام المتكامل للأسمدة الكيميائية مع الأسمدة العضوية، مثل: الأسمدة الحيوانية، ومخلفات المحاصيل، والسماد الأخضر وسماد الكمبوست..الخ.

يؤدي الاستخدام المتكامل للأسمدة الكيميائية والعضوية إلى استدامة النظم البيئية الزراعية وتحسين إنتاجية المحاصيل على المدى البعيد، وقد أثبت العديد من الباحثين الأثر الإيجابي لاستخدام الأسمدة الكيميائية والعضوية مع بعضهما على إنتاجية المحاصيل وخصوبة التربة ونشاط الكائنات الحية فيها.

تعتمد زيادة إنتاج المحاصيل إلى حد كبير على نوع الأسمدة المستخدمة لتكملة المغذيات الضرورية للنباتات، وطبيعة تحرير العناصر المغذية من المواد الكيميائية والعضوية والأسمدة الحيوية المختلفة، ولكل نوع من أنواع الأسمدة مزاياه وعيوبه فيما يتعلق بنمو المحاصيل وخصوبة التربة.

فوائد استخدام الأسمدة الكيميائية:

- العناصر المغذية فيها قابلة للذوبان، وتتوفر فوراً للنباتات؛ وبالتالي فإن تأثيرها عادة مباشر وسريع.
- تحتوي على نسب عالية من العناصر المعدنية، والمطلوب فقط كميات قليلة نسبياً لنمو المحاصيل.

مساوئ استخدام الأسمدة الكيميائية:

- فرط الاستخدام يمكن أن يؤدي إلى آثار سلبية مثل الرشح، وتلوث الموارد المائية، وتدمير الكائنات الحية الدقيقة في التربة والحشرات المفيدة، وزيادة حساسية المحصول للإصابة بالمرض، وزيادة حموضة أو قلوية التربة أو انخفاض في خصوبة التربة؛ مما يسبب ضرراً للنظام البيئي الزراعي بأكمله.
- زيادة التسميد بالآزوت تؤدي إلى زيادة ليونة الأنسجة النباتية، فتصبح النباتات أكثر حساسية للأمراض.
- الأسمدة الكيميائية تقلل من مستعمرات فطر الـ mycorrhizae على جذور النبات وتمنع العلاقة التكافلية وتثبيت الآزوت بواسطة بكتريا الرايزوبيا بسبب زيادة التسميد الآزوتي.
- تعزز تحلل المادة العضوية (OM) في التربة؛ الأمر الذي يؤدي إلى تدهور بنية التربة.
- فقدان العناصر المغذية بسهولة من التربة عن طريق التثبيت، والرشح أو التطاير ويمكن أن يؤدي إلى انخفاض كفاية استعمال الأسمدة.

فوائد استخدام الأسمدة العضوية:

- تزويد النبات بالعناصر المغذية أكثر توازناً؛ مما يساعد على إبقاء النباتات بحالة جيدة.
- تعزز النشاط البيولوجي للتربة؛ مما يحسّن من تحرير العناصر المغذية، كما أنها تحسّن نشاط بكتريا الرايزوبيا وفطور الميكوريزا؛ مما يحسن من وفرة الآزوت والفوسفور في التربة.
- تعزز نمو الجذور نظراً لتحسن قوام التربة وبنائها.
- تزيد محتوى المادة العضوية في التربة؛ مما يزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، وحماية التربة من الحموضة، والقلوية والملوحة والمبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة السامة.
- تحرير العناصر الغذائية ببطء والمساهمة في تجميع الآزوت والفوسفور العضوي في التربة، والحد من فقدان الآزوت بالرشح وتثبيت الفوسفور؛ فضلاً عن التزويد بالعناصر الصغرى.
- تساعد على منع بعض أمراض النبات، والأمراض المنقولة عن طريق التربة والطفيليات.

مساوئ استخدام الأسمدة العضوية:

- محتواها من العناصر المغذية منخفض نسبياً، لذلك هناك حاجة لاستخدام كميات أكبر لتوفير ما يكفي من العناصر المغذية لنمو المحاصيل.

- معدل تحرر العناصر الغذائية بطيء جداً لتلبية احتياجات المحاصيل في وقت قصير؛ وبالتالي قد يحدث بعض النقص في العناصر المغذية.
- قد لا تحتوي الأسمدة العضوية على بعض العناصر الضرورية بكميات كافية للحفاظ على نمو المحصول
- استخدامها على المدى الطويل أو إضافتها بشكلٍ مفرط للتربة الزراعية قد يؤدي إلى التملح أو تراكم المعادن الثقيلة ويمكن أن تؤثر سلباً في نمو النباتات والكائنات الحية في التربة ونوعية المياه وصحة الحيوان والإنسان.

ثالثاً– الأسمدة الحيوية: يُعرّف التسميد الحيوي بأنه مادة تحتوي على الكائنات الحية الدقيقة وتساعد في تحسين نمو المجموع الجذري وإنبات البذور. وهي تختلف عن الأسمدة الكيميائية والعضوية، بمعنى أنها لا تُزود مباشرة العناصر المغذية للنباتات، وهي أنواع من البكتيريا الخاصة والفطريات.

مبدأ التسميد الحيوي في إنتاج المحاصيل:

1. تؤدي الكائنات الحية الدقيقة في التربة دوراً مهماً في تنظيم ديناميكية تحلل المواد العضوية وتوافر المغذيات النباتية مثل (N ، P و S) .

2. من المعروف أن عملية التلقيح البكتيري تشكل عنصراً مهما في الإدارة المتكاملة للعناصر المغذية التي تؤدي إلى زراعة مستدامة .

3. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام التلقيح البكتيري كمدخل اقتصادي لزيادة إنتاجية المحاصيل، وتخفيض كميات الأسمدة وتوفير العناصر المغذية في التربة.

أهم الكائنات الحية الدقيقة المستخدمة في التسميد الحيوي:

1–الرايزوبيا Rhizobia: هي بكتيريا تكافلية تعمل على تثبيت آزوت الغلاف الجوي (N_2) في عقد جذور نبات المحصول البقولي Legume crop ، حيث تنشأ علاقة مفيدة متبادلة مع النبات المضيف. تزود بكتريا الرايزوبيا جذور النبات البقولي بالآزوت (NO_3)؛ وبالتالي البقوليات أقل اعتماداً على التسميد الآزوتي مقارنةً مع العديد من المحاصيل غير البقولية الأخرى. كما أنها تحافظ على خصوبة التربة، ويمكن أن تكون ذات فائدة للمحصول اللاحق في الدورة الزراعية. ويمكن أن تثبت 50–300 كغ N/هكتار/السنة. وفي حال عدم توفر هذه البكتريا في التربة يجب إضافة الملقح البكتيري المناسب الخاص بالمحصول البقولي عند زراعة البذور (التربة/البذار) لتشجيع تشكل العقد البكتيرية على جذور المحاصيل البقولية.

2- الآزوتوباكتير و الآزوسبيريليوم Azotobacter and Azospirillum:

تعبش هذه البكتيريا حياة حرّة في التربة، وتقوم بتثبت الآزوت الجوي في محاصيل الحبوب دون علاقة تكافلية معها ولا تحتاج إلى مضيف معين، ويمكنها تثبيت 15-20 كغ N/ الهكتار/السنة, يمكن أيضاً أن تنتج المركبات المضادة للفطور لمحاربة العديد من مسببات الأمراض النباتية، كما أنها تزيد من الإنبات وحيوية البادرات وتحسن قدرة المحصول على تحمل الإجهادات البيئية.

3-البكتريا المحللة للفوسفور Phosphate-solubilizing bacteria (PSB):

أشارت الأبحاث إلى أنه في ظروف التربة الحامضية أو الكلسية فإنّ كميات كبيرة من الفوسفور تكون مثبتة (غير قابلة للذوبان) في التربة وغير متوفرة للنباتات بشكل ميسر. تستطيع بكتريا (PSB) إتاحة الفسفور غير القابل للذوبان للنبات بسبب إنتاج الأحماض العضوية التي تعمل على تخفيض حموضة التربة وحل مشكلة الفوسفات المقيدة في التربة، وقد أشارت نتائج الأبحاث إلى أن إضافة هذه البكتريا للتربة قد زادت من غلة المحاصيل بالمتوسط بمقدار 200-500 كغ/الهكتار، وتوفير 30-50 كغ من الفوسفات.

4- فطور الميكوريزا Vascular arbuscular mycorrhiza (VAM):

تعتمد على نشوء علاقة تكافلية (منفعة متبادلة) بين الفطريات وجذور النباتات، حيث تنتشر الفطريات داخل الجذر، وتقوم بتشكيل هياكل خاصة معروفة باسم الحويصلات، حيث تحصل من جذر النبات المضيف على المواد المغذية مثل السكريات؛ بالمقابل تقوم الفطريات بنقل العناصر المغذية والماء إلى داخل جذور النباتات، وتزيد الخيوط الفطرية من طول جذر النبات. وتساعد النباتات في امتصاص العديد من العناصر المغذية خاصة الأقل توافراً من المغذيات المعدنية، مثل: الفوسفور والزنك والموليبدينوم والنحاس. تساعد فطور الميكوريزا على زيادة تحمل البادرات للجفاف وارتفاع درجات الحرارة، والإصابة بالأمراض وحتى حموضة التربة المتطرفة.

5- البكتريا المحفزة للنمو Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR):

تمثل مجموعة متنوعة واسعة من بكتيريا التربة التي عندما تنمو بالاشتراك مع النبات العائل، تحفز هذا النبات، وتشمل فوائد الـ PGPR، تثبيت الآزوت وزيادة توافر العناصر المغذية في المحيط الجذري للنبات، تُشجيع نمو الجذر وتعزيز نمو البكتريا التكافلية الأخرى المفيدة للنبات.

الفصل السابع
إدارة مياه الري في الزراعة
Water Management in Agriculture

تُعد الزراعة عالمياً أكبر مستهلك للمياه، وكفاءة استعمال المياه في الزراعة منخفضة حيث إنّ جزءاً بسيطاً فقط يُستخدم من قبل النبات؛ بينما يضيع القسم الأكبر من خلال التبخر–نتح Evapo-transpiration، والجريان السطحي Runoff، والصرف العميق Deep drainage. ومع النمو السكاني الكبير في العالم وازدياد الحاجة لإنتاج الغذاء خاصةً المحاصيل الغذائية من الحبوب والبقول، وبالتالي ازدياد الحاجة لري المحاصيل، مع الأخذ في الحسبان أنّ كمية المياه ذات النوعية الجيدة تتناقص باستمرار؛ فضلاً عن زيادة الطلب على المياه من القطاعات الأخرى مثل مياه الشرب والقطاع الصناعي، كان لا بد من إنتاج أكبر كمية من المحاصيل الغذائية بأقل كمية من المياه (More crop per drop)، أو ما يعرف حالياً بزيادة كفاية استعمال المياه Water use efficiency.

يكون الري ضرورياً عندما لا تستطيع النباتات تأمين جميع احتياجاتها من الهطولات المطرية، تدعى هذه الممارسة أيضاً ري سد النقص، لذلك فإن التخطيط المثالي للري يهدف إلى سد النقص بين الاحتياجات المائية المثلى للمحصول والكمية التي يمكنه الحصول عليها من خلال الأمطار والتربة. إنّ الظروف المناخية ونوع التربة وتركيبها ونوع النباتات وتقانات الري المطبقة هي من العوامل الرئيسة التي تؤثر في كفاءة ممارسات الري وفاعليتها.

يمكن أن يؤدي تحسين ممارسات الري إلى: انخفاض تكاليف المياه والضخ، وانخفاض تكاليف الأسمدة المضافة، والمحافظة على نوعية التربة، وزيادة إنتاج المحاصيل بنسبة قد تصل إلى 100%،

يمكن تحسين كفاية مياه الري عن طريق تطبيق الممارسات الآتية: اختيار المحصول وتحديد احتياجه المائي، وتحديد مواعيد الري وجدولة الري، وطرق الري، وإجراءات تحسين التربة، وتأمين مصادر الري.

1–اختيار المحصول: تختلف المحاصيل من حيث احتياجاتها المائية اليومية وطول فترة زرعها الإجمالية. ونتيجة لذلك، يُشكل نوع المحصول عاملاً رئيساً يؤثر في احتياجات مياه الري، وتتطلب المحاصيل التي لها احتياجات يومية عالية وموسم زراعة طويل مياهاً أكثر من تلك التي لها احتياجات يومية أقل ومواسم

زراعة أقصر نسبياً، لذلك فأهم خطوة تجاه تخفيض احتياجات مياه الري هي اختيار أنواع المحاصيل التي تتطلب مياهاً أقل، لكن مع ذلك توفر قيمة مضافة كافية.

2- الاحتياجات المائية للمحصول: وهي كمية المياه اللازمة لدعم النبات ومنع إجهاده في أثناء النمو ؛ وبالتالي تفادي انخفاض الإنتاج. وتتأثر الاحتياجات المائية للمحصول بعوامل عد، أهمها:

عوامل الطقس: أمطار، وحرارة، ورطوبة جوية، ورياح.

العوامل النباتية: نوع المحصول (الصنف)، ومرحلة النمو ، وعمق الجذور، وكثافة الزراعة.

عوامل التربة: قوام التربة، والسعة الحقلية، ورطوبة التربة، وخصائصها الخصوبية والكيميائية.

تُقاس الاحتياجات المائية للمحاصيل المختلفة بقياس الماء المفقود في عمليتي التبخر–نتح، وتمثل كمية الماء المفقود من النبات والتربة ضمن البيئة التي ينمو فيها النبات. ويُقدَّر التبخر–نتح Evapo-transpiration بطرائق عدة، منها:

أ- حساب التبخر–نتح عن طريق المعادلات الرياضية تعرف باسم معادلات Penman.

$$ET_0 = C \{W . Rn + (1 - W) . Fu . (ea - ed)\}$$

حيث إنّ : ET_0: التبخر نتح الأعظمي (مم/ اليوم).

W: عامل الوزن ويُعبر عن تأثير الإشعاع الشمسي على التبخر نتح، ويتعلق بارتفاع درجة الحرارة.

Rn: الإشعاع الشمسي المكافئ، وهو الفرق بين الإشعاع الوارد والمنعكس عن سطح التربة (مم/البوم).

Fu: عامل الرياح، ويقدر بالعلاقة : $Fu = 0.27 (1 + U/100)$

U: سرعة الرياح على ارتفاع 2 م (كم/اليوم).

ea: ضغط بخار الماء المشبع في الهواء.

ed: ضغط بخار الماء الفعلي في الهواء.

ب- طريقة التبخر: حيث تقدر كمية التبخر باستعمال الإناء الموزون (حوض التبخر Class-A)، وهو حوض دائري قطره 120 سم وعمقه 25 سم مصنوع من الحديد المطلي بالزنك بسماكة 0.8 ملم، مثبت على قاعدة خشبية يوضع بشكل أفقي في الحقل، ويُملأ بالماء لارتفاع 20 سم. ويتم حساب ET_0 من العلاقة الرياضية الآتية:

$$ET_0 = Kp \times E_{pan}$$

حيث إنّ: E_{pan}: كمية الماء المتبخرة من سطح الماء في الحوض (مم). تُقاس بجهاز الميكرومتر.

Kp: عامل تصحيح (متعلق بمعدل الرطوبة النسبية وسرعة الرياح والبيئة ويُحدد من جداول خاصة).

ET_0: معدل التبخر–نتح الأعظمي (مم).

ثم يتم حساب الاحتياج المائي للمحصول ETc (التبخر–نتح) لفترة محددة أو لموسم النمو مقدراً بـ(مم أو م^3/هكتار). باستخدام العلاقة الرياضية الآتية:

$$ETc = ET_0 \times Kc$$

حيث إنّ: Kc: معامل المحصول (الشهري أو السنوي أو المعدل) أو يُسمى معامل الاستهلاك المائي للمحصول، ويمكن حسابه بتطبيق العلاقة الرياضية الآتية:

$$Kc = ETc/ET_0$$

ويختلف المعامل (Kc) من محصول إلى آخر ومن مرحلة نمو إلى أخرى، ويمكن أن يتراوح بين 0.30–0.90، وذلك حسب العوامل البيئية السائدة في منطقة الزراعة.

3–تحديد مواعيد الري: يساعد تحديد مواعيد الري في استبعاد أو تقليل الحالات التي تستعمل فيها كميات قليلة جداً أو كبيرة جداً من المياه لري المحاصيل، يتطلب تحديد المواعيد المناسبة للري ضبطاً دقيقاً للوقت وكمية المياه التي تروى بها المحاصيل بناء على المحتوى المائي في منطقة جذور المحاصيل، وكمية المياه التي استهلكها المحصول منذ أن روي آخر مرة، ومرحلة تطور المحصول. والقياس المباشر لمحتوى الرطوبة في التربة هو من أفضل الطرق لتحديد مواعيد الري. وتحتاج المحاصيل إلى كميات مختلفة من المياه في مختلف مراحل دورة نموها، فضلاً عن ذلك، تؤثر الظروف المناخية المحلية في توافر المياه للمحاصيل، ويجب التنبه على أن توفير المياه الزائدة يمكن أن يكون له أيضاً آثار عكسية لأن المحاصيل لا تستطيع استخدام مياه زائدة، وقد تتعرض لإجهاد غدق الماء نتيجة انخفاض مستويات الأكسيجين في التربة المشبعة، هذه الممارسة لا تبدد المياه فقط لكن تزيد أيضاً من تكاليف الطاقة والضخ. ونتيجة لذلك، من الضروري التخطيط للري بشكل مناسب، وجعل كمية مياه الري متلائمة مع الاحتياجات المائية للمحصول، وذلك من أجل الوصول بالإنتاج إلى درجة مثلى وتحقيق كفاية في استخدام المياه، وبتحديد مواعيد مناسبة للري، تتم إدارة احتياطي التربة بحيث تتوافر كمية مثلى من المياه عند حاجة النباتات لها.

يتطلب تحديد مواعيد الري معرفة الآتي:

– كمية المياه التي يتطلبها المحصول أثناء مراحل النمو المختلفة.

– محتوى الرطوبة في التربة وقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه.

– الظروف المناخية خاصةً الأمطار ودرجات الحرارة السائدة.

تكون الحاجة إلى المياه عادة في أثناء الزراعة في بداية الموسم أقل بنحو 50 % مما هو مطلوب في مرحلة منتصف الموسم، حيث يكون المحصول قد نما تماماً ووصل إلى ذروة حاجته إلى المياه، ومن جهة أخرى، يكون الطلب كبيراً في أواخر الموسم بالنسبة إلى المحاصيل التي تُحصد خضراء (المحاصيل العلفية)، وقد يكون أقل بـ 75% بالنسبة إلى النباتات التي تُحصد جافة (محاصيل الحبوب) ومن الضروري الانتباه على جدولة مواعيد الري ونظام الري الذي يجب أن يكون قابلاً للتكيف مع هذه المتطلبات المتغيرة. وعلى الرغم أنّ مجمل الاحتياجات المائية لمختلف المحاصيل يمكن تقديرها تقريبياً بالأرقام ، فإن تحديد هذه القيم في مراحل نمو مختلفة هو أكثر تعقيداً؛ لأن الاحتياجات المائية يمكن أن تظهر تباينات كبيرة مبنيّة على الظروف المناخية المحلية وظروف التربة ونوع المحاصيل، لذلك من المهم استشارة وزارة الزراعة أو مديريات الري المحلية للحصول على المعلومات ذات الصلة. وتوفر مراقبة محتوى الرطوبة في التربة تقويماً جيداً لاحتياجات المحصول المائية. وتتوافر مجموعة واسعة من الطرق التي تعطي مستويات مختلفة من الدقة لمراقبة رطوبة التربة، ولكل منها حسناتها وسيئاتها، منها مراقبة مظهر التربة على أعماق مختلفة من منطقة جذور المحصول، وأجهزة قياس التوتر السطحي، ومسبار نيوترون..الخ.

وتتوقف قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء على عمق التربة، وقوام التربة، ومسامية التربة، تؤثر هذه العوامل في كمية المياه المتوافرة للنباتات، ولأن خصائص التربة تتغير على أعماق مختلفة، من المهم معرفة سعة التربة في أنحاء منطقة انتشار جذور النباتات، وتجدر الإشارة أيضاً إلى أنه في أثناء الري أو هطول المطر، لا تصل المياه إلى منطقة على عمق أدنى إلا بعد أن تصبح المنطقة السابقة مشبعة تماماً. وتؤثر الظروف المناخية السائدة، مثل: درجة الحرارة السائدة ، وكمية الأشعة الشمسية، والرطوبة، وسرعة الرياح، في الرطوبة المحتجزة في التربة والسرعة التي تفقد بها النباتات المياه من خلال النتح، وتكون أعلى احتياجات مائية للمحصول في الأماكن الحارة والمشمسة والجافة والكثيرة الرياح، لذلك، فإن الظروف المناخية يجب أن تؤخذ في الحسبان من أجل تحديد مواعيد الري.

4– طرق الري: بعد تحديد الخصائص الكمية والزمنية للطلب المثالي على المياه، يجب اختيار طريقة تمكن من جعل هذه المياه متوافرة بأفضل وسيلة، وهناك ثلاث طرق رئيسة للري:

1-الري السطحي: يتم إيصال المياه إلى الحقل بجريان المياه بوساطة قنوات الري، وله أشكال مختلفة منها: الري بالأحواض/الشرائح، الري بالخطوط/الأثلام، وهذه الطريقة سهلة وغير مكلفة، وهي الأكثر استعمالاً في منطقتنا، لكن كفاية الري فيها منخفضة، فقد يحصل النبات على أقل من 10% من المياه .

2-الري بالرذاذ: يتم ضخ المياه في هذه الطريقة عبر أنابيب، ويتم رش المياه على المزروعات من خلال رؤوس مرشات دوّارة، هذه الطريقة أكثر كفاية من الري السطحي، لكنها أكثر تكلفةً؛ لأن تركيبها وتشغيلها يحتاج إلى مياه مضغوطة.

3-الري بالتنقيط: يتم إيصال المياه بهذه الطريقة من خلال استعمال أنابيب مضغوطة ونقّاطات تمتد قرب النباتات، ويمكن وضعها على سطح التربة أو تحتها، هذه الطريقة هي الأكثر كفايةً حيث يتم إيصال المياه إلى منطقة جذور النبات فقط، ويسمح نظام الري بالتنقيط بإضافة الأسمدة والمخصبات والمبيدات القابلة للذوبان في الماء، ويمكن أن يحقق نظام الري بالتنقيط زيادة في الغلة قد تصل إلى 100%، وتوفير في مياه الري بحدود 40-80%، لكن تكلفة تأسيس شبكة الري بالتنقيط وضخ المياه كبيرة في هذه الطريقة.

5- جدولة الري: تمثل جدولة الري عملية إعطاء المقنن المائي اللازم للنبات طيلة فترة النمو خلال الموسم الزراعي، وهذه العملية تحقق الإجابة على سؤالين رئيسين ، هما:

-متى يتم الري؟ و ما الكمية المطلوبة للري؟

فوائد جدولة الري Irrigation schedule: يمكن تلخيص أهم الفوائد من جدولة الري بالآتي:

تقنين استخدام مياه الري وترشيدها، الحصول على أعلى عائد من الإنتاج، زيادة كفاية استخدام المياه، وتجنب التأثيرات السلبية الناتجة عن ممارسات الري غير السليمة كتملح التربة أو تغدقها، وتوفير في الطاقة واليد العاملة والتكاليف، تحسين كفاية إضافة الأسمدة والمبيدات.

يمكن حساب الاحتياجات المائية (المقنن الماء للمحصول) بتطبيق المعادلة الرياضية الآتية:

$$Q = (\theta_{v.f.c} - \theta_v) \times D$$

حيث إنّ:

Q : كمية مياه الري اللازمة (م^3/هكتار).

$\theta_{v.f.c}$: السعة الحقلية للتربة (%)

θ_v : المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة (%)

D : العمق (سم)

مثال1: ما كمية المياه اللازمة لري محصول الذرة الصفراء إذا علمت أنّ السعة الحقلية للتربة 30%، ومحتوى رطوبة التربة 15%، وجذور المحصول حتى عمق 40 سم.

بتطبيق المعادلة السابقة: Q = (30−15)×40 = 0.15 × 0.4 × 10000 = 600 م^3/هكتار.

مثال2: ما كمية المياه اللازمة لري شجرة زيتون، إذا علمت أنّ السعة الحقلية للتربة 25%، ومحتوى رطوبة التربة 18%، وعمق جذور شجرة الزيتون 60سم.

بتطبيق المعادلة السابقة: Q = (25−18)×60 = 0.07 × 0.6 × 10000 = 420 م^3/هكتار. وبفرض أن الهكتار الواحد يحتوي 120 شجرة زيتون Q = 420 /120 = 3.5 م^3/الشجرة.

الاستهلاك المائي الكلي (م^3/هكتار)=(Si + I + L + P) – (D + S_f)

Si : المحتوى الرطوبي للتربة قبل الزراعة.

I: مجموع كميات مياه الري خلال الموسم.

L: مجموع كمية المياه المغسولة (بالجريان) خلال الموسم.

P: مجموع كمية مياه الأمطار خلال الموسم.

D: كمية المياه الراشحة خلال الموسم.

S_f: المحتوى الرطوبي للتربة عند نهاية الموسم.

6- إجراءات تحسين التربة Soil improvement practices:

هناك عدد من الطرق الإضافية المتعلقة بتحسين التربة يمكن أخذه في الحسبان لتحسين كفاية الري. منها التسوية المناسبة للحقل، لجعل المياه تجري بسرعة مثلى، وتساعد في توزيع المياه بانتظام وتخفض جريان المياه، خصوصاً في أثناء الري السطحي وبواسطة المرشات، وإقامة حواجز في الأثلام، تسمح باحتجاز مياه الري أو المطر في سدود ترابية صغيرة داخل الأثلام، هي طريقة أخرى قد تخفض جريان المياه وتزيد فاعلية الري. ويمكن تحقيق المزيد من الوفر في المياه من خلال إدارة بقايا المحاصيل والزراعة الحافظة، حيث تتم إدارة كمية بقايا المحاصيل والنباتات وتوجيهها وتوزيعها على سطح التربة. هذه الممارسات تحسّن قدرة التربة على حفظ الرطوبة وتخفض جريان المياه من الحقل وتقلل التبخر السطحي، ولأن الزراعة الحافظة يمكن أن تسبب اضطرابات في نظم ري الأثلام، فهي ملائمة بشكل أفضل للحقول

التي تستعمل الري بالرذاذ والتنقيط. ويمكن تحقيق مزيد من المكاسب المتعلقة بالكفاية من خلال إجراءات مناسبة في نظم توزيع المياه، فحينما تنقل المياه إلى الحقول بواسطة القنوات، على سبيل المثال، فإن تبطين سطح القناة بالطين أو الإسمنت يمكن أن يخفض بشكل كبير رشح المياه ، وتغطية القنوات أو وضعها تحت سطح الأرض يمكن أن يخفض أكثر من خسائر المياه التي يسببها التبخر.

7- استخدام مصادر المياه البديلة:

يمكن تحقيق المزيد من المكاسب المتعلقة بكفاية الري على المستويين المحلي أو الإقليمي، وحتى على مستوى المزرعة، من خلال استعمال مصادر بديلة لمياه الري، وهناك طريقتان رئيستان:

أ- حصاد مياه الأمطار: ازداد تطبيق هذه التقنية في المناطق التي تشهد سقوط أمطار غزيرة لفترات قصيرة تعقبها غالباً موجات جفاف لفترات طويلة، في هذه الأماكن، يتم إنشاء سطوح غير نفوذة للمياه تغطي مساحات كبيرة بشكل يكفي لتخفيض رشح مياه الأمطار في التربة، ومن خلال التحكم بجريان الأمطار التي يتم حصادها، يتم تحويل المياه إلى خزانات أو طبقات مياه جوفية أو برك سطحية مخصصة لهذا الغرض، بحيث يمكن استخراج المياه منها واستعمالها في ري المحاصيل خاصةً في فترات الجفاف، وتُعد هذه الطريقة هي البديل الأقل تكلفةً، والأكثر كفاءةً في تحسين إنتاجية المحاصيل.

ب- استعمال المياه المعالجة (المياه العادمة): هي طريقة أخرى يمكن أن توفر مصدراً بديلاً مجدياً لمياه الري، حيث يمكن باستعمال تكنولوجيا حديثة معالجة مياه الصرف المنزلية؛ مما يسمح باستعمالها الآمن في الري، ويساهم استعمال المياه المعالجة في حماية الوسط الطبيعي واستدامة الإنتاج الزراعي، والاقتصاد في المياه التقليدية والتوسع في المساحات المروية، كما يساهم في الحد من تسرب المياه المالحة إلى المياه الجوفية، ويؤمن عناصر غذائية للتربة والنبات وبالتالي التقليل من إجمالي احتياجات الأسمدة الكيميائية وازدياد العائدات الاقتصادية للمزارعين، غير أن هذه النوعية من المياه تحتوي على بعض المخاطر نظراً لما تحتويه من أملاح وعناصر معدنية نادرة وجراثيم؛ مما يستلزم معالجتها واستعمالها بشكل ملائم حسب مواصفات وشروط محددة. ومع التقدم في تكنولوجيات معالجة المياه العادمة (معالجة كهرومغنيطيسية) أصبح استعمال هذه المياه مجدياً، وأصبح ممكناً حالياً في القطاع الزراعي استعمال المياه المالحة، حيث يمكن باستخدام وحدات التحلية الشمسية لتحويل المياه المالحة إلى مياه قليلة الملوحة مناسبة لري النباتات.

مفهوم كفاية استعمال الماء: Water use efficiency (WUE)

تُعرَّف كفاية استعمال الماء (WUE) في المحصول الحقلي بأنها نسبة الغلة الحبية إلى كمية الماء المستعملة من قبل المحصول (Hatfield et al., 2001)، ويعبر عن الماء المستعمل بشكل عام بمفهوم كمية الماء الكلية المضافة (مياه أمطار ومياه ري) أو كمية الماء المنتوحة وكمية الماء المفقودة بالتبخر–نتح Evapo-transpiration، ويمكن أن تُعرَّف كفاية استعمال الماء بأنها نسبة الربح من الكربون إلى الفقد من الماء. تؤدي صفة كفاية استعمال الماء دوراً مهماً في زيادة المقدرة على التكيف مع ظروف الجفاف والمحافظة على غلة المحصول الحبية (Lauteri وزملاؤه، 1997)، ويمكن أن تحقق النباتات كفاية عالية في استعمال المياه من خلال زيادة معدل التمثيل الضوئي Assimilation rate أو من خلال تقليل معدل التنفس وفقد الماء بالنتح أو كلاهما معاً (Farquhar وزملاؤه، 1982). تؤدي عملية تحسين كفاية استعمال الماء للمحاصيل الزراعية إلى زيادة إنتاجية المياه Water productivity ، وزيادة كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور (Parry وزملاؤه، 2005). ويمكن أن تزداد كفاية استعمال الماء من خلال زيادة كفاية النتح Transpiration efficiency، التي تُعرف بأنها كمية المادة الجافة الكلية المصنعة لكل وحدة واحدة من كمية الماء المنتوح على مستوى النبات الكامل. تتحدد غلة المحصول الحبية تحت ظروف الزراعة المطرية بكمية المياه المتوفرة والمنتوحة من قبل النباتات، وكفاية تحويل الماء المنتوح إلى كتلة حية Biomass، أو ما يعرف اصطلاحاً بكفاية استعمال الماء (WUE)، وهي تعد صفة مهمة جداً كمعيار انتخاب لتحسين الغلة الحبية تحت ظروف الجفاف (Rebetzke وزملاؤه، 2002).

تبين المعادلة المقترحة من قبل Passioura (1983) أنّ غلة المحاصيل تحت ظروف البيئات الشحيحة بالمياه تتحدد بثلاثة مكونات ($Yield = T_E \times WUE \times HI$) أو (الغلة = معدل النتح × كفاية استعمال الماء × معامل الحصاد)، حيث تشير هذه المعادلة إلى أهمية صفة كفاية استعمال المياه كمعيار انتخاب لتحسين غلة المحاصيل الحقلية تحت ظروف الزراعة المطرية. تتحدد أيضاً درجة تحمل الجفاف بكفاية نباتات المحصول على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب، حيث يحسن ذلك من كفاية النبات في استخلاص كمية أكبر من الماء من طبقات التربة العميقة الرطبة، بحيث يتم تعويض الماء المفقود بالنتح، والمحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية.

الفصل الثامن

إدارة الأعشاب والمكافحة المتكاملة لآفات المحاصيل

Weed management and integrated pest management

الأعشاب الضارة عبارة عن نباتات غير مرغوب في نموها في أرض زراعية أو غير زراعية، ويمكن تقسيمها إلى نباتات وحيدة الفلقة (رفيعة الأوراق) ونباتات ثنائية الفلقة (عريضة الأوراق).

هذه النباتات تمتاز بقدرتها على البقاء بالرغم من الخلل الذي قد يحدث في وسطها بفعل النشاط الزراعي المتمثل بالحراثة أو غيرها والضرر يأتي منها خلال النقص في الغلة نتيجة لمنافستها لهذه المحاصيل على الماء والغذاء والهواء كما أنها تؤدي إلى رداءة في النوعية إلى جانب إعاقتها للكثير من العمليات الزراعية كالحصاد فضلاً عن إيوائها للعديد من الآفات الحشرية؛ مسببة الأمراض النباتية التي تصيب تلك المحاصيل كما وتحدث حالات من التسمم للإنسان والحيوان.

أنواع الأعشاب الضارة المنتشرة:

1- الأعشاب رفيعة الأوراق: أوراقها شريطية رفيعة مثل النجيل (*Cynodon dactylon*) وهو نبات حولي يتكاثر بالبذور وهناك نوعان من النجيل أحدهما معمر ويتكاثر بالأبصال والريزومات، والثاني نبات حولي يتكاثر بالبذور، وينمو في الحدائق والحقول وقنوات الري وهناك أيضاً الشوفان وذيل الثعلب والحليان.

2- الأعشاب عريضة الأوراق: أوراقها عريضة مختلفة الأشكال مثل اللبلاب وهو نبات متسلق يتكاثر بالبذور والساق الزاحفة ونبات البقلة وهو نبات مفترش يتكاثر بالبذور وبذوره أعدادها كبيرة تصل حتى /300000/ بذرة في النبات، وتحتفظ بحيويتها لمدة /40/ سنة وهناك الخردل البري (الفجيلة) والقنيبرة والخبيزة البرية والداتورة والقريص..الخ.

3- الأعشاب المتطفلة: وهي تعيش حياة تطفلية على نباتات المحاصيل مثل الهالوك والحامول، وغالباً ما تكون نباتات حولية تتكاثر بالبذور وتبلغ عدد البذور في نبات الحامول /1070000/ بذرة في النبات.

أولاً-مكافحة الأعشاب الضارّة Weed control:

تُعدُّ مكافحة الأعشاب الضارة من العمليات الزراعية المهمة والمكملة للعمليات الأخرى والتي تهدف جميعها إلى زيادة الإنتاج الزراعي كماً ونوعاً عن طريق القضاء بشكل جزئي أو تام على جميع الأنواع الغريبة من النباتات التي تنمو مع نباتات المحصول المزروع.

وعموما تتسبب الأعشاب في حدوث الأضرار الآتية:

1- انخفاض كمية المحصول الناتج.

2- زيادة تكاليف عمليات العزيق والحصاد.

3- انخفاض القيمة النوعية للمحصول.

4- انتشار الحشرات والأمراض؛ إذ تُعدُّ بعض الأعشاب عائلا بديلاً لبعض الأمراض الضارة بالمحاصيل.

5- التأثير السام والمميت للإنسان والحيوان، ويحدث الضرر إما عن طريق استنشاق حبوب اللقاح (عرف الديك) أو أكل الثمار السامة (عنب الدب) أو اختلاط البذور السامة بحبوب القمح (مثل الداتورة والسكران)

6- انخفاض كفاية القنوات المائية؛ مما يسبب ضياع كمية كبيرة من مياه الري من سطوحها.

طرق مكافحة الأعشاب: Methods of weed control

من المستحسن الإلمام بدورة حياة أي نوع من الأعشاب قبل تحديد طريقة مقاومته ومن دراسة هذه الدورة يمكن الوقوف على نقاط الضعف في أطوار هذا النوع ثم تحدد طريقة المقاومة بحيث تتم والنبات أكثر ما يكون قابلاً للتأثير بعمليات المكافحة. فمثلاً نجد أن الأعشاب الحولية والتي تشمل غالبية الأنواع الموجودة في حقول المحاصيل تمضي دورة حياتها في موسم زراعي واحد ثم تموت وتترك وراءها كمية كبيرة جداً من البذور لكي تبدأ دورة حياة أخرى من جديد، وعليه تكون نقطة القوة فيها هي إنتاج البذور فإذا أردنا التخلص من هذه الأعشاب أو على الأقل الحدّ من انتشارها في الحقول المزروعة علينا أن ننتظر حتى تنبت بذورها وتظهر بادراتها ثم نقوم بعملية المكافحة وتكون نباتات الأعشاب وهي في طور النمو الخضري عموماً أضعف ما يمكن فإذا أزيلت في أثناء هذا الطور فلن تتاح لها فرصة تكوين بذور لإعادة دورة حياتها، وعليه يجب ألا تعطى الأعشاب الحولية فرصة تكوين البذور إطلاقاً ومدى نجاح المزارع في ذلك يحدد مدى التخلص من هذه الأعشاب والحدّ من انتشارها. وإبادة الأعشاب الحولية وهي في طور البادرة مهم وسهل نسبياً عن طريق عمليات العزيق والقلع اليدوي أو استعمال مبيدات الأعشاب وغير ذلك. أما الأعشاب المعمرة فليس من السهل القضاء عليها كما في حالة الأعشاب الحولية فالطرق المتبعة في القضاء على الأعشاب الحولية تكون أقل فاعلية في حالة الأعشاب المعمرة وذلك لطبيعة نموها المعمر وقدرتها على تجديد هذا النمو كل عام عن طريق ظهور نموات جديدة من براعم موجودة إما على أجزاء

نباتية معمرة أو متجددة أو في داخلها بشكل دائم وثابت تحت سطح التربة، لذلك ففي أثناء تحديد طريقة لمقاومة هذا النوع من الأعشاب يجب أن نضع في الحسبان بعض العوامل التي لها علاقة بطريقة نمو الأعشاب، فالأعشاب المعمرة تعتمد في نموها على الغذاء المجهز في الأوراق كبقية النباتات الخضراء وجزء من هذا الغذاء يستخدم في إعطاء طاقة تمكّن النبات من القيام بوظائفه المختلفة وجزء آخر يستخدم في النمو والباقي يتوضع في البذور أو في أعضاء التخزين المختلفة كالجذور أو الدرنات أو الريزومات. ولما كان الغذاء في الأعشاب المعمرة لا يخزن فقط في البذور وإنما في الجذور وغيرها من النموات الأرضية ، لذلك مثل هذه النباتات لا يمكن القضاء عليها بإزالة النموات الخضرية فقط إلا إذا تكررت هذه العملية بشدة عدة مرات متتالية؛ لأنه غالباً ما تنمو ثانية نتيجة لوجود غذاء مخزّن في الجذور والأجزاء الأرضية التي تعطى نموات خضرية جديدة فوق سطح الأرض، وعليه فإن أية طريقة تتبع للقضاء على الأعشاب المعمرة بشكل فاعل يجب أن تعمل على القضاء على النموات الأرضية، ومنع تكوُّن الأوراق فوق سطح الأرض؛ وبذلك تتوقف عملية تصنيع الغذاء (التمثيل الضوئي).

عموماً، فإن الطرق العامة لمكافحة الأعشاب تقسم إلى:

(1) الطرق الميكانيكية: وهي الطرق التي لا تستخدم فيها المبيدات الكيميائية أو الكائنات الحية (الحشرات أو الحيوانات) لمقاومة الأعشاب وتشمل هذه الطريقة الآتي:

1- القلع اليدوي: أو العزق اليدوي، وتفيد هذه الطريقة في مقاومة الأعشاب الحولية فقط، أما المعمرة فلا يمكن مقاومتها بهذه الطريقة لقدرة الأجزاء الأرضية على النمو ثانية.

2- الحرث والعزق الآلي: تُعدُّ هذه الطريقة أكفأ الطرق الميكانيكية على الإطلاق في مقاومة الأعشاب الحولية والمعمرة والنامية في حقول المحاصيل المزروعة آلياً في خطوط، وتستخدم لهذا الغرض أنواع مختلفة من المحاريث والعزاقات والأمشاط الآلية وغيرها وذلك حسب طبيعة نمو المحاصيل ونوع الأعشاب ودرجة انتشارها والعوامل الجوية السائدة، ويكفي للتخلص من الأعشاب الحولية إجراء هذه العملية مرة واحدة. أما الأعشاب المعمرة فلا بد من تكرار عملية العزق الآلي مرات عدة للقضاء عليها نهائياً.

(2) الطرق الفيزيائية: تهدف الطرق الفيزيائية في مكافحة الأعشاب إلى تحقيق الآتي:

1- القضاء على حيوية بذور الأعشاب ومنع إنباتها.

2- حجب الضوء عن البادرات الفتية ومنعها من القيام بعملية التمثيل الضوئي.

3- القضاء على الأعشاب وإتلافها في أية مرحلة من مراحل نموها.

4- منع النباتات من الوصول إلى طور النضج الكامل.

وتنفذ هذه الطرق من المكافحة باستخدام:

1-الحرق: يتم الحرق في الحقول المزروعة غالباً بعد جني المحصول للقضاء على الأعشاب المتأخرة في نموها وللقضاء على بذور الأنواع التي لم تدفن في التربة بشرط أن تتعرض هذه البذور إلى درجة حرارة مرتفعة خلال فترة من الزمن، ويستخدم لتحقيق هذا الغرض إما قاذفات اللهب أو البخار الساخن المستخدم في تعقيم تربة المشاتل أو الأنفاق المحمية؛ بهدف القضاء على بذور الأعشاب والريزومات السطحية، لكن هذه الطرق غير مرغوب فيها لأنها تؤثر في الكائنات الحية الدقيقة النافعة في التربة، ولكن أغلب استعمالاتها لمكافحة الأعشاب الموجودة على جوانب الطرق والسكك الحديدية التي قد تكون عائلاً ومصدراً للآفات الحشرية والمرضية.

2- التغطية بالبلاستيك الأسود: تعتمد هذه الطريقة على تغطية سطور الزراعة أو المسافات ما بين الخطوط أو تغطية كامل المساحة مع ترك فتحات في الغطاء لوضع الشتول أو خروج البادرات، وتمتاز هذه الطريقة بالقضاء على بادرات الأعشاب في أثناء نموها تحت الغطاء؛ وذلك بمنع وصول الضوء إليها؛ مما يؤدي إلى إيقاف عملية التمثيل الضوئي؛ وبالتالي إلى موتها في النهاية، لكن ارتفاع تكاليف هذه الطريقة بجانب احتمال نمو الأعشاب من الثقوب الموجودة في الغطاء يجعل استعمال هذه الطريقة قاصراً على محاصيل الخضار بشكل كبير وفي الزراعات المحمية.

وهناك بعض الطرق الفيزيائية الجديدة، مثل: الحقل المغناطيسي والتيار الكهربائي.

(3) الطرق الزراعية: ويقصد بها استخدام طرق زراعية معينة بهدف الحد من انتشار الأعشاب، ومن هذه الطرق نذكر الآتي:

1- زراعة المحاصيل المنافسة: تمتاز هذه المحاصيل بكبر حجم مجموعها الجذري والخضري وسرعة نموها وقدرتها العالية على منافسة الأعشاب عن طريق التظليل واستهلاك كميات كبيرة من الماء والعناصر الغذائية ومن أمثلة المحاصيل المنافسة الشعير والذرة الرفيعة وقصب السكر وعباد الشمس.

2-اتباع نظام الدورات الزراعية: لكل محصول مجموعة من الأعشاب تظهر معه في أثناء نموه وتكون متلازمة معه باستمرار ويرجع هذا التلازم إلى التشابه في حجم البذور ومواعيد الإنبات والنضج وصعوبة فصل بذور الأعشاب عن بذور المحاصيل في أثناء عملية الغربلة والتنظيف، فإذا ما تكررت زراعة المحصول في الأرض نفسها كل عام أعطيت الأعشاب الخاصة به الفرصة الكبيرة للتكاثر، فيزداد عددها ويصبح من الصعب جداً التخلص منها لكن اتباع نظام الدورات الزراعية والتي يعقب فيها كلُّ محصول بعد حصاده محصولً آخرا يختلف عنه في أنواع الأعشاب التي تنمو معه لا يعطي فرصة للأعشاب بالمحصول الأول كي تتكاثر وتتزايد؛ لأنها فقدت عائلها وهذا ما يحدُّ من انتشار الأعشاب مع المحاصيل.

(4) الطرق الحيوية: يقصد بالمكافحة الحيوية مجموعة الوسائل التي تؤدي إلى القضاء على الأعشاب الضارة للمحصول المزروع عن طريق استخدام أعدائها الطبيعية من حشرات متطفلة أو فطريات أو حيوانات راقية وتعتمد هذه الطريقة من المكافحة على أن لكل نوع نباتي أعداءه الطبيعيين الخاصين به والذين نشأوا وتطوروا في منطقة تطور النبات نفسه، وقد تكون هذه الأعداء نشأت وتطورت على أنواع نباتية أخرى في المنطقة نفسها أو في مناطق أخرى.

وقد استخدمت أنواع كثيرة من الكائنات الحية كالحشرات بأنواعها المختلفة والأسماك وحيوانات المراعي والفطريات والبكتيريا وغيرها، لكن الحشرات أثبتت تفوقها ونجاحها في مكافحة الأعشاب وعلى الأخص الحشرات المتخصصة، ولنجاح هذه الطريقة يجب مراعاة ما يلي:

1- البحث عن الحشرة في موطنها الأصلي إذا لم تتوفر في المنطقة التي يراد فيها المكافحة.

2- أن تتغذى الحشرة على الأعشاب المراد مقاومتها فقط.

3- ألا تكون الحشرة مصحوبة بأي أعداء طبيعية أو طفيليات خاصة بها، وأن تكون مقاومة أيضاً لتلك الموجودة في المنطقة الجديدة بعد استيرادها.

4- أن تستطيع التأقلم مع الظروف المناخية للمنطقة الجديدة.

وعموماً، تمتاز المكافحة الحيوية للأعشاب بأنها غير مكلفة ولا تحتاج إلى آلات أو أدوات خاصة لتطبيقها كما في الطرق الميكانيكية كما أنها لا تترك أية بقايا ضارة بالتربة كما في الطرق الكيميائية، لكن من عيوبها أنها بطيئة جداً ولا يمكن استعمالها تحت ظروف الزراعة الكثيفة، وقد تصبح الحشرات أو الكائنات الحية المستخدمة آفة تهاجم بعض المحاصيل في أثناء أو بعد قضائها على الأعشاب.

بدأ تطبيق المكافحة الحيوية للأعشاب في العالم عام 1930م، والامثلة على تطبيقها كثيرة، فمثلاً في جزر هاواي انتشرت عشبة (*Lantana camara*) والتي كان من الصعب مكافحتها بالوسائل التقليدية، فتم ادخال أنواع من الحشرات من المكسيك من رتبة حرشفيات الاجنحة (*Crosidosema lantanae*, *Telonemeia serapulsa*) للقضاء على هذه العشبة الضّارة. في استراليا انتشر نبات التين الشوكي بشكل آفة، ولم يكن بالإمكان القضاء عليه إلا بإدخال عدو حيوي من الأرجنتين هو فراشة الصبار (*Cactablatris cactorum*).

(5) الطرق الكيميائية: لقد بدأت المكافحة الكيميائية للأعشاب الضارة في نهاية القرن التاسع عشر باستخدام بعض الأملاح المعدنية البسيطة، لكن أدى اكتشاف مركبات الفينول ومركبات أحماض الفينوسكي العطرية وغيرها من المركبات إلى زيادة استخدام المكافحة الكيميائية؛ نظراً لفاعليتها في القضاء على أنواع الأعشاب الضارة. ويطلق اصطلاح مبيد الأعشاب Herbicide على أية مادة كيميائية تستخدم في قتل أو منع نمو أي نبات غير مرغوب.

تقسم مبيدات الأعشاب بصفة عامة إلى مجموعتين رئيستين هما:

أ–المبيدات الاختيارية Selective herbicides: وهي المبيدات التي تؤثر فقط في نباتات الأعشاب ولا تضر بالمحصول، وتقسم هذه المبيدات حسب الجزء الذي ترش عليه إلى نوعين:

1–مبيدات ورقية Foliar herbicides: وهي ترش على المجموع الخضري للأعشاب فقط.

2–مبيدات أرضية أو جذرية Soil herbicides: ترش فوق سطح الأرض وتمتص عن طريق الجذور.

ويقسم كل من هذين النوعين حسب طريقة تأثيره في الأعشاب إلى مبيدات ملامسة ومبيدات جهازية وتبعا لذلك تقسم المبيدات الاختيارية إلى:

1– مبيدات ورقية بالملامسة: وفيها يحدث التأثير القاتل للمبيد عند مكان الإضافة من دون انتقاله إلى داخل النبات مثل المبيد Propanil

2–مبيدات ورقية جهازية: أو انتقالية وهي التي لا بد من انتقالها من نقطة الإضافة إلى داخل أنسجة النبات حتى تصل إلى الخلايا الحساسة مثل المبيد 2, 4-D ، والمبيدات الانتقالية تستلزم وجود النبات في حالة نشطة فيزيولوجياً؛ لأن جزيئات المبيد تنتقل إلى أنسجة الورقة عن طريق الانتشار الجانبي على الجدران الخلوية حتى تصل إلى الحزم الوعائية بالورقة، فتتحرك مع تيار الغذاء المصنع إلى جميع أنسجة النبات.

3–مبيدات أرضية ملامسة: وهي تقتل الجذور بمجرد ملامسة رذاذ المبيد لها مثل المبيد Bromacil

4–مبيدات أرضية جهازية: أو انتقالية وهي تنتقل داخل أنسجة الجذور وتصعد مع تيار الماء والغذاء الصاعد من الجذور إلى جميع أنسجة النبات، مع الإشارة إلى أنه لكي تكون المبيدات الأرضية فاعلة يجب أن يكون توزيعها منتظماً في طبقات التربة المختلفة، وأن تبقى فاعلة حتى تمتصها جذور الأعشاب.

بـÆالمبيدات العامة غير الاختيارية General or non-selective herbicides:

وهي المبيدات التي تقتل النموّات الخضرية للنباتات أيا كان نوعها سواء كانت أعشاباً أم غيرها؛ لذا تستخدم في مكافحة النموات الخضرية في الأماكن غير المزروعة وعلى جوانب الطرق وحواف القنوات والمصارف والسكك الحديدية وغيرها، وعند استعمال المبيدات العامة يجب أن يتوزع المبيد في طبقات التربة حتى يصل إلى مناطق انتشار الجذور والأعضاء الأرضية للأعشاب المعمرة، وأن يبقى التأثير السام للمبيد في التربة فترة تكفي لقتل الجذور والريزومات جميعها.

يستعمل اصطلاح تعقيم التربة Soil sterilization للتعبير عن استعمال المبيدات العامة في التخلص من جميع النباتات في الترب،ة ولكنه لا يعني التخلص من جميع أنواع الكائنات الحية الموجودة في التربة فقد تتأثر أو لا تتأثر الكائنات الحية بهذه المعاملة علما أن هناك نوعين من تعقيم التربة:

1–تعقيم مستديم Permanent sterilization : وفيه يمتد تأثير التعقيم لمدة تزيد على سنة كما هو الحال في الأراضي غير المزروعة.

2–تعقيم مؤقت Temporary sterilization: وفيه لا يمتد تأثير التعقيم إلا لفترة قصيرة كما هو الحال في مكافحة الأعشاب المعمرة في الأراضي المزروعة.

هذا وتستخدم كثير من المبيدات الطيارة وغير الطيارة كمعقمات للتربة، ومن المعقمات الطيارة الكلوروبكرينchloropicrin وبروميدالميثيل methyl bromide ؛ فضلاً عن الفورمالدهيد والفابام حيث تستعمل هذه المركبات أساساً في تعقيم التربة داخل الأنفاق البلاستيكية والبيوت الزجاجية ومن معقمات التربة غير الطيارة الأملاح الزرنيخية والبورون والكلورات ومركبات التريازين triazines وأحماض البنزويك benzoic acids ومخاليط هذه المركبات.

طرق إضافة المبيدات: تضاف مبيدات الأعشاب بطرق عدة، تختلف حسب موعدها كالآتي:

1– مبيدات تستعمل قبل الزراعة Pre-planting application: وفيها تضاف المبيدات قبل الزراعة وفي اثنائها، وفي أثناء عمليات تجهيز الأرض للزراعة.

2– مبيدات تستعمل بعد الزراعة Pre-emergence application: ولكن قبل ظهور بادرات المحصول المزروع فوق سطح التربة.

3– مبيدات تستعمل بعد الإنبات Post-emergence application: وهنا ترش المبيدات عقب ظهور بادرات المحصول والأعشاب فوق سطح الأرض.

عموماً، عند اختيار أي مبيد عشبي يجب مراعاة النقاط الآتية:

(1) طريقة عمل المبيد.

(2) درجة تحمل المحصول للمبيد.

(3) نوع المبيد وتركيزه.

(4) عمر النبات وحالته المورفولوجية والفيزيولوجية.

(5) الظروف الجوية السائدة في اثناء إجراء المكافحة.

(6) نوع التربة.

ثانياً–مكافحة الآفات الضّارة Pest control:

تتعرض المحاصيل في أثناء نموها إلى الإصابة بكثير من الأمراض والحشرات التي قد تتسبب في موتها وتؤدي بالتالي إلى خسارة في الإنتاج؛ لذلك فإن إلمام المزارع بأنواع الآفات التي تصيب المحاصيل في مختلف أطوار نموها وطرق الوقاية والعلاج وكيفية القيام بهما تُعدُّ من أهم العوامل التي يتوقف عليها نجاح زراعة المحاصيل وزيادة إنتاجها وتحسين نوعيتها.

هذا وتستخدم في مقاومة الآفات مجموعة من الطرق يكمن تقسيمها على الشكل الآتي:

1) الطرق الوقائية: يفضل اتباع هذه الطريقة في مقاومة آفات محاصيل الخضار؛ وذلك لانخفاض تكاليفها علاوة على تجنب خطورة الأثر المتبقي للمبيدات التي تسبب خطراً على صحة المستهلك؛ علماً أن المقاومة الكيميائية نادراً ما تصحح أخطاء زراعية اتبعت، كعدم انتظام الري وتغذية النبات وعدم اتباع دورة زراعية سليمة، مما يسبب في كثير من الأحيان ضعفاً في نمو النباتات وتدهوراً في قدرته الطبيعية على المقاومة لكثير من الأمراض؛ نظراً لفقدانه عناصر النمو المثلى، وبذلك تصبح المقاومة الوقائية أكثر فاعلية في المحافظة على المحصول كماً ونوعاً.

ومن أهم الأساليب التي يمكن اتباعها في مقاومة الآفات وقائياً:

1–إزالة المحاصيل وبقايا المحصول السابق: للقضاء على عوائل عديدة للحشرات والأمراض.

2–استبعاد النباتات الميتة أو المصابة: يجب استبعاد النباتات المصابة من الحقل وحرقها لمنع انتقال العدوى منها إلى النباتات الأخرى المجاورة لها، وتستعمل هذه الطريقة في الوقاية من الأمراض الفيروسية.

3–تعقيم التربة قبل الزراعة: من أجل القضاء على المسببات المرضية التي تحويها كيميائياً أو حرارياً؛ فضلاً عن العناية بحرارتها وتحسين صرفها.

هذا ويمكن القضاء على بعض الأمراض أو التخفيف من تأثيرها بتغيير درجة حموضة الوسط؛ إذ يمكن بجعل الوسط معتدلاً الحدّ من انتشار مرض تدرن الجذور الصولجاني الذي يصيب بشكل أساسي جذور نباتات العائلة الملفوفية، وكذلك الحدّ من الإصابة بمرض الذبول الذي يصيب البادرات.

4–تعقيم البذور: تحمل بذور كثير من المحاصيل مسببات مرضية على سطحها الخارجي وبالقضاء على هذه المسببات يمكن حماية البذور في أثناء الإنبات وحماية البادرات الناتجة منها، ومن أهم المبيدات المستعملة لهذا الغرض الكابتان والبافستين والثيرام.

2) الطرق الزراعية: تشمل طرق عدة، أهمها:

1– زراعة أصناف أو سلالات مقاومة: وتُعد الطريقة الوحيدة لمقاومة بعض الأمراض كمرض الذبول في القطن ومرض الاصفرار وأمراض الصدأ في القمح والريزوكتينيا في الشوندر السكري.

2– الزراعة في المواعيد المناسبة: تنتشر بعض الأمراض في مواعيد من دون أخرى، تؤدي زراعة النباتات في المواعيد التي لا تنتشر فيها الأمراض والحشرات إلى تجنب إصابة النباتات بها.

3– اتباع دورة زراعية مناسبة: يمكن الحدّ من انتشار كثير من الأمراض والتقليل من أضرارها بطريقة فاعلة عند اتباع دورة زراعية لا تدخل فيها زراعة المحصول الذي يصاب بأحد الأمراض في الأرض نفسها لأكثر من مرة لمدة 3–4 سنوات، للتخفيف من أثر الديدان الثعبانية Nematodes التي تُعدُّ من أشد الآفات ضرراً لكثير من المحاصيل.

4– العناية بالعمليات الزراعية: تؤدي العناصر الغذائية دوراً فاعلاً في وقاية النباتات من خطر الإصابة بالعديد من الأمراض الفيزيولوجية والفطرية والحشرية، فبينما تجعل زيادة التسميد الآزوتي في النباتات الغضة المقاومة للأمراض والحشرات ضعيفة، على النقيض من ذلك يُكسب السماد البوتاسي النباتات صفة المناعة والمقاومة ضد المسببات المرضية لما له من تأثيرات فيزيولوجية تنعكس إيجابياً على عمليات التمثيل الضوئي وتخزين المواد الكربوهيدراتية التي تزيد من مقاومة النبات البيولوجية وقدرته التخزينية. كما تؤدي الظروف المناخية السائدة دوراً كبيراً في انتشار الأمراض والحشرات وبخاصة ضمن الأنفاق المحمية، ويمكن عن طريق التحكم في هذه الظروف تقليل الإصابة؛ فضلاً عن ذلك فإن الحراثة الجيدة تقلل من الإصابة بالأمراض والحشرات ،وذلك لأنها تساعد على تعريض الحشرات ويرقاتها لحرارة الشمس والطيور وغيرها؛ مما يؤدي إلى القضاء عليها.

3) الطرق الحيوية: ترتكز المكافحة الحيوية على استخدام أعداء طبيعة يتطفل بعضها على بعضها الآخر، ويكون لإحداها تأثير ضار أو مميت على الآخر كتطفل حشرة أبو دقيق العيد على المن والعنكبوت الأحمر

أو تطفل فطريات على فطريات أخرى أو فيروسات على أنواع من البكتيريا ذات أثر مرضي للنبات، ولكن يعاب على هذه الطريقة صعوبة تطبيقها عملياً على نطاق واسع، ويعد استخدام المستخلصات النباتية من الطرق الحيوية الحديثة في مكافحة الآفات الضارّة خاصةً الحشرات والفطريات، حيث تمتلك بعضُ النباتات تأثيراً تضادياً Allelopathy ضد الكائنات الأخرى بما فيها الأعشاب الضَارة، وذلك بإفراز مواد كيميائية تضادية Allelochemicals، وهناك أمثلة كثيرة، مثل :مستخلصات نبات الخس البري، والهندباء البرية، وأشجار الكافور Eucalyptus، والتبغ Tobacco..الخ.

4) الطرق الميكانيكية: وهي طريقة فاعلة في مكافحة بعض الآفات، مثل: دودة ورق السمسم، وتتم هذه العملية بجمع البيوض باليد قبل الفقس ثم حرقها وقد تجمع اليرقات بعد الفقس لكن نجاحها يكون محدوداً. ومن الطرق الميكانيكية لمكافحة الآفات أيضاً استخدام المصائد الكهربائية ليلاً لجذب الحشرات أو زراعة بعض النباتات التي تفضلها الحشرات حول حقول المحصول الرئيس، مثل زراعة نباتات الذرة الصفراء حول حقول البندورة، حيث تنجذب دودة الثمار إلى نباتات الذرة، فتقلل هذه العملية من إصابة نباتات البندورة بهده الحشرة؛ لأنها تفضل الذرة على البندورة.

5-الطرق الكيميائية: عندما لا تُظهر الطرق الوقائية جدواها في مقاومة الآفات، يمكن مقاومة الآفات بالتعفير أو الرش بالمبيدات الفطرية والحشرية المختلفة؛ نظراً لتأثيرها المميت للمسببات المرضية ولسهولة تنفيذها. ومن المهم إجراء المكافحة الكيميائية في الوقت المناسب؛ أي بعد ظهور الأعراض الأولى للمرض مباشرة أو ظهور أحد أطوار الحشرة؛ إذ لا جدوى من إجراء المكافحة بعد أن يكون المرض أو الحشرة قد تمكّن من إصابة المحصول؛ مسبباً له أضراراً لا يمكن الحدُّ منها، وتتم الإبادة عادة إما عن طريق الملامسة للمبيدات الفطرية أو الحشرية أو بأكلها كما يحدث في بعض المبيدات الحشرية الجهازية؛ علما أن نجاح المكافحة الكيميائية يتطلب معرفة كاملة بالمواد المستعملة وطريقة استعمالها، هذا وتُستعمَل عادة في المكافحة طريقتا التعفير بالمساحيق الناعمة والرش بالمحاليل المائية أو الزيتية المتعددة.

الفصل التاسع
إنتاج المحاصيل في المناطق الجافة
Field crops production in dry areas

يتصف الوطن العربي بوجود مساحات شاسعة من المناطق الجافة وشبه الجافة، تؤلف نحو 89 % من مساحته العامة، وتقدر المساحة الإجمالية للدول العربية بنحو 1400 مليون هكتار، أي نحو 10.2% من إجمالي مساحة اليابسة في العالم، وتؤلف الموارد الأرضية الزراعية العربية ذات الطاقة الإنتاجية نسبة ضئيلة جداً من تلك المساحة؛ بسبب وجود نحو أربعة أخماس الأراضي الزراعية العربية ضمن نطاق الأراضي الجافة التي لا يتعدى سقوط الأمطار فيها 150 ملم في السنة، وشبه الجافة التي يتراوح معدل الهطل المطري الشتوي في مناطقها بين 250 و350 ملم/سنة، بينما يصل إلى 350 – 450 ملم/سنة في مناطق الهطل المطري الصيفي.

يمكن تعريف المناطق الجافة بشكل عام، بأنها تلك المناطق التي تعاني النباتات فيها من عدم كفاية الماء اللازم لإنتاج محصول اقتصادي، ولضمان الحصول على محصول جيد في هذه المناطق يجب تبني ممارسات حفظ الماء Water conservation measures. عرّفت منظمة الزراعة والأغذية العالمية (FAO) المناطق الجافة بأنها تلك المناطق التي يمكن تقسيمها مناخياً إلى جافة، شبه جافة أو جافة شبه رطبة بالاعتماد على طول فترة النمو للمحاصيل الحولية، وتشكل مساحة المناطق الجافة في العالم ما يقارب 45% من مساحة اليابسة، منها 7% مناطق جافة، 20% شبه جافة، 18% جافة شبه رطبة.

يمكن عموماً، تقسيم المناطق الجافة في سورية حسب معدلات الهطولات المطرية إلى:

1–المناطق الجافة Arid zones: تقل أمطار هذه المناطق في المتوسط عن 250 ملم سنوياً، يمكن استثمارها زراعياً عند توفر مياه الري من الأنهار والآبار، عندها تتحول أراضي المناطق الجافة إلى أراض زراعية صالحة لإنتاج عدد كبير من المحاصيل الحقلية، مثل: القطن والشوندر السكري والذرة الصفراء والذرة البيضاء والقمح والشعير.

2–المناطق شبه الجافة Semi-arid zones: تتراوح أمطار هذه المنطقة ما بين 250–500 ملم/السنة، تقسم هذه المنطقة من وجهة نظر الزراعة المطرية إلى ثلاثة أقسام:

أ–شبه الجافة–الجافة: وتتراوح أمطارها ما بين 250–300 ملم. تتركز فيها زراعة الشعير، ويمكن إدخال العديد من المحاصيل العلفية إلى هذه المنطقة مثل أنواع الرغل المعمرة.

ب–شبه الجافة–المتوسطة: وتتراوح أمطارها ما بين 300–400 ملم/سنة، تجود في هذه المنطقة زراعة البقوليات والحبوب.

ج–شبه الجافة–الرطبة: وتتراوح أمطار هذه المنطقة ما بين 400–500 ملم/سنة والمحاصيل التي تزرع بعلاً في هذه المنطقة، فضلاً عن محاصيل الحبوب والبقوليات، يمكن أيضاً زراعة حبة البركة والحمُّص والسمسم وعباد الشمس.

يُعرّف مصطلح الزراعة الجافة Dry Land Farming بأن النظام الزراعي السائد في المناطق التي تكون فيها الرطوبة هي العامل المحدد لنمو المحاصيل وإنتاجها؛ متضمنة العمليات الزراعية الكفيلة باستغلال الكميات المحدودة من الرطوبة وزراعة المحاصيل المناسبة المتحملة للجفاف، ويعد المناخ عاملاً أساسياً في خلق البيئة الجافة، فهو يتحكم في معالم السطح والنبات والحيوان في توزيعها ونوعها وطراز حياتها مقارنة عما هي عليه في المناطق الرطبة المجاورة، والجفاف هنا هو نتيجة انخفاض القيمة الفعلية للأمطار والناتج عن ارتفاع الحرارة وقيم التبخر.

تُمارس الزراعة الجافة اليوم على مساحات واسعة في العالم تصل إلى ملايين الهكتارات ضمن الظروف المناخية الجافة؛ إذ أنّ كمية الأمطار وفاعليتها غير كافية لممارسة العمليات الزراعية سواء خلال فترات تذبذب هطول الأمطار أو عند انقطاع هطولها، وتتم زراعة العديد من المحاصيل الزراعية اعتماداً على مخزون ماء التربة، كما في الذرة البيضاء، وذرة المكانس، وزهرة الشمس، والبطيخ، والقطن أحياناً، وبعض أنواع الخضروات.

تأثير الجفاف في المحاصيل الزراعية: يدل مصطلح الجفاف Drought على الفترة من الموسم التي تهطل خلالها الأمطار بكمياتٍ غير كافية، مما يؤدي إلى تراجع محتوى التربة المائي نتيجة استمرار عملية فقد المياه بالتبخر– نتح إلى المستوى الذي يجعل النباتات تُعاني من نقص المياه، وخاصةً إذا ترافق ذلك مع ازدياد شدة السطوع الشمسي، وازدياد سرعة الرياح، وارتفاع حرارة الوسط المحيط، وانخفاض الرطوبة النسبية الجوية (RH%). وإنَّ قرابة ثلث مساحة اليابسة تعاني من عجزٍ في الأمطار Rainfall deficit، وإنَّ

نصف هذه المساحة (12 % من مساحة الأرض) جافة جداً، بحيث لا يتجاوز فيها معدل الهطول المطري السنوي أكثر من 250 مم، وهذا لا يعادل ربع معدل فقد الماء بالتبخر من تلك المناطق.

يؤدي ضعف الهطول المطري في البيئات الجافة وشبه الجافة، وعدم انتظام توزعها بما يتناسب مع متطلبات الأنواع النباتية المزروعة –في كل مرحلة من مراحل النمو– إلى تعرض النباتات لشحِّ المياه في نهاية موسم النمو نيسان وأيار، حيث تكون النباتات في المراحل الحرجة الأشد حاجةً إلى المياه؛ مما يؤثر سلباً في إنتاجية المحاصيل المزروعة. وغالباً ما يترافق انحباس الأمطار بتزايد سرعة الرياح، والتي قد تصل في بعض الأحيان إلى 7 م/ثا؛ مما يعرض التربة إلى الانجراف الريحي الذي قد يؤدي إلى نقل الطبقة السطحية من التربة الغنية بالعناصر المعدنية المغذية والمادة العضوية، كذلك تتسم البيئات الجافة وشبه الجافة بارتفاع درجة حرارتها؛ إذ يصل المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في المناطق شبه الجافة إلى 30 °م، ونحو 42°م في المناطق الجافة، وغالباً ما تكون ترب البيئات الجافة وشبه الجافة فقيرة بالعناصر المعدنية المغذية والمادة العضوية، وسطحية، وتميل درجة الحموضة فيها إلى القلوية، وارتفاع محتواها من كربونات الكلسيوم.

الأضرار الناجمة عن الجفاف: يؤدي تعرض النباتات إلى ظروف الجفاف إلى تراجع حجم الخلية النباتية Cell volume، وزيادة تركيز الذائبات في نسغ الخلية، وازدياد درجة تجفاف البروتوبلاسم. ويمكن القول إنَّ الجفاف يؤثر في جميع العمليات الحيوية في النبات؛ بدءاً من استطالة الخلايا النباتية وانتهاءً بعملية نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب. إنَّ تراجع جهد الامتلاء Turgor potential، ومن ثمَّ تثبيط استطالة خلايا الأوراق، وتوقف نموها، يعدُّ من أكثر العمليات الفسيولوجية حساسية للجفاف. ويؤثر أيضاً الجفاف بسرعة في استقلاب البروتينات وتصنيع الأحماض الأمينية، ومن بين الأنزيمات التي تثبط بشكلٍ كبير بتأثير الإجهاد المائي أنزيم Nitrate reductase، حيث يؤدي تعرُّض النباتات لفترةٍ زمنية وجيزة للجفاف إلى تراجع نشاط هذا الأنزيم بنسبة 20%، وتُعد أيضاً عملية التثبيت الحيوي للآزوت الجوي بوساطة العقد البكتيرية Nodules المتعايشة مع جذور المحاصيل البقولية، حساسة جداً لظروف الإجهاد المائي. ويؤدي تعَّرض النباتات إلى ظروف الجفاف المتزامن مع الحرارة المرتفعة خلال مرحلة الإزهار Anthesis إلى فشل عملية التلقيح Pollination؛ بسبب جفاف المياسم Stigma، ومن ثمَّ فشل عملية الإخصاب Fertilization؛ بسبب تراجع حيوية حبوب الطلع؛ الأمر الذي يؤثر سلباً في نسبة العقد

Setting، ومن ثمَّ عدد البذور/ الحبوب المتشكلة في النبات. ويؤدي تعرُّض النباتات إلى الإجهاد المائي إلى تحفيز تصنيع حمض الأبسيسيك (ABA) في الجذور، ثمَّ تُنقل هذه الإشارة الكيميائية من الجذور إلى الأجزاء الهوائية Root to shoot chemical signal، وتحث مسامات الأوراق على الانغلاق لتقليل معدل فقد الماء بالنتح.

آليات مواجهة الجفاف Mechanisms of Drought Survival

1-الهروب من الجفاف Drought Escape: توجد العديد من آليات الهروب من الجفاف، أهمها، أنَّ بذور بعض الأنواع النباتية الحولية المنتشرة في البيئات الجافة، لا تنبت إلاَّ بعد هطول الأمطار بكمياتٍ كبيرة، تكفي لإتمام عمليتي الإنبات، واسترساء البادرات بشكلٍ جيد، وتكمل النباتات دورة حياتها بشكلٍ سريع. وجميع النباتات من هذا النوع تبقى على قيد الحياة خلال فترات الجفاف على شكل بذور ساكنة، وتتميز بذور مثل هذه الأنواع النباتية باحتوائها على كميةٍ كبيرة من موانع الإنبات (حمض الأبسيسيك، والمركبات الفينولية). وتمتلك بعض الأنواع النباتية أعضاء تحت أرضية مخزنة للماء Water storing belowground organs، مثل الريزومات Rhizomes، والدرنات Tubers، والبصيلات Bulbs، ويمكن لتلك الأنسجة خلال مدة هطول الأمطار أنْ تعطي أجزاء هوائية كاملة دفعة واحدة باستعمال الكربوهيدرات المخزونة فيها، وتتمكن تلك الأجزاء الهوائية من الإزهار وإعطاء الثمار خلال فترة زمنية قصيرة جداً.

2-تجنب الجفاف Drought avoidance: يمكن تجنب الجفاف بإحدى الطرق الآتية:

أ-تحسين معدل امتصاص المياه: وذلك من خلال تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب قادر على التغلغل إلى طبقات التربة العميقة الرطبة، حيث تتمكن مثل هذه المجاميع الجذرية من استخلاص كمية أكبر من المياه، كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح. ويمكن لجذور الأنواع النباتية المنتشرة في الصحارى أنْ تصل إلى أعماق حتى 2-5 م. وتمتلك بادرات النباتات الخشبية المنتشرة في المناطق الجافة جذوراً وتدية بطول يفوق ارتفاع الأجزاء الهوائية بنحو عشرة أضعاف، في حين تشكل الحوليات العشبية Grasses في مثل هذه البيئات مجاميع جذرية كثيفة، وترسل جذوراً خيطية إلى أعماق تصل لعدة أمتار، وبذلك يمكنها أنْ تستفيد من مياه الأمطار القليلة التي تتركز ضمن طبقات التربة السطحية، وفي الوقت نفسه تستخلص المياه من طبقات التربة العميقة الرطبة. وبشكلٍ عام تكون نسبة الجذور إلى الأجزاء الهوائية عالية، وتزداد هذه النسبة بازدياد مدة الجفاف وشدتهِ.

ب–**تحسين المقدرة على التوصيل المائي:** ويمكن زيادة كمية المياه الواصلة إلى الأجزاء الهوائية من خلال زيادة كفاية وعدد الأوعية الخشبية الناقلة Xylem، أو زيادة أقطار الأوعية الخشبية، أو من خلال تقصير أطوال السلاميات. وإذا ما انخفضت في الوقت نفسه مساحة المسطح الورقي القابل للنتح فإنَّ المساحة النسبية للأنظمة الناقلة سوف تزداد حتى من دون حدوث أي تغيير فيها، أي تصبح كمية المياه الممتصة وإنْ قلَّت كافية لتغطية احتياجات النبات المائية.

ج–**تقليل معدل فقد المياه بالنتح:** ويمكن تحقيق ذلك بشكلٍ رئيس من خلال تقليل الناقلية المسامية، أو إغلاق المسامات بشكلٍ كامل. ومن التغيرات التكيفية الملاحظة على أوراق الأنواع النباتية المنتشرة في البيئات الجافة، تشكيل مسامات صغيرة وبكثافة كبيرة في الأوراق، حيث تسمح مثل هذه التحورات للأوراق بتقليل معدل فقد الماء بالنتح، من خلال الضبط السريع لحركة المسامات، فعندما تكون المسامات صغيرة، فإنَّ أي تراجع في محتوى التربة المائي يؤدي إلى تقليل كبير في ناقليتها المسامية بتأثير الإشارة الكيميائية، ويشمل هذا التأثير عدداً كبيراً من المسامات الموزعة على كامل مساحة الأوراق، لذلك تكون كمية الماء المفقودة بالنتح أقل بالمقارنة مع وجود عدد أقل من المسامات الكبيرة.

وعادةً ما تكون جدر خلايا الأدمة الخارجية لأوراق هذه الأنواع النباتية متغلظة، وتغطيها طبقة سميكة من الترسبات الشمعية. حيث تشكل حاجزاً فيزيائياً يعيق حركة الماء من الأوراق إلى الوسط المحيط، فضلاً عن أنَّ الترسبات الشمعية Waxy deposits تعمل على عكس Reflection الأشعة الشمسية؛ وبالتالي تقلل من كمية الأشعة الشمسية الممتصة من قبل الأوراق، وتحول دون ارتفاع درجة حرارتها.

ومن التكيفات التي يمكن أنْ تقلل من فقد الماء بالنتح أنْ تتركز المسامات فقط على الوجه السفلي للأوراق (الأقل تعرضاً لأشعة الشمس)، وتكون المسامات غائرة، وغالباً مغطاة بطبقة كثيفة من الزغب، وفي مثل هذه الحالة سوف تزداد مقاومة طبقة الهواء الساكنة المحيطة بسطح الأوراق Boundary layer لتدفق الماء، ويصبح الهواء خارج المسامات أكثر رطوبة؛ الأمر الذي يقلل من فرق التدرج في ضغط بخار الماء (VPD)، ومن ثمَّ معدل فقد الماء بالنتح. ويُساعد أيضاً التفاف الأوراق Leaf rolling في تقليل معدل النتح، من خلال أيضاً تقليل مساحة السطح المعرّض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس. وتُعدُّ أيضاً مقدرة النباتات (وخاصةً الأنواع النباتية الصحراوية) على تخزين المياه في الأنسجة العصارية من أهم الآليات المرتبطة بتجنب الجفاف وخاصةً إذا ما اقترنت بتقليل مساحة السطح القابل للنتح (أوراق إبرية مختزنة)، مع وجود مقاومة عالية لخلايا الأدمة الخارجية لفقد الماء.

3–تحمل الجفاف Drought tolerance: يختلف تحمل الجفاف باختلاف النوع النباتي، وباختلاف مقدرة البروتوبلاسم التكيفية على تحمل مستويات شديدة جداً لفقد المياه، وإنَّ الأنواع النباتية جميعها التي

تتحمل الجفاف تستطيع البقاء على قيد الحياة حتى عند درجاتِ متطرفة من جفاف الخلية، من خلال التحول إلى الحالة السريرية، حيث تتوقف تماماً العمليات الأيضية جميعها. ومع ازدياد شدة جفاف الخلايا النباتية سوف يتم تصنيع بروتينات، أو ببتيدات عديدة، ونواتج استقلاب جديدة مرتبطة بالإجهاد (البرولين، والرافينوز ، و Trehalose)، أو يتم تحريرها من مدخرات الخلية النباتية. وخلال مرحلة الإجهاد المائي يتفعل برنامج الدفاع الجزيئي؛ المتمثل ببدء التعبير الوراثي Gene expression لبعض المورثات المسؤولة عن تصنيع بعض البروتينات الدفاعية Stress proteins (Dehydrin, Osmotin).

تعمل هذه البروتينات على وقاية البروتينات في السيتوبلاسم، وفي النواة، والأغشية الحيوية من التخرب Denaturation. ويتضمن تحمل الجفاف أيضاً مقدرة البروتوبلاسم على استعادة الترطيب Dehydration بطريقة منظمة ومنسقة لا تضر بتركيبها، أو تخل باستقرار مكوناتها، وذلك عندما يصبح الماء متاحاً.

ملوحة التربة في المناطق الجافة: Soil Salinity

تتميز الأراضي الجافة في بعض المناطق بملوحتها، وتُعدُّ الملوحة والقلوية حالة مألوفة لاسيما في الأراضي المروية والزراعات المطرية، ويمكن للملح أن يتراكم في الفصول الجافة، في أية تربة عندما يرتفع الماء الأرضي إلى مستوى سطح التربة باتباع أساليب الري الخاطئة، وتؤثر الملوحة في الضغط الأسموزي لمحلول التربة؛ وبالتالي في امتصاص الجذور للماء، وتترافق الملوحة عادة مع زيادة الصوديوم أو القلوية التي تجعل التربة غير نفوذه للماء إما عن طريق تشتت حبيبات الطين، أو عن طريق انتفاخ معادن الطين. وتمنع القلوية هجرة الملح الزائد من منطقة الجذور، وتُسهم معدلات الصوديوم العالية برص التربة؛ مما يجعل إنبات البذور أمراً صعباً. وحيث إن تكاليف استصلاح الأراضي المالحة، مرتفعة جداً، لا بد من اللجوء إلى اتباع تقانات زراعية خاصة، وانتخاب أصناف متحملة لظروف الأراضي المالحة.

أسس الزراعة الجافة: تقوم الزراعة الجافة وفق أساسين:

أ- الحفاظ على أكبر قدر من مياه الإمطار داخل التربة.

ب–زراعة محاصيل زراعية تتطلب كميات قليلة من المياه.

ولتحقيق هذين الغرضين وللاحتفاظ بمياه الإمطار تتم حراثة الأرض المتروكة ثلاث مرات، هي:

1– الحراثة الأولى: قبل موعد سقوط الإمطار لكي يساعد التربة على امتصاص أكبر كمية من الأمطار الساقطة ولنمع الجريان السطحي.

2– الحراثة الثانية: إذ تحرث الأرض في فصل الجفاف للحد من تبخر المياه وتسربها داخل التربة عن طريق الخاصة الشعرية.

3– الحراثة الثالثة: خلال الموسم الزراعي للمحاصيل، وتحتفظ الأرض من خلال الأمطار الساقطة عليها في السنة وما يخزن من مياه لتضمن نجاح زراعة المحاصيل في المناطق الجافة وشبة الجافة.

ممارسات الري في المناطق الجافة:

تعتمد مساحات واسعة من الأراضي الزراعية في المناطق الجافة وشبه الجافة على عمليات الري للقيام بالنشاط الزراعي، وتعتمد على ممارسة عمليات الري بطريقتين الأولى ما يسمى بالري التكميلي Supplementary Irrigation أي إعطاء المحاصيل الزراعية احتياجاتها المائية خلال مدة انقطاع هطول الأمطار أو عند تذبذبها في حالة قلة فاعلية المطر، ويعتمد الري في المناطق الجافة من خلال ممارسة عمليات وطرائق ري متعددة في العمليات الزراعية، ومن أهم الأساليب والطرائق السائدة:

1–الري بالغمر Flood irrigation: يُستعمل هذا الأسلوب في الأراضي المنخفضة ذات الانحدار التدريجي والتي يكون مستواها دون مستوى منسوب المياه في الأنهار المجاورة (مناطق أحواض الأنهار River Basin) إذ يتم تجهيز المياه من خلال فتحات ويسلط الماء ويجري من مصدر الري إلى الأراضي الزراعية بفعل الجاذبية الأرضية gravity ولا يتطلب ذلك بذل جهود غير فتح منافذ الري الحقلية لذلك يطلق عليه الري المستديم (Permanent Irrigation)، استعمل هذا الأسلوب في مساحات واسعة من المناطق الجافة وشبة الجافة في العالم، وشكل هذا الأسلوب نسبة وصلت إلى حوالي 30% من الأراضي المزروعة ، إلا إنَّ ممارسة هذا الأسلوب ضمن الخصائص المناخية الجافة نتج عنه مشاكل متعددة، منها: ارتفاع نسبة الملوحة في الترب المزروعة؛ فضلاً عما يتطلبه هذا الأسلوب من إقامة مشاريع للصرف؛ مما

دفع الحكومات المحلية للدول في العالم للحدّ من استعماله بعد أن شهد العالم تطوراً علمياً في الابتكارات العلمية واستعمال طرائق حديثة في الري، مثل: الري بالرذاذ (الرش)، والري بالتنقيط.

2-الري بالخطوط Furrow irrigation: وهي إحدى طرق الري التقليدية، يتم الري فيها بإنشاء خطوط عبر الحقل، ويفصل الخط عن الآخر بشريط ترابي (ريشة الخط)، وتختلف المسافة بين الخطوط حسب المسافة الزراعية للمحصول، والخط عبارة عن خندق بعمق لا يتجاوز 5 – 15 سم، ويتم تقديم الماء بعد تجهيز الخطوط بتحويل الماء المطلوب من مصدر الري عبر أقنية فرعية إلى هذه الخطوط (الشكل، 1)، وهي طريقة سهلة خاصةً للمحاصيل المعزوقة المزروعة بالخطوط، مثل: القطن والشوندر السكري.الخ، لكن من سلبياتها أنها تستهلك كميات كبيرة من المياه مقارنةً بطرق الري الحديثة.

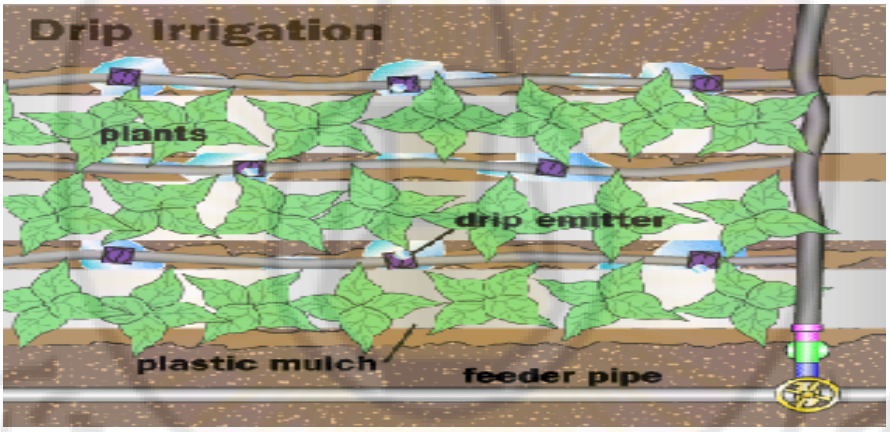
يُناسب نظام الري بالخطوط الأراضي ذات القوام المتوسط والناعم ذات القدرة الجيدة على الاحتفاظ بالمياه، ويجب ألّا يزيد انحدار الخط عن 1-2% في المناطق الجافة.

الشكل 1: طريقة الري بالخطوط في الحقل.

3-طريقة الري بالرش/الرذاذ Sprinkler Irrigation: تُعدُّ هذه الطريقة من أحدث الطرائق المستعملة في الري لما تحققه من كفاية عالية في تجهيز مياه الري وتوزيعها في المناطق الجافة وشبة جافة وإمكانية استعمالها في إرواء المحاصيل الزراعية جميعها، ولأنواع الترب المختلفة خاصة في مشاريع الري الحديثة (الشكل، 2)، وهي تشكل الآن نسبة كبيرة من الأراضي المروية، بعد أن وفرت الجهات المسؤولة كل متطلباتها من أجهزة وشبكات ومنظومات للري وبأسعار رخيصة، وما حققته من نتائج ايجابية عكست تأثيراتها في الأراضي المزروعة لدى المزارعين.

الشكل 2: طريقة الري بالرذاذ في الحقل.

4-طريقة الري بالتنقيط Drip irrigation: وتُعدُّ أيضاً من طرق الري التي شاع استعمالها على نطاق واسع في الزراعات المروية لممارسة الزراعة ضمن المحاصيل الحقلية والخضروات والأشجار المثمرة. تعتمد طريقة الري بالتنقيط على مد شبكة من الأنابيب البلاستيكية المجهزة بفتحات Nozzel يتوزع منها المياه بالقدر الذي تتطلبه حاجة المحاصيل الزراعية (الشكل، 3)، وقد شاع استعمالها على نطاق واسع منذ عام 1970م، في عدة مناطق في العالم.



الشكل 3: طريقة الري بالتنقيط في الحقل.

الممارسات الزراعية في المناطق الجافة: تشتمل الزراعة الجافة على ممارسات متنوعة تساعد في زيادة رطوبة التربة. فالمزارع قد يترك جزءاً من أرضه بوراً كل عام بغرض تخزين الرطوبة لمحصول العام المقبل، وعوضًا عن حرث الأرض قد يقوم المزارع بحفر التربة لعمق ثماني سنتيمترات فقط، هذه التقانة تقتل الأعشاب التي تمتص رطوبة التربة، كما أنها تعرض التربة للهواء بدرجة أقل مقارنة بالحرث؛ مما يقلل من كميات المياه التي تتبخر من التربة. ويكافح بعض المزارعين الأعشاب باستخدام مبيدات الأعشاب بدلاً عن حفر التربة.

تشتمل الزراعة الجافة على تقانة أخرى، تُسمى الحرث الكنتوري، يعمل بها في الأرض المنحدرة، وهنا يقوم المزارع بحرث المنطقة المنحدرة بالعرض، بدلاً من حرثها من أعلى إلى أسفل؛ بهدف تكوين أخاديد تمنع مياه الأمطار من الجريان إلى أسفل، وهكذا يثبت الماء المنحدر ويتسرب داخل التربة.

وبعد حصاد المحصول، يقوم بعض المزارعين، بترك سيقان النباتات الميتة وغيرها من البقايا النباتية في الحقل، لتغطيتها خلال فصل الشتاء، هذه البقايا تؤدي إلى تكوين سطوح غير مستوية، تعمل على منع انجراف التربة بالمياه والرياح، وبعد تسرب الماء في التربة، تساعد هذه البقايا على حفظ رطوبة التربة. وتفيد طرق الزراعة الجافة في زراعة محاصيل الحبوب، مثل: الشعير، والذرة، والقمح. وهنا أيضًا لابد للمزارعين من زراعة هذه المحاصيل، بمجرد حلول موسم الزراعة، قدر الإمكان، لإتاحة الفرصة لنضج النباتات قبل حلول الفصل الجاف الحار، تُمارس الزراعة الجافة في المناطق شبه الجافة في عدد من دول العالم، مثل أستراليا، وكندا، والصين، وروسيا، والولايات المتحدة. وقد تمكن الباحثون من تحسين التقانات المختلفة للزراعة الجافة، وتطوير أصناف جديدة من المحاصيل تحتاج إلى كميات قليلة من الماء. وأدت هذه التحسينات إلى زيادة الإنتاج الغذائي في مناطق الزراعة الجافة.

تقانات حصاد المياه في المناطق الجافة:

يُعد حصاد المياه تقليداً قديماً تم استخدامه منذ آلاف السنين في معظم الأراضي الجافة من العالم، إلا أن ثمة تقانات كثيرة قد جرى تطويرها، معظمها لأغراض الري، بينما طورت تقانات أخرى من أجل حفظ المياه ليصار إلى استهلاكها من قبل الإنسان والحيوان، وتصنف أساليب حصاد المياه بطرائق متعددة، معظمها يعتمد على نمط استخدام المياه أو تخزينها، غير أن أكثر التصنيفات شيوعاً في الاستخدام هو ذلك الذي يعتمد على حجم المستجمع.

نظم المستجمعات المائية الصغيرة: إن نظم المستجمعات المائية الصغيرة هي تلك التي تُجمع فيها المياه السطحية الجارية من منطقة مستجمع صغيرة تنساب منها المياه إلى مسافة قصيرة (الشكل، 4)، وعادة ما تُضاف المياه الجارية إلى منطقة زراعية مجاورة، حيث يصار إلى تخزينها إما في منطقة الجذور ليستخدمها النبات بشكل مباشر أو يتم تخزينها في حوض صغير لتستخدم فيما بعد. ويمكن زراعة المنطقة المستهدفة إما بالأشجار، أو بالشجيرات، أو بالمحاصيل الحولية. ويتراوح حجم المستجمع من بضعة أمتار مربعة إلى ما يقارب 1000 م^2. وقد تكون أسطح المستجمع الأرضي أسطحاً طبيعية، مع غطائها النباتي، أو قد

تنظف وتعالج بطريقة ما لتحريض الجريان، لاسيما عندما تكون التربة خفيفة. أما أسطح المستجمعات المائية غير الأرضية فتشمل سطوح الأبنية، وفناء الدار، وبنى كتيمة مشابهة.

الشكل 4: نظم حصاد المياه من المستجمعات المائية الصغيرة.

نظم المستجمعات المائية على مستوى المزرعة: تعد نظم المستجمعات المائية الصغيرة على مستوى المزرعة نظماً بسيطة في تصميمها، ويمكن إنشاؤها بتكاليف منخفضة؛ مما يجعل تكرارها والقدرة على التحكم بها أمراً يسيراً، وتتسم هذه النظم بكفاية جريان أكبر مقارنة بنظم المستجمعات الكبيرة، ولا تحتاج عادة إلى وسيلة لنقل المياه. كما تسمح بالتحكم بانجراف التربة وتوجيه الرواسب للاستقرار في المنطقة المزروعة. وتتوافر تقانات للمستجمعات الصغيرة المعتمدة على الأرض لتتلاءم مع أي منحدر أو أي محصول، غير أن هذه النظم تتطلب صيانة دورية متواصلة مع يد عاملة كثيرة إلى حد ما.

وخلافاً لنظم المستجمعات المائية الكبيرة، فإن المزارع يتمتع بالسيطرة ضمن مزرعته على المستجمع والمناطق المستهدفة على حد سواء، حيث يتم إنشاء كافة مكونات النظام ضمن حدود المزرعة. وتُعدُّ هذه المسألة من النقاط الإيجابية من ناحية الصيانة والإدارة، غير أنه، ونتيجةً لخسارة جزء من الأرض المنتجة، فإن هذه النظم تقتصر على البيئات الأكثر جفافاً، حيث تواجه زراعة المحاصيل خطر الإخفاق؛ الأمر الذي يستدعي المزارع لتخصيص جزء من المزرعة لعمل المستجمع.

ونقدم فيما يلي وصفاً لأهم نظم مستجمعات المياه الصغيرة المعتمدة على الأرض أو نظم حصاد المياه على مستوى المزرعة في المناطق الجافة.

1- متون الكِفاف Contour ridges : وهي حواجز ترابية يتم إنشاؤها على طول خطوط الكِفاف، تبعد الواحدة عن الأخرى عادة مسافة تتراوح ما بين 5-20 م. وتتركز الزراعة على مسافة 1-2 م أعلى المتن، أما ما تبقى من المسافة فيشكل المستجمع (الشكل، 5). ويختلف ارتفاع كل متن تبعاً لدرجة ميل الأرض، وتحتجز مياه الجريان المتوقعة مُقدم هذا المتن. وقد تُدَعم المتون بالحجارة إذا لزم الأمر. وتُعد عملية إنشاء

المتون تقانة بسيطة يمكن تنفيذها إما يدوياً بوساطة آلة يجرها حيوان، أو بوساطة جرّار مزود بالتجهيزات المناسبة. ويمكن إنشاؤها على نطاق واسع من المنحدرات، من 1% حتى 50%.

الشكل 5: متون الكفاف تمّ إنشاؤها على أرض مزرعة بحوث إيكاردا في تل حديا–شمال سورية.

ويكمن مفتاح نجاح هذه النظم بوضع المتون بأكثر دقة ممكنة على طول خط الكِفاف. وإلا انسابت المياه على امتداد المتن، وتجمعت عند أخفض نقطة، ثم اخترقته ودمرت كامل النظام الموجود في أسفل المنحدر. ويمكن استخدام أدوات المسح، أو معدات يدوية لتحديد الكِفاف، وتُعد متون الكِفاف إحدى أكثر التقانات أهمية في دعم تجدّد الأعلاف والأعشاب والأشجار المقاومة والمحاصيل المتحملة للجفاف، وإيجاد مزارع خاصة بها على المنحدرات البسيطة والشديدة في البادية السورية (الشكل، 6).

ويمكن إنشاء شكل خاص من متون الكِفاف لاستخدامها مع سدود (حواجز) حجرية فوق المنحدرات البسيطة. فالحواجز الحجرية هي بنى نفوذة تعمل لإبطاء حركة جريان المياه وزيادة عملية الترشيح فقط. ويمكن القيام بحفر الأرض لإضافة التراب الناتج إلى جانب الحاجز المتصل بمجرى المياه لتحويله إلى متن كِفاف كتيم للمياه. ويستخدم هذا النظام أحياناً في المناطق الاستوائية شبه القاحلة مع تقانات أخرى، من قبيل نظام زاي (Zay) أو نظام متون الكفاف مع وصلات. ولايمكن استخدام نظم الحواجز الحجرية هذه إلا إذا توافرت حجارة بأحجام كبيرة ومناسبة في المناطق المجاورة.

الشكل 6: متون الكفاف (الكنتورية) لدعم الشجيرات الفتية بكمية كافية من المياه في البيئات الجافة.

2- المتون الهلالية وشبه المنحرفة Semi-circular and Trapezoidal Bunds

هي حواجز أو متون ترابية على شكل نصف دائرة، أو هلال، أو شبه منحرف تكون مواجهة لأعلى المنحدر بشكل مباشر. ويتم إنشاؤها على مسافات تتيح لمستجمعٍ كافٍ القيام بتجهيز مياه الجريان المطلوبة، فتتجمع أمام الحاجز وهو المكان الذي تزرع فيه النباتات (الشكل، 7). وعادة ما يتم إنشاء هذه الحواجز على شكل صفوف متفاوتة.

الشكل 7: متون هلالية الشكل في صفوف متفاوتة في الحقل في البادية السورية.

ويتراوح قطر الدائرة أو المسافة ما بين نهايتي الحاجز من 1–8م، بينما يبلغ ارتفاعه ما بين 30–50سم. إن حفر التربة في الجانب العلوي لخط المتن عند إنشائه يسبب انخفاضاً ضئيلاً في مستوى التربة، حيث تتوقف المياه عن الجريان وتتجمع عند المتن وتخزن في منطقة جذور النبات. كذلك، فإن درجة الانحدار ستزداد مما يرفع من معامل الجريان السطحي؛ وبهذه الحالة يمكن استخدام هذه التقانة فوق الأرض المنبسطة، مع إمكانية استخدامها أيضاً فوق المنحدرات التي لا تزيد على 15%. وتُستخدم هذه المتون والحواجز بشكل رئيس من أجل إعادة إحياء المراعي الطبيعية أو من أجل إنتاج الأعلاف (الشكل، 8)، إلا أنه يمكن استخدامها أيضاً من أجل زراعة الأشجار، والشجيرات، وأحياناً من أجل زراعة المحاصيل الحقلية (مثل الذرة الرفيعة)، والخضروات (مثل البطيخ الأحمر).

تُعد المدرجات التي تتخذ شكل حاجب العين شكلاً من أشكال السدود نصف الدائرية المدعومة بالحجارة عند الجانب الخلفي. ويتناسب تعزيز السدود بالحجارة مع شدة ميل المنحدر. كما يتطلب تأسيس هذا النظام وصيانته الكثير من اليد العاملة.

الشكل 8: متون هلالية الشكل زرعت بالرغل، وقد جمعت كميات إضافية من المياه عقب عاصفة متوسطة الشدة في شمالي سورية.

3- الحفر الصغيرة Small pits: تُعد هذه التقانة ممتازة من أجل إعادة إحياء الأراضي الزراعية المتدهورة. ويتراوح قطر الحفرة من 0.3-2.0 م. وأشهر نظم الحفر هو نظام زاي (Zay)، وهو عبارة عن حفر بعمق يتراوح بين 5-15 سم، حيث يمزج السماد العضوي ومختلف أنواع الأعشاب مع قليل من التربة، ويوضع المزيج في حفرة Zay (الشكل، 9). أما باقي التربة فتستخدم لتشكيل حاجز ترابي هلالي صغير عند أسفل المنحدر الذي توجد فيه الحفرة، وتُستخدم الحفر مع السدود والمتون لحفظ جريان المياه، الذي تتباطأ سرعته بسبب وجود الحواجز، ويسمح هذا النظام بإعادة استخدام الأراضي الزراعية المتدهورة (الشكل، 10).

الشكل 9: نظام الـZay لتركيز كميات من مياه الجريان في الحفر التي يزرع فيها المحصول.

الشكل 10: مصاطب هلالية الشكل لدعم أشجار التين بكميات أكبر من مياه الجريان.

تستخدم نظم الحفر بشكل رئيس من أجل زراعة المحاصيل الحولية، ولاسيما المحاصيل الحبيّة كالدخن، والذرة الصفراء، والذرة الرفيعة (الشكل، 11)، ولكن إذا ما تم عمل الحفر في أرض منبسطة بدلاً من أرض منحدرة، عندها يمكن عَدّ ذلك أقرب إلى إحدى تقانات حفظ الرطوبة في التربة لا عملية لحصاد المياه. وتكون الحاجة إلى اليد العاملة لعمل حفر نظام الزاي كبيرة، وقد تشكل استثماراً لا بأس به خلال السنة الأولى أو خلال السنوات اللاحقة، ويجب إعادة ترميم الحفر عقب كل عملية حراثة. ويمكن تحوير محراث قرصي خاص من أجل عمل حفر صغيرة لإعادة إحياء المراعي الطبيعية.

الشكل 11: آلة حفر طورتها إيكاردا لاستخدامها في البيئات الجافة (يمين)، وحفر شكلتها آلة خاصة بذلك لضمان بيئة مناسبة لإعادة زراعة مناطق البادية السورية (يسار).

4- أحواض جريان سطحي صغيرة Small runoff basins: يطلق عليها أحياناً اسم نجاريم (Negarim)، وهي أحواض جريان صغيرة تتألف من بنى صغيرة تتخذ شكل المعين أو المستطيل، وتحيط بها متون ترابية قليلة الارتفاع. ويتم توجيه الأحواض بحيث يكون انحدار الأرض الأعظم موازياً للقطر الطويل للمعين؛ مما يؤدي إلى جريان المياه إلى أخفض ركن وهي المكان الذي يزرع فيه النبات (الشكل، 12). إن استخدام النجاريم ملائم فوق الأرض المنبسطة. وتتراوح الأبعاد المعتادة لهذه الأحواض من 5-10م عرضاً، ومن 10-25م طولاً. ويمكن إنشاء أحواض جريان صغيرة مهما كانت درجة الميل تقريباً، بما في ذلك السهول ذات الانحدار 1-2%؛ غير أنه قد يحدث انجراف للتربة فوق المنحدرات التي تزيد على 5%؛ الأمر الذي يتطلب زيادة ارتفاع المتن. كما تُعد هذه الأحواض الأكثر مواءمة لزراعة الأشجار المثمرة، مثل: الفستق الحلبي، والمشمش، والزيتون، واللوز، ويمكن استخدامها لمحاصيل أخرى، وعندما يتم

استخدامها من أجل الأشجار، فإنه يجب أن يكون عمق التربة كافياً لتحتفظ بكمية كافية من المياه على امتداد موسم الجفاف.

الشكل 12: نظام النجاريم لتركيز مياه الجريان عند أخفض زاوية للحوض حيث يحتاجه النبات.

وإذا ما أجريت صيانة جيدة لمستجمع المياه، عندها يمكن حصاد 30–80% من مياه الأمطار واستخدامها من قبل المحصول. ويُعد حفظ التربة من التأثيرات الجانبية الإيجابية لأحواض النجاريم (الشكل، 13). وحين يتم إنشاء نظام النجاريم، فإنه يدوم سنوات ولا يتطلب سوى قدر يسير من الصيانة، وقد تكون الحراثة لمكافحة الأعشاب داخل الأحواض غير ممكنة عملياً؛ الأمر الذي يتطلب استخدام اليد للتعشيب أو استخدام المبيدات الكيميائية للقيام بذلك، ويمكن الحصول على معامل جريان مرتفع إذا ما أنشئت أحواض النجاريم فوق تربة ثقيلة أو قشرية، ولما كان النظام يدعم محاصيل مرتفعة القيمة، فإن اتخاذ التدابير لحث جريان إضافي سيكون مجدياً على الصعيد الاقتصادي.

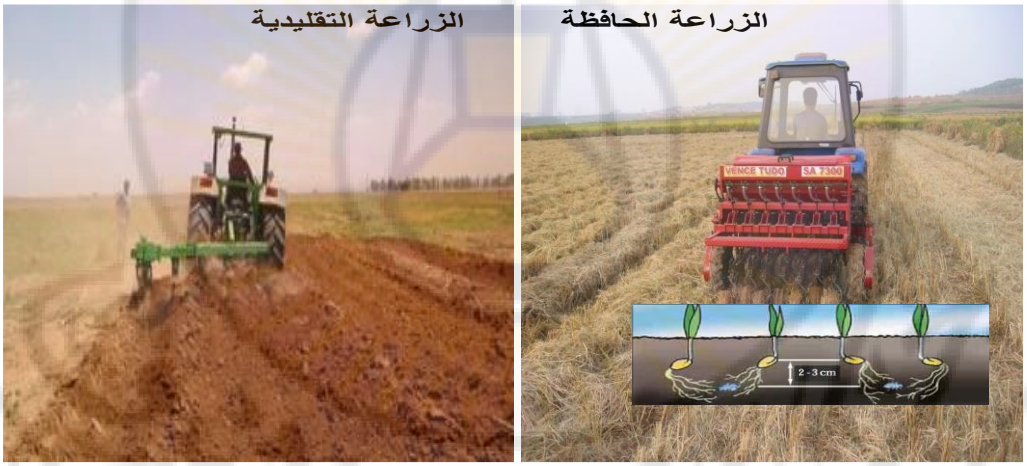
الشكل 13: نظام زراعة أشجار اللوز (أحواض الجريان السطحي الصغيرة هي المثلى لزراعة الأشجار).

الفصل العاشر

نظام الزراعة الحافظة لتحسين إنتاجية المحاصيل الحقلية

Conservation Agriculture to Improve Crop Productivity

يُقصد بالزراعة الحافظة (الزراعة بدون فلاحة) No-tillage Agriculture زراعة المحاصيل في تربةٍ غير محضرة بشكلٍ مسبق، من خلال فتح شق ضيق على شكل خندق Trench أو شريط Band بعرض وعمق كافيين فقط لوضع وتغطية البذار المزروعة والأسمدة المُضافة بشكلٍ ملائم، وهذا يعني أنَّ التربة تبقى مغطاة ببقايا المحصول السابق Crop residues سواءً من البقايا النباتية الميتة، أو محاصيل التغطية الخضراء السابقة، بحيث تُترك بقايا المحصول السابق فوق سطح التربة كما هي حتى بعد الزراعة (الشكل، 1)، وتعد عملية وقف انجراف التربة بمنزلة القوة المحركة الرئيسة لتبني تقانة البذر المباشر Direct seeding أو الزراعة من دون فلاحة؛ وتعد تقانة الزراعة الحافظة الوسيلة الأكثر فاعلية في تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي وتحسين دخل المُزارع، وتحقيق الإنتاج الزراعي المستدام.



الشكل 1: الفرق بين الزراعة الحافظة والتقليدية، والآلة المستعملة في زراعة الأرض بشكلٍ مباشر (من دون فلاحة) والتسميد بعملية زراعية واحدة.

أسس نجاح نظام الزراعة الحافظة: يعتمد نجاح نظام الزراعة الحافظة على أربع ركائز أساسية، هي:

1-عدم فلاحة التربة أو فلاحتها بالحد الأدنى (البذر المباشر): لا يتم في هذه العملية قلب التربة، وإنّما فلاحتها بشكلٍ سطحي فقط لفتح سطور الزراعة بواسطة المحاريث الحفارة. وتتم في هذه الحالة إضافة السماد وزراعة البذار بعملية زراعية واحدة، وتؤدي عملية قلب التربة Soil inversion بفلاحتها بالمحاريث القلابة إلى تعريض الكائنات الحية في التربة إلى الإشعاع الشمسي بشكلٍ مباشر، وتسريع تجفيف التربة

نتيجة فقد الماء بالتبخر المباشر؛ الأمر الذي يقضي على الكائنات الحية فيها، كما أنَّ حراثة التربة وقلبها بالمحاريث القلابة تُسرّع من تفكك المادة العضوية فيها، وتؤدي إلى انضغاطها.

2-المحافظة على تغطية التربة: يجب أنّ تبقى التربة محمية من التأثير المفرق لوقع قطرات المطر Splash effect of raindrops، وتأثير الرياح، والتسخين الزائد الناتج عن التعرض المباشر لأشعة الشمس، من خلال تغطيتها ببقايا المحصول السابق Crop residues، أو محاصيل التغطية الخضراء. ويجب ألّا تقل نسبة التغطية لسطح التربة عن 30% في المناطق الجافة وشبه الجافة، وذلك لأنّ عملية تغطية سطح التربة تحد وبشكلٍ فاعل من الانجراف الريحي والمائي. وتحول دون فقد مياه الأمطار الثمينة بواسطة الجريان السطحي للمياه Surface run-off، وتساعد في زيادة معدل رشح المياه إلى باطن التربة، وتقلل من معدل فقد المياه بالتبخر Evaporation. وتَحول التغطية المتجانسة للتربة ببقايا المحصول من دون حدوث الارتفاع الزائد في درجة حرارة سطح التربة خلال النهار، والانخفاض السريع في درجة حرارة التربة خلال الليل؛ مما يساعد في تأمين بيئة مناسبة للعديد من الكائنات الحية في التربة.

3-تطبيق الدورة الزراعية المناسبة: يُساعد تطبيق الدورة الزراعية المناسبة، وخاصةً التي تتضمن المحاصيل البقولية المثبتة للآزوت الجوي بفضل العقد البكتيرية Nodules المتشكلة على جذورها في تحسين خصوبة التربة، والقضاء على الكثير من الأمراض Diseases والآفات الزراعية Pests من خلال كسر دورة حياتها، وتثبيط نمو الأعشاب الضارة.

4-المكافحة الفاعلة للأعشاب الضّارة Weeds: خاصةً في الحقول الموبوءة بالأعشاب، وذلك باستخدام مبيدات الأعشاب Herbicides أو تطبيق توليفة من الخيارات والطرق الزراعية والفيزيائية والكيميائية والحيوية إنْ أمكن (الشكل 2).

الشكل 2: الدعائم الأساسية لتطبيق نظام الزراعة الحافظة.

المسوغ الرئيس للتوجه لنظام الزراعة الحافظة:

يُساعد تطبيق نظام الزراعة من دون فلاحة No–tillage بدلاً من نظام الفلاحات العميقة التقليدية السنوية في تقليل انجراف التربة المائي Water erosion، وتحسين نوعية التربة، واحتجاز الكربون في التربة Carbon sequestration والحد تبعاً لذلك من استفحال ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي. وتوجد إمكانية كبيرة جداً في خفض تكاليف الإنتاج من خلال تقليل تكاليف الآلات الزراعية اللازمة للفلاحة، وتكاليف صيانة الآلات، والوقود المستعمل خلال عمليات تحضير الأرض، وخاصة إذا ما استعملت هذه التقانة للمحاصيل الزراعية جميعها، ولسنوات عدة متتالية. كما يسهم تطبيق نظام الزراعة الحافظة في زيادة كفاية استعمال الموارد المائية المتاحة بكمياتٍ محدودة، وخاصةً في المناطق الجافة وشبه الجافة، ووقف عملية تدهور الأراضي الزراعية، ويتوقع أن يساعد هذا النظام على المدى البعيد في زيادة الإنتاج الزراعي؛ الأمر الذي سيسهم في تأمين المتطلبات الغذائية المتزايدة للسكان.

تُعدُّ عملية وقف انجراف التربة Soil erosion control بمنزلة القوة المحركة الرئيسة لتبني نظام الزراعة الحافظة (تقانة البذر المباشر Direct seeding). وفي البلدان العربية، فإنّ الدافع الرئيس لتبني نظام الزراعة الحافظة هو العامل الاقتصادي Economic pressure، نتيجة ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي (الأسمدة، والبذار، والمبيدات)، فضلاً عن ارتفاع أسعار الوقود (المازوت) بشكلٍ مريع؛ الأمر الذي أدى إلى ارتفاع تكاليف الإنتاج الزراعي Production costs؛ مما أثّر سلباً في العائد الاقتصادي للمزارع، ومن ثمّ مستوى معيشته.

أشارت العديد من الدراسات العالمية والعربية بشكلٍ عام 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 External inputs، وتحسين إنتاجية المياه ونوعيتها، والمحافظة على البيئة من خلال تقليل معدل انبعاث غازات الصوب الزجاجية، وزيادة كفاية 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؛ فضلاً عن تحسين العوامل البيئية.

تطور نظام الزراعة الحافظة والمساحات المزروعة في العالم والوطن العربي:

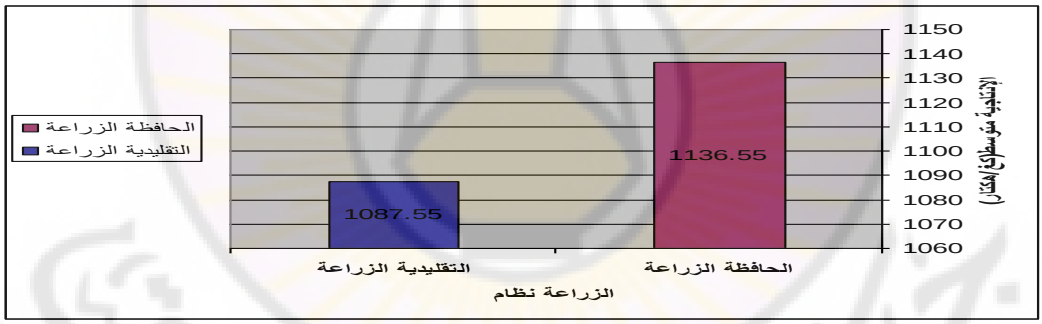
تزداد مساحة الأراضي الزراعية التي يُطبق فيها نظام الزراعة الحافظة سنةً بعد أخرى، ويُلاحظ الانتشار الأوسع لهذا النظام في أمريكا اللاتينية، ولاسيما في الأرجنتين، والبرازيل، والباراغواي، حيث تُقدّر نسبة مساحة الأراضي المزروعة بهذا النظام بأكثر من 60%، وتوجد أيضاً مساحات شاسعة مزروعة بنظام الزراعة الحافظة في الولايات المتحدة الأمريكية، وكندا، وأستراليا، ويكتسب هذا النظام أهمية متزايدة في نظام زراعة الرز والقمح في جنوب شرق آسيا وآسيا الوسطى، وقد ازداد معدل تبني هذا النظام في إفريقيه عند كبار المزارعين، في حين لا تزال نسبة التبني متدنية لدى صغار المزارعين في المزارع الصغيرة.

تُقدَّر مساحة الأراضي التي طبقت تقانة الزراعة الحافظة بنحو 126 مليون هكتار في العالم (FAO ، 2016). وتأتي الولايات المتحدة الأمريكية في مقدمة الدول المطبقة لنظام الزراعة الحافظة من حيث التبني للفكرة، والمساحة المزروعة، حيث تقدر مساحة الأرض المزروعة بنظام الزراعة الحافظة بنحو 26.5 مليون هكتار، تليها الأرجنتين بنحو 25.8 مليون هكتار، ثمّ البرازيل بنحو 25.5 مليون هكتار. أمّا في الدول العربية، لا تزال هذه المساحات محدودة جداً، ولا تتجاوز 40 ألف هكتار؛ بسبب وجود العديد من المعوقات التي تحول دون تسريع وتيرة تبني هذا النظام الزراع وانتشاره، أهمها: عدم توافر الآلات الزراعية المناسبة، وسيادة العقلية التقليدية في الإنتاج الزراعي، وعدم توافر المعرفة والخبرة في مجال تطويع نظام الزراعة الحافظة بما يتناسب مع ظروف الزراعة المحلية واحتياجات المزارعين، وعدم تهيؤ السياسات الحكومية والإرشاد الزراعي لاحتضان نظام الزراعة الحافظة ودعمه.

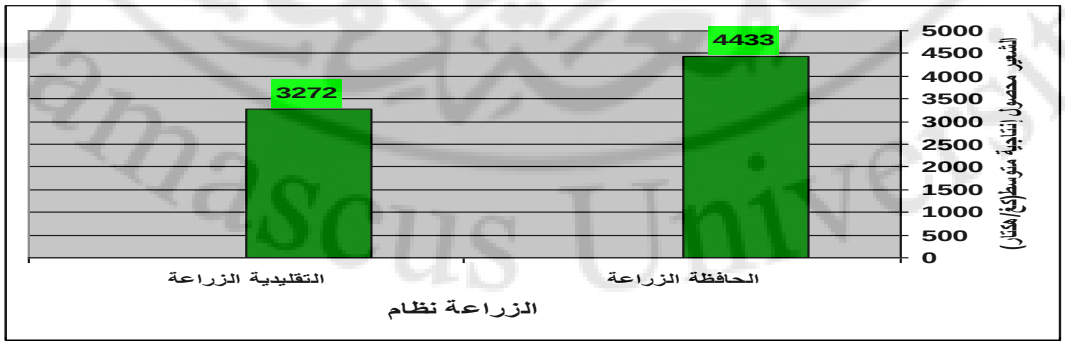
عموماً على مستوى الوطن العربي بدأ السودان عام 2000 بتطبيق نظام الزراعة الحافظة على مساحة 67.2 هكتاراً ووصلت المساحة خلال عام 2006 إلى 10.000 هكتار. وبدأ تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تونس عام 1999 على مساحة 27 هكتار، لتصل المساحة خلال عام 2008 حوالي 8000 هكتار، ووصلت المساحة المزروعة بهذا النظام في المغرب إلى 4000 هكتار (FAO ، 2016). أما في سورية، فقد كانت البداية على مستوى المحطات البحثية، وبلغت المساحة المزروعة بطريقة الزراعة الحافظة خلال الموسم الزراعي2007 – 2008 قرابة 30 هكتار في حقول المزارعين (25 مزارعاً). وازدادت المساحة المزروعة إلى151 هكتار لدى 60 مزارعاً خلال الموسم الزراعي 2008– 2009، وازدادت المساحة المزروعة إلى 694 هكتار لدى 131 مزارعاً خلال الموسم الزراعي2009–2010؛ أي بزيادة مقدارها تقريباً أربعة أضعاف في المساحة المزروعة، وضعفان في عدد المزارعين بالمقارنة مع الموسم السابق، ووصلت المساحة المزروعة وفق نظام الزراعة الحافظة خلال الموسم الزراعي 2010–2011 قرابة 18000 هكتار.

أولاً–دور الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية المحاصيل الحقلية:

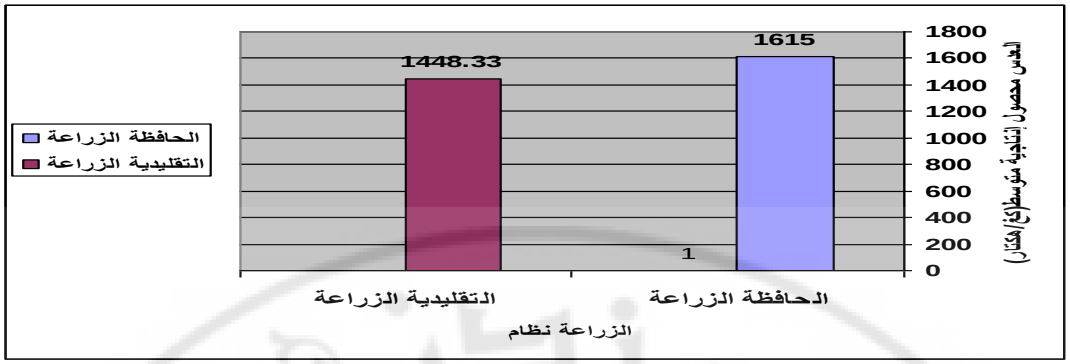
يُعدُّ نظام الزراعة الحافظة من النظم الزراعية ذات المقدرة التكيفية العالية Adaptability مع التبدلات المناخية، حيث يساعد في تحسين كفاية استعمال مياه الأمطار Rainwater productivity؛ نتيجة زيادة معدل رشح المياه، وتقليل معدل فقد المياه بالجريان السطحي، وتزيد من مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء Soil water holding capacity؛ الأمر الذي يساعد في زيادة كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور خلال مختلف مراحل النمو بالمقارنة مع نظام الزراعة التقليدية؛ مما يضمن وصول نباتات المحصول إلى مرحلة النضج التام، ويقلل من فرص فشل المحصول Crop failure؛ الأمر الذي يسهم في زيادة غلة الأنواع المحصولية المزروعة، وثبات الإنتاجية؛ مما يسهم في تقليل الفجوة الإنتاجية والغذائية، وتحقيق الأمن الغذائي Food security. وقد بيّنت النتائج المنفذة في القطر العربي السوري أنّ تطبيق نظام الزراعة الحافظة في حقول المزارعين قد أدّى إلى تحسين إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة جميعها، وتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي بالمقارنة مع الزراعة التقليدية (الأشكال 3، 4، 5، 6).



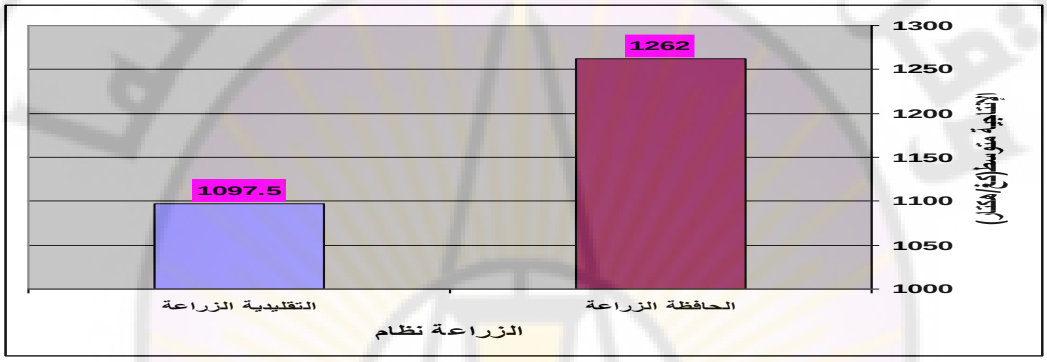
الشكل 3: متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظة الحسكة (سورية) تحت نظامي الزراعة الحافظة والتقليدية في ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي 2008 - 2009.



الشكل 4: متوسط إنتاجية محصول الشعير في حقول المزارعين بمحافظة حلب (سورية) في ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية خلال الموسم الزراعي 2008 - 2009.



الشكل 5: متوسط إنتاجية محصول العدس في حقول المزارعين في محافظة حلب (سورية) في ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية خلال الموسم الزراعي 2008 - 2009.



الشكل 6: متوسط إنتاجية محصول الحمُّص في حقول المزارعين بمحافظة درعا في ظروف الزراعتين الحافظة والتقليدية خلال الموسم الزراعي 2008 - 2009.

ثانياً- دور الزراعة الحافظة في ضبط انجراف التربة:

بيّنت العديد من الدراسات أنّ انجراف التربة Soil erosion قد انخفض تحت نظام الزراعة الحافظة بنحو 10 – 15 مرة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، ويتمثل دور الزراعة الحافظة في تقليل حساسية التربة للانجراف في زيادة تماسك التربة وتشكيل كتل ترابية أكبر Larger aggregates. وتعزى الزيادة في حجم الكتل الترابية Aggregate size، وثباتيتها إلى ازدياد محتوى التربة من المادة العضوية، التي تؤدي دور الملاط الذي يربط جزيئات التربة بعضها ببعض، فيصعب تحريكها من قبل الرياح والمياه، وتقليل فقد المياه بالجريان السطحي، حيث يؤدي عادةً ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة إلى تخفيف التأثير المفرق لقطرات المطر Raindrops impact؛ الأمر الذي يحول دون تحطم الكتل الترابية، وتشكل بالمقابل البقايا النباتية حواجز صغيرة Tiny dams تقلل من سرعة الجريان السطحي للمياه؛ الأمر الذي يساعد في المحافظة على تماسك الكتل الترابية، ومن ثمّ تقليل الانجراف المائي، وزيادة معدل رشح المياه إلى باطن التربة Water infiltration rate.

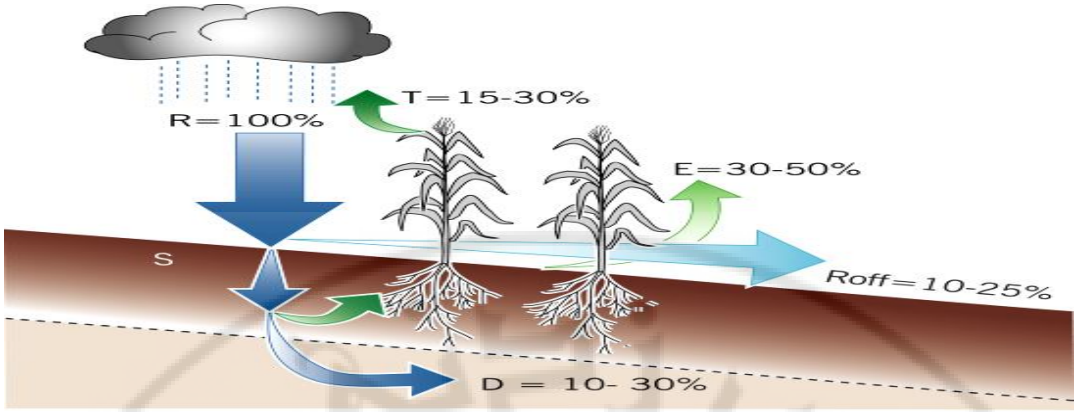
ثالثاً– دور الزراعة الحافظة في تحسين محتوى التربة من المادة العضوية:

يزيد تطبيق نظام الزراعة الحافظة من محتوى التربة من المادة العضوية من خلال ترك بقايا المحصول فوق سطح التربة، وجذور النباتات المتحللة، وحماية الدبال من أشعة الشمس، أو العوامل الخارجية، وتقليل معدل تحلل المادة العضوية نتيجة خفض درجة حرارة التربة.

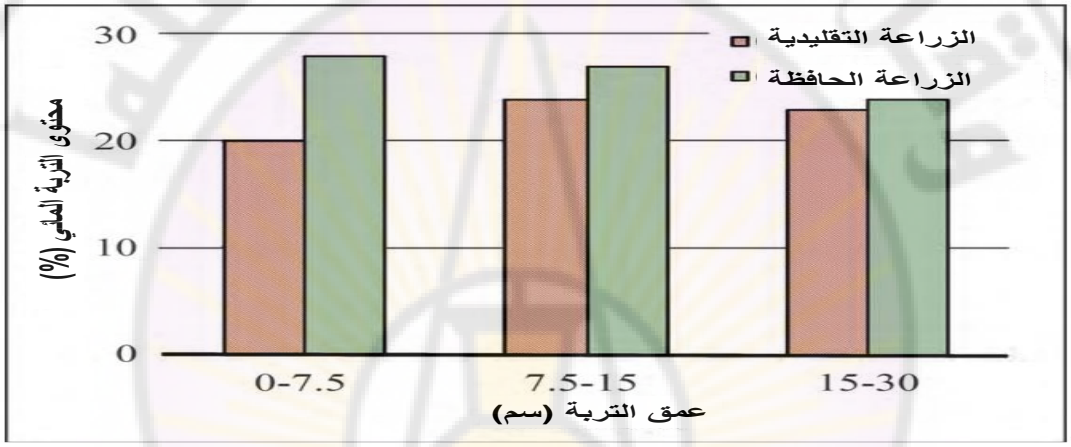
ويؤدي تحسين محتوى التربة من المادة العضوية إلى تحسين قوام التربة Improvement of soil structure، تحسين كفاية التربة في الاحتفاظ بالماء، التحرير البطيء للعناصر المعدنية المغذية؛ مما يضمن إتاحتها بكمياتٍ كافية خلال مختلف مراحل النمو، وزيادة حجم الكتل الترابية وثباتيتها، وزيادة عمق قطاع التربة الفاعل Soil tilth، وزيادة أعداد الكائنات الحية في التربة Biota، ومن ثمّ النشاط الحيوي؛ لأنّها تشكل الغذاء لتلك الكائنات، وتحسين خصوبة التربة Soil fertility، ومن ثمّ كفايتها الإنتاجية.

رابعاً– دور الزراعة الحافظة في تحسين رطوبة التربة وإنتاجية المياه:

يُساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة في تحسين علاقات التربة المائية من خلال تقليل معدل فقد الماء بالتبخر Evaporation بشكلٍ مباشر من سطح التربة، وتحسين إنتاجية المياه Water productivity، من خلال تقليل معدل فقد المياه بالتبخر، والجريان السطحي، والصرف العميق (الشكل، 7) ومن ثمّ زيادة كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور، والمفقودة عن طريق مسامات الأوراق في أثناء عملية التبادل الغازي؛ مما يزيد من معدل انتشار الكربون عبر المسامات وكفاية النباتات التمثيلية، وزيادة معدل رشح المياه إلى باطن التربة، وزيادة مسامية التربة Soil porosity، ويتوقف تحقيق مثل هذه المكاسب –خاصةً تحت ظروف الزراعة المطرية– على المكافحة الفاعلة لنباتات الأعشاب الضارة التي يمكن أن تنافس نباتات المحصول الرئيس على المياه المتاحة بكمياتٍ محدودة في التربة. تزداد إنتاجية المياه Water productivity من خلال زيادة إتاحة الماء للمحصول المزروع عن طريق تحسين رشح الماء وقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وتقليل التبخر من التربة من خلال عدم الفلاحة وتغطية التربة بالبقايا النباتية (الشكل 8)، ويزداد امتصاص المحصول للماء من خلال تحسين عمق الجذور وتطور الغطاء النباتي؛ مما يؤدي إلى المحافظة على ضغط الامتلاء داخل خلايا النبات واستمرار انفتاح المسامات؛ وبالتالي خروج الماء بعملية النتح ودخول غاز CO_2؛ مما يضمن استمرار عملية التمثيل الضوئي، وتراكم المادة الجافة في النبات؛ وبالتالي زيادة إنتاجية المياه (More crop per drop).



الشكل 7: أشكال الماء المفقود من النبات والتربة.



الشكل 8: كمية الماء المخزنة في التربة تحت ظروف الزراعة الحافظة والتقليدية.

مبادئ زيادة إنتاجية المياه: Approaches towards increased water productivity

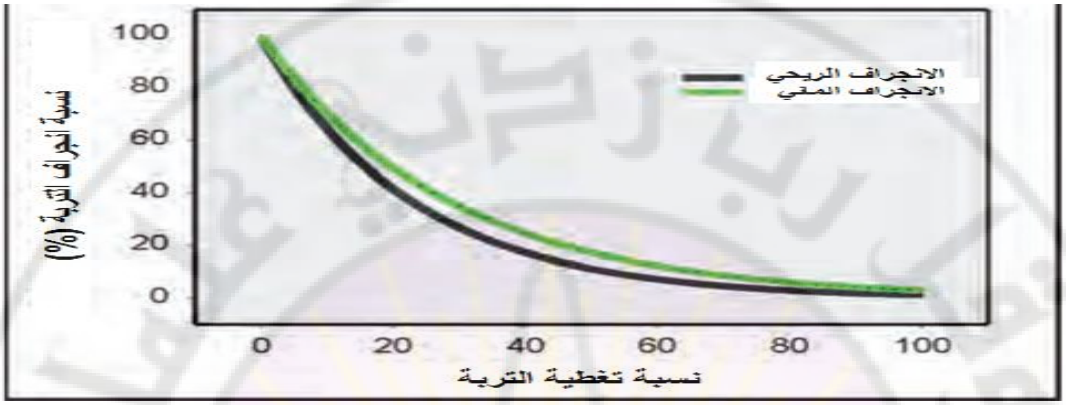
1-إزالة الطبقة الصماء في التربة: تنتج الطبقة الصماء Hard pans أو الطبقة المنضغطة بسبب الحراثة باستخدام المحراث المطرحي أو القرصي بشكل مستمر وعلى العمق نفسه، وبسبب ودخول الآلات الزراعية إلى الحقل مرات عدة خاصةً عندما تكون التربة رطبة حيث تكون أكثر حساسية لانضغاط التربة، هذه المشكلة يمكن التخفيف منها بتجنب فلاحة الحقل عندما تكون التربة رطبة. هذه الطبقة الصماء المتشكلة تعيق رشح المياه والتهوية واختراق الجذور؛ مما يؤدي إلى تعرض المحصول المزروع للجفاف خاصةً في ظروف الهطولات المطرية القليلة. لذلك يجب إزالة هذه الطبقة الصماء قبل الانتقال لنظام الزراعة الحافظة بحراثة تحت سطح التربة Subsoiling ، مع أخذ الحيطة بمنع حدوث انضغاط للتربة مرة أخرى، ويمكن اعتماد الدورة الزراعية التي تشمل محاصيل ذات جذور عميقة، والترب المثالية لإنتاج المحاصيل يجب أن تحوي 50% فراغات بينية يتوزع فيها الهواء والماء بالتساوي.

2-زيادة رشح المياه من خلال الزراعة الحافظة: وجد معظم المزارعين والباحثين فوائد أكثر ومشاكل إدارة قليلة مع تطبيق عدم الفلاحة No-tillage لسنوات عدة، لكن مشكلة تغدق سطح التربة عند الزراعة هي غالباً أحد المشاكل في نظام عدم الفلاحة، وهذا يحدث فقط حتى تتحسن ظروف التربة للسماح للماء الزائد بالرشح إلى أعماق التربة، وبما أنّ النظام الجذري لن يتضرر بسبب عدم الفلاحة فإن قنوات الجذور ستسمح بتحرك أكبر للماء إلى أعماق التربة، يزداد عدد ديدان الأرض بشكل ملحوظ تحت ظروف الزراعة الحافظة، وإنّ التأثير الإيجابي لديدان الأرض هو عامل مهم لنجاح نظام الزراعة الحافظة؛ فضلاً عن دور القنوات التي تصنعها ديدان الأرض في زيادة رشح المياه Water infiltration، كما أنّ لديدان الأرض دوراً مهماً في دفن البقايا النباتية وتحللها، وتحسين تهوية التربة (الشكل 9).

الشكل 9: القنوات التي تصنعها ديدان الأرض تحت ظروف الزراعة الحافظة.

3-غطاء التربة لتحسين رشح المياه وتقليل الفقد بالتبخر: نتيجة لتشكل القشرة السطحية فإن جزءاً صغيراً فقط من مياه الأمطار ترشح إلى باطن التربة والجزء الأعظم يجري على سطح التربة، مما يؤدي إلى ضياعه، ويتسبب في انجراف التربة خاصة عندما تكون الأرض منحدرة، ومن ناحية أخرى عند تغطية التربة بالبقايا النباتية أو محصول التغطية، فإن الكتلة الحية للنباتات تمتص طاقة سقوط قطرات ماء المطر، لذلك يجري ماء المطر بشكل لطيف إلى سطح التربة حيث يرشح إلى داخل التربة، وبهذه الطريقة يمنع غطاء التربة تشكل القشرة السطحية الكتيمة للتربة Soil surface sealing ، لذلك من المهم تأمين تغطية التربة بالبقايا النباتية أو بمحصول التغطية على مدار العام؛ لتجنب تعرض التربة إلى العوامل المناخية القاسية كالحرارة المرتفعة.الخ. لذلك فإن أي محاولة للسيطرة على الجريان السطحي للمياه وانجراف التربة بإبقاء التربة جرداء أو دفن البقايا النباتية بمعدات الحراثة أو عدم تغطية سطح التربة ستؤدي إلى فشل المحصول عاجلاً أو آجلاً (الشكل، 10). بيّنت دراسة أنّ وجود الغطاء النباتي وعدم فلاحة التربة يقلل من معدل فقد الماء بالتبخر وتزداد كفاية استعمال الماء من قبل المحصول، ويزداد محتوى التربة المائي بنسبة

30–50% سواء أكانت ظروف الزراعة مروية أو مطرية، وهذا ما تمَّ إثباته من خلال تجربة حقلية في تونس على القمح، حيث نضج القمح تحت نظام الزراعة التقليدية بشكل مبكر، بينما في القطعة المطبق عليها نظام الزراعة الحافظة كان ما يزال القمح في مرحلة الطور العجيني.



الشكل 10: تأثير غطاء التربة في التقليل من أخطار تعرية التربة بالرياح والمياه.

4– تحسين كفاية استعمال مياه الأمطار: تُمكّن الزراعة الحافظة من استعمال مياه الأمطار بشكلٍ فاعل (تحسين إنتاجية المياه)؛ مما يُقلّل بشكلٍ كبير من مخاطر فقد المحصول نتيجة الجفاف، لذلك يُسهم نظام الزراعة الحافظة في تحقيق الأمن الغذائي، وخاصةً في المناطق الجافة وشبه الجافة. يمكن زيادة إنتاجية المياه من خلال تحسين عوامل إدارة المياه، وذلك من خلال تحسين عاملين مهمين:

1– زيادة كمية المياه المتاحة لنباتات المحصول، من خلال زيادة معدل رشح المياه إلى باطن التربة Water infiltration، وزيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وتقليل كمية المياه المفقودة بالتبخر المباشر من خلال عدم الفلاحة وتغطية سطح التربة.

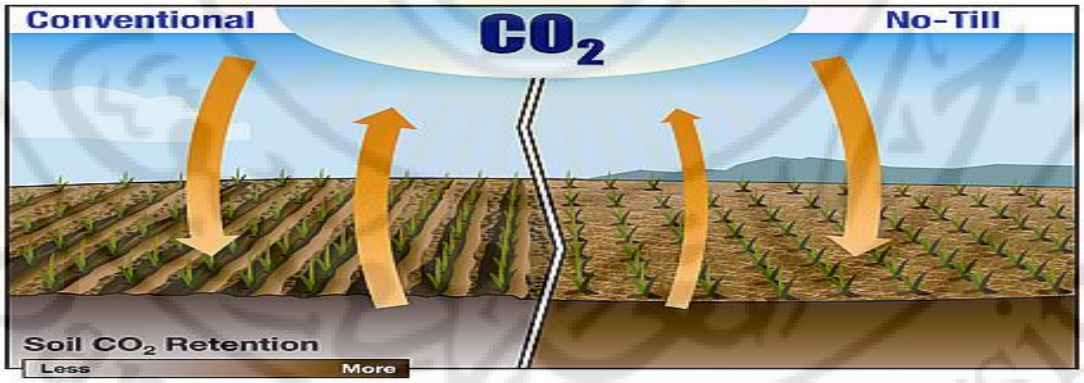
2– زيادة كفاية نباتات المحصول على امتصاص الماء، من خلال زيادة تعمق الجذور وتشعبها، والنمو السريع المبكر للغطاء النباتي.

بيّنت نتائج تطبيق الزراعة الحافظة في حقول المزارعين في القطر العربي السوري، أنّ كفاية 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$^{-1}$)، وفي حقول المزارعين المزروعة بمحصول القمح في حلب كانت قيمة كفاية استعمال مياه الأمطار أعلى تحت ظروف الزراعة الحافظة (8.01 كغ. مم$^{-1}$) بالمقارنة مع ظروف الزراعة التقليدية (6.88 كغ. مم$^{-1}$)، وكانت قيمة كفاية استعمال مياه الأمطار أعلى في حقول الزراعة الحافظة المزروعة بمحصول القمح (9.26 كغ. مم$^{-1}$) مقارنةً مع حقول الزراعة التقليدية

(8.11 كغ.مم$^{-1}$) وذلك في محافظة درعا، ويُعزى ذلك إلى دور الزراعة الحافظة في تقليل معدل فقد المياه بالتبخر المباشر نتيجة عدم قلب التربة؛ فضلاً عن دور بقايا المحصول المتروكة فوق سطح التربة في تقليل معدل فقد المياه بالجريان السطحي، وزيادة معدل رشح المياه إلى باطن التربة؛ مما يزيد من كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور.

خامساً– الزراعة الحافظة كأداة للتخفيف من التغيرات المناخية:

تُسرّع عمليات تحضير التربة المكثفة من معدنة المادة العضوية Organic matter mineralization، وتُحوّل البقايا النباتية إلى غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، الذي ينطلق إلى الغلاف الجوي ليسهم في ازدياد تركيز الملوثات الجوية، واستفحال تأثير غازات البيوت الزجاجية Greenhouse gases effect ومن ثمّ ظاهرة الاحتباس الحراري. ويؤدي بالمقابل تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى احتجاز كمياتٍ كبيرة من الكربون في التربة. وتعادل الكمية من الكربون المخزونة في الترب المنتجة في المناطق المدارية تلك الكمية التي تتراكم في الغابات (6– 13 كغ كربون/م^3) عند عمق 0 – 20 سم. ويمكن لنظام الزراعة الحافظة أن يحوّل التربة من مصدرٍ للكربون إلى مصبّ له، وقد بيّنت العديد من التجارب أنّ تطبيق الزراعة الحافظة على مدار 8 سنوات قد أدى إلى زيادة مستوى الكربون في التربة بنحو 2.8 أطنان بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، ويعد هذا الفرق مهماً جداً إذا علمنا أنّ كل 1 طن من الكربون المضاف إلى التربة يحتاج قرابة 3.5 أطنان من غاز الفحم الذي تتم إزالته من الغلاف الجوي (الشكل،11).



الشكل 11: عملية تثبيت الكربون في الزراعة الحافظة (يمين) بالمقارنة مع عملية تحرير الكربون في الزراعة التقليدية (يسار).

تؤدي الزراعة الحافظة دوراً مهماً في التخفيف Mitigation من تأثير التبدلات المناخية الناجمة عن زيادة انبعاث غازات الصوب الزجاجية نتيجة انحسار الغطاء النباتي الذي يقوم بامتصاص غاز ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) في أثناء عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis، وزيادة استهلاك مصادر الوقود (الغازولين، والمازوت، والفحم الحجري)، وبيّن تقرير FAO حول التخفيف من التبدلات المناخية

أنّ ثلث كمية الغاز المنبعثة من احتراق البترول والفحم الحجري والغاز يمكن أن تُثبّت عن طريق تطبيق نظام الزراعة الحافظة، وذلك بتقليص استعمال الجرارات في فلاحة التربة، وآلات نثر السماد، فضلاً عن دور الزراعة الحافظة في زيادة كربون التربة العضوي التي تعد بمنزلة المستودع الطبيعي لغاز الفحم، من خلال زيادة معدل احتجاز الكربون في التربة CO_2-sequestration، وتساعد عملية الزراعة المستمرة للتربة بنباتات الأنواع المحصولية من دون اللجوء إلى الفلاحة في الحد من ارتفاع تركيز غاز الفحم في الوسط المحيط، نتيجة استهلاك غاز الفحم (CO_2) في عملية التمثيل الضوئي، حيث تعد النباتات الخضراء مصباً طبيعياً لغاز الفحم. عموماً تُعدُّ الزراعة الحافظة من النظم البيئية الزراعية الصديقة للبيئة.

الزراعة الحافظة واستعمال مصادر الطاقة: تستهلك الزراعة التقليدية كمياتٍ كبيرة من مصادر الطاقة من خلال صناعة الآلات الزراعية، واستعمال الوقود عند تحضير الأرض للزراعة، والطاقة المستعملة لتصنيع المبيدات الكيميائية، والطاقة المستهلكة لرش هذه المبيدات، والطاقة المستعملة في صناعة الأسمدة الكيميائية ونثرها، وبما أنّ نظام الزراعة الحافظة يستغني تماماً عن الفلاحة، ويؤدي مع الزمن إلى تقليل كثافة الأعشاب الضارة، وتثبيط تطور المسببات المرضية، وتحسين خصوبة التربة ومحتواها المائي، يمكن أن يؤدي ذلك كلّه إلى تقليل معدل استهلاك الوقود، ومن ثمّ الحد من انبعاث غازات البيوت الزجاجية، وتخفيف وطأة التبدلات المناخية. وتُسهم الزراعة الحافظة في تعزيز العمليات البيولوجية الطبيعية فوق سطح التربة وتحتها، وتخفيض معدلات استعمال مدخلات الإنتاج الزراعي الخارجية External inputs (الأسمدة المعدنية، والمبيدات) إلى الحد الأدنى، بما يضمن المحافظة على إنتاجية الأرض والمحصول، والحد من تلوث التربة، والمياه السطحية والجوفية.

دور الزراعة الحافظة في وقف تلوث مياه الأنهار وتحسين نوعية المياه:

تكون مياه الصرف في مناطق الزراعة التقليدية ذات لون بني، وشديدة العكارة، وتحمل الكثير من الرواسب، حيث يكون معدل فقد المياه بالجريان السطحي تحت ظروف الزراعة التقليدية أكبر بالمقارنة مع الزراعة الحافظة التي تقلل من سرعة الجريان السطحي للمياه؛ نتيجة زيادة معدل رشح المياه إلى باطن التربة، ودور بقايا المحصول في إعاقة حركة المياه؛ مما يزيد من طول فترة مكوث الماء فوق سطح التربة، في حين تكون المياه الناتجة عن الجريان السطحي من مناطق الزراعة الحافظة نقية، وذات نوعية جيدة؛ الأمر الذي يخفض من تكاليف معالجة مياه الشرب، ويؤثر ارتفاع كمية الرواسب الطميّة سلباً في كفاية السدود التخزينية، وقد تسبب مشاكل تعيق حركة السير في الطرقات (الشكل، 12).

الشكل 12: دور الزراعة التقليدية في زيادة حساسية التربة للانجراف المائي، وتلويث المياه السطحية، وتقليل سعة السدود التخزينية نتيجة ترسب الطمي (يمين) مقارنةً مع الزراعة الحافظة (يسار).

عموماً، تتمثل المنافع البيئية لتطبيق نظام الزراعة الحافظة بالنقاط الآتية:

1. تقليل انبعاث غازات الصوب الزجاجية، والحدّ من ارتفاع متوسط درجة حرارة الوسط المحيط.
2. تقليل انجراف التربة بواسطة المياه والرياح.
3. تحسين محتوى التربة من المادة العضوية.
4. تحسين علاقات التربة المائية Soil water relations.
5. الحد من تملح التربة Soil Salinization.
6. تقليل معدل فقد الأسمدة بسبب الرشح العميق Deep leaching.
7. زيادة معدل تحول الأسمدة إلى عناصر معدنية مغذية مفيدة للنبات.
8. تقليل متطلبات الطاقة Energy requirements.
9. الحد من تلوث التربة والمياه بالمواد الكيميائية الزراعية.
10. تقليل معدل الجريان السطحي لمياه الأمطار، وزيادة معدل رشح المياه إلى جوف التربة؛ مما يقلّل من حساسية التربة للانجراف المائي، وفيضان الأنهار.
11. الحدّ من تشكل الإطماء Siltation، الذي يؤثر سلباً في نقاوة المياه السطحية، ويقلل من السعة التخزينية للسدود والبحيرات.
12. الحدّ من انضغاط التربة Soil compaction؛ نتيجة تقليل دخول الآلات الزراعية الثقيلة إلى الحقل، وتقليل عدد العمليات الزراعية، إلى عملية واحدة فقط.

الفصل الحادي عشر

نظام الزراعة العضوية لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة

Organic farming for achieving sustainable agriculture development

تُعرف الزراعة العضوية بأنها نظام زراعي يعتمد على استخدام المواد الطبيعية البيولوجية في الزراعة بدلاً من الأسمدة الكيماوية والمبيدات ومواد المكافحة الضارة بالصحة العامة، كما لا يسمح فيه باستخدام السلالات والكائنات المحورة وراثياً، وكذلك الإشعاع المؤين والمواد الحافظة في عمليات التصنيع والإعداد أو التعليب، وبالتالي تصل المواد الغذائية إلى المستهلك بحالتها الطبيعية. ويعتمد أسلوب الإنتاج الزراعي العضوي على إنتاج مواد غذائية وسلع ذات نوعية جيدة مع المحافظة على الموارد الطبيعية والبيئية واحترام النظام البيئي وصحة الإنسان والحيوان والنبات.

وتتميز المواد الغذائية الناتجة عن الإنتاج العضوي بانها أطيب في الطعم، عناصرها الغذائية متزنة وأقرب إلى الطبيعة، خالية من المواد السامة والضارة والناجمة عن تراكم المبيدات والأيونات الحرة، وعمليات إنتاجها وتصنيعها تتم بطرق لا تضر بالبيئة.

أسس الزراعة العضوية ومبادئها: تستند الزراعة العضوية إلى الممارسات الآتية:

1. استخدام مصادر طبيعية كالأسمدة العضوية في تغذية نباتات المحاصيل.
2. إدامة خصوبة التربة بإضافة الأسمدة العضوية والمحافظة على الدورات الطبيعية للعناصر المغذية.
3. حماية المحاصيل الزراعية من الحشرات والأمراض باتباع إدارة زراعية متكاملة وصيانة النظام البيئي من دون الحاجة لاستخدام مواد كيميائية ضارة.
4. حماية الأعداء الطبيعية للآفات واستخدام مواد طبيعية في عمليات المكافحة.
5. الإدارة المعتمدة على استغلال المخلفات النباتية والحيوانية.
6. إدامة الصحة الحيوانية باعتماد الصحة الوقائية بدلاً من الأدوية والمضادات.
7. الحدُّ من استخدام المصادر غير المتجددة والمحافظة على البيئة والمجتمع وإقامة نظام زراعي مستدام.

فوائد الزراعة العضوية: يحقق نظام الزراعة العضوية الفوائد الآتية:

1. تحافظ الزراعة العضوية على البيئة فهي تقلل من تلوث المياه والتربة بالمواد الكيميائية والمبيدات.

2. تحد من استخدام مصادر الطاقة غير المتجددة والمواد المصنعة؛ وبالتالي تقلل من ظاهرة الاحتباس الحراري واستيعاب أفضل لكربون التربة.
3. تجعل من التربة وسطاً حياً تنمو فيه الحيوانات والكائنات المفيدة.
4. تُسهم في إغناء الحياة الفطرية، وزيادة أعداد الأعداء الطبيعية والمفترسات المفيدة.
5. تعزيز قوام التربة وبنائها، وذلك من خلال اتباع دورات محصولية، وزيادة المواد العضوية وتحفيز تكاثر الكائنات الحية في التربة.
6. توفير غذاء صحي خال من المضادات الحيوية والمواد الكيميائية والمبيدات.
7. تقليل المخاطر التي يتعرض لها المزارعين الناجم عن استخدام المواد الكيميائية السامة.
8. تنمية الريف وجعله متناغماً مع الطبيعة واستيعاب أفضل للأيدي العاملة.

مواصفات الزراعة العضوية النظيفة، نوعية محاصيل جيدة، محافظة على التربة والبيئة، استدامة النظم البيئية الزراعية.

مبادئ التحول إلى الزراعة العضوية وأساسياته:

لكي يعمل نظام بيئي زراعي مستدام على الوجه الأمثل، يجب تنظيم التنوع في إنتاج المحاصيل وتربية الحيوانات بطريقة تؤدي إلى تحقيق التفاعل بين عناصر إدارة المزرعة جميعها، ويمكن تحقيق التحول خلال فترة زمنية محددة، أو التحول للزراعة العضوية على مراحل. يجب تحويل مجمل إنتاج المحاصيل وتربية حيوانات المزرعة إلى إدارة عضوية ضمن خطة واضحة مع تحديث هذه الخطة عند اللزوم، كما يجب تطبيق جوانب التحول للزراعة العضوية جميعها، وهي:

1-الإنتاج المتوازي: يجب وضع خطة لتحويل المزرعة برمتها بما في ذلك الحيوانات؛ وفقاً لمبادئ الزراعة العضوية ومقاييسها وخلال فترة من الزمن.

2-صيانة الإدارة العضوية وديمومتها: الأرض والحيوانات ضمن المزرعة العضوية يجب ألا تكون عرضة للتبديل بين الإدارة العضوية حيناً والإدارة التقليدية (الكيميائية) حيناً آخر.

3-إنتاج المحاصيل: يجب أن تكون البذور والنباتات جميعها المستخدمة في الإنتاج العضوي ذات منشأ عضوي، لا مكان نهائياً في الزراعة العضوية للبذور والنباتات المعدلة وراثياً، إذا لم تتوافر بذور ومواد نباتية تحمل شهادات تفيد بأنها عضوية، يجب استعمال بذور ونباتات تقليدية غير معالجة كيميائياً.

4-طول فترة التحول: إن إقامة نظام زراعة عضوية وتعزيز خصوبة التربة يتطلبان فترة مؤقتة هي فترة التحول، وهذه الفترة قد لا تكون دائماً ذات امتداد كاف لتحسين خصوبة التربة، وتحقيق توازن النظام البيئي، لكنها الفترة التي تبدأ فيها الإجراءات اللازمة جميعها لبلوغ هذه الأهداف، ويجب أن تكون فترة التحول متكيفة مع الاستعمال السابق للأرض والوضع البيئي.

5-التنوع في إنتاج المحاصيل: إن الأساس في الإنتاج العضوي للمحاصيل هو مراعاة تركيب التربة وخصوبتها والنظام البيئي المحيط، وتوفير تنوع في الأصناف مع التقليل من فقد المغذيات إلى الحد الأدنى، ويمكن أن يتحقق التنوع في إنتاج المحاصيل عن طريق تعاقب زراعة المحاصيل بمختلف أنواعها بما في ذلك البقوليات وتغطية ملائمة للتربة على مدار العام بأنواع نباتية مختلفة.

6-خطة التسميد: يجب إعادة كميات كافية من المواد التي تتحلل بيولوجياً والتي من أصل نباتي أو حيواني إلى التربة للمحافظة على خصوبتها وعلى نشاط الكائنات الحية وأعدادها فيها.

7-إدارة الآفات والأمراض والأعشاب: يجب تطبيق الزراعة العضوية بطريقة تضمن أقل نسبة من الخسائر الناتجة عن الآفات والأمراض والأعشاب الضارة، ويتم التركيز على استعمال محاصيل وأصناف متأقلمة مع الظروف البيئية، وبرنامج تسميد متوازن واستخدام الأسمدة الخضراء، واتباع دورات زراعية مناسبة، وزراعة النباتات المرافقة مع استعمال وسائل العزل المختلفة.

دور الأسمدة العضوية في المحافظة على التربة:

1-تؤلف مخزناً مهماً للعناصر الغذائية الرئيسة من آزوت وفوسفور وبورون وعناصر صغرى عديدة.

2-تؤمن مصدر الطاقة اللازم للنشاط الحيوي في التربة بتحرير مركبات، مثل: السكريات واللجنين والأحماض الأمينية والدهون وغيرها.

3–تُحرَّر في أثناء تحللها غاز (CO_2) داخل التربة الذي ينحل بالماء مشكلاً حمض الكربون الضعيف ذا التأثير الحامضي في الوسط الذي يُسهم بوفرة العناصر المعدنية ($CO_2 + H_2O > H_2CO_3$).

4– تزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه.

5–تُحسّن قوام الترب الطينية الثقيلة والترب الرملية الخفيفة.

6–تحفظ سطح التربة من تشكل القشرة السطحية القاسية، وتقلل من تراص التربة واندماجها.

تخصيب التربة بالعناصر المعدنية المغذية:

1–تخصيب التربة بالآزوت: من خلال تطبيق الدورات الزراعية التي تشمل زراعة المحاصيل البقولية، وترك بقايا المحاصيل فوق سطح التربة، وتعزيز النشاط الحيوي للكائنات الحية المثبتة للآزوت الجوي.

2–تخصيب التربة بالفوسفور: تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتحليل فوسفور التربة غير المتاح؛ مما يُسهم في زيادة تيسر الفوسفور، حيث تقوم هذه الكائنات بتحليل المخلفات العضوية، وينتج عن هذا التحلل تشكل أحماض عضوية (H_2CO_3).

مصادر الأسمدة العضوية المُضافة للتربة:

1–السماد البلدي: يتكون من فضلات الماشية مضافاً لها فرشة أو تربة وله أهمية كبيرة في الزراعة.

2–سماد الدواجن: يتميز زرق الدواجن بارتفاع محتواه من الآزوت، وتؤدي إضافته إلى زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء والعناصر السمادية.

3–سماد الكمبوست: مخلفات النباتات بعد تحويلها إلى كمبوست، مثل: تفل الزيتون، ومخلفات المحاصيل، والمولاس، ومخلفات التقليم).

4–سماد دودة الأرض Vermicompost: تقوم ديدان الأرض بدور مهم في هدم المادة العضوية الموجودة في التربة، فضلاً عن زيادة تهوية التربة، وتستغل حالياً هذه الديدان في إنتاج الأسمدة العضوية من المخلفات المختلفة (كمبوست دودة الأرض).

5–السماد الأخضر: وهي محاصيل تزرع بالتربة لتقلب في الأرض وهي خضراء لزيادة محتوى التربة من المادة العضوية و لتحسين خواصها، ويتم تسميد التربة بالأسمدة الخضراء بزراعة نبات بقولي يترك لينمو لحدّ معين ثم يحرث وهو أخضر، ويمكن أن يُحقّق التسميد الأخضر الفوائد الآتية:

- زيادة المادة العضوية في التربة.
- زيادة محتوى الآزوت في التربة.

- المحافظة على العناصر الغذائية في التربة، حيث إنّ وجود محصول يغطى الأرض يقوم بامتصاص العناصر المعدنية، فتصبح أقل عرضة للفقد مثل النترات بسبب سرعة ذوبانها.
- تحسين وفرة العناصر المغذية، وذلك نتيجة لأثر الأحماض العضوية الناتجة من تحلل المادة العضوية المضافة (السماد الأخضر)، والتي تؤدي إلى ذوبان العناصر غير الميسرة للنبات وتحويلها إلى صورة صالحة لامتصاص النبات.

قلب السماد الأخضر في التربة

6-مخصبات عضوية سائلة: مثل حمض الهيوميك وحمض الفولفيك، يتكون حمض الهيومك من كربون 50 – 62 %، هيدروجين 2.8 – 6 %، أكسجين 31 – 40 %، آزوت 2 – 6 %. وهو يزيد من التجمعات الحبيبية للتربة. يتواجد حمض الفولفيك على سطح غرويات الطين ويؤدي دوراً فاعلاً في ربط هذه الغرويات، ويشكل معقدات مع بعض العناصر المعدنية؛ الأمر الذي يؤدي إلى عدم تثبيتها في التربة.

7-مصادر أخرى، مثل: (سماد الغاز الحيوي، وحمأة الصرف الصحي، وسماد القمامة، وماء الجفت – نواتج عصر الزيتون-، وكمبوست تفل الزيتون، وكمبوست مخلفات التقليم).

رش الأحماض العضوية (الهيوميك+الفولفيك) على المحاصيل

انتاج الغاز الحيوي وسماد الغاز الحيوي

أهمية الكمبوست في الزراعة العضوية وطرائق تحضيره:

يُعرّف الكمبوست بأنه خليط من المواد العضوية الناتجة عن تخمر البقايا العضوية بفعل الكائنات الحية الدقيقة (للمخلفات النباتية والمخلفات الحيوانية أو الفضلات المنزلية ومخلفات المزرعة الأخرى)، ويُحقّق الكمبوست عند إضافته للنباتات المزروعة الفوائد الآتية:

- سماد متوازن يساعد على نمو النبات.
- طريقة تحضيره وإضافته للتربة غير مكلفة.
- الطور الحراري للكمبوست يقتل بذور الأعشاب والكائنات الممرضة (فطريات الذبول، النيماتودا)
- يزود التربة بالعناصر المغذية.
- يزيد من محتوى التربة من المادة العضوية.

أنواع الكمبوست المستخدم في الزراعة:

1-الكمبوست النباتي: يتم تحضيره من المخلفات الناتجة عن جني المحاصيل وحصادها، مثل: القش والتبن وسيقان الذرة والقطن ونواتج الخضار وبقاياها، ونواتج تقليم الأشجار بعد فرمها ونشارة الخشب، ومخلفات الحدائق المنزلية، ومخلفات مزارع الفطر (Mushroom)، والطحالب المائية، ومخلفات معاصر الزيتون (ماء الجفت)، ومخلفات صناعة عصائر العنب والتفاح وغيرها.

2-الكمبوست الحيواني: يتم تحضيره من فضلات المواشي من الأبقار والأغنام والماعز والأحصنة والابل، وفرشة الحظائر سواء كانت من التربة أو من قش بعض المحاصيل، ومخلفات الدواجن والطيور.

3-كمبوست المخلفات المنزلية: يتم تحضيره من أوراق الجرائد والمجلات، وقشور الخضروات والفاكهة وبقاياها، ومخلفات المطبخ (تفل القهوة وتفل الشاي)، وقشر البيض الجاف.

وللحصول على كمبوست متخمر بشكل جيد وغني بالعناصر المغذية والمادة العضوية، يتم إضافة الآتي:

1-إضافة الأسمدة الكيميائية للكمبوست: تُضاف كميات قليلة من النترات لتوفير عنصر الآزوت لتنشيط البكتريا، وكمية قليلة من السماد الفوسفاتي؛ لتساعد على تثبيت الآزوت المتكون وعدم تصاعده مع الأبخرة في أثناء عملية التخمر.

2-إضافة الأسمدة الحيوية للكمبوست: مثل بكتريا لتحليل المادة العضوية، وبكتريا لإغناء الكمبوست.

3-إضافة ديدان الأرض: يمكن إضافة دودة الأرض التي تساعد على تحلله بافرازاتها الهاضمة، إضافة لكونها تصنع أنفاقاً داخل الكومة وهذا يزيد من التهوية؛ وبالتالي تسريع عملية التحلل البكتيري والحصول على كومبوست جيد غني بالعناصر المعدنية المغذية.

إنتاج الكمبوست بطريقة إضافة ديدان الأرض Vermicompost

طريقة تحضير الكمبوست باستخدام الكومة:

يتم اختيار مكان مظلل، وتجميع المخلفات المتنوعة المتوفرة، ثم يتم تكويمها في كومات منفصلة، وتقطع المخلفات الكبيرة منها، ونضع هذه المخلفات على قطعة نايلون.

يتم تشكيل الكومة إما بخلط المكونات بعضها ببعض منذ البداية، أو بتكوين طبقات متبادلة ومتكررة من كل نوع فوق بعضها بعضاً، طبقة مخلفات نباتية فوقها طبقة مخلفات حيوانية ثم طبقة مخلفات نباتية، يضاف لها أحياء دقيقة، توضع الأسمدة المعدنية بين الطبقات، ارتفاع الكومة المتر وبعرض لا يتعدى 2 متر، ثم تُغطى بطبقة من التربة أو القش، ثم يحفر حول الكومة قناة لتجمع الراشح من سوائل الكومة (بعرض 20 سم وعمق 10 سم) تنتهي هذه القناة بحوض لتجميع الراشح.

عملية التخمر: بعد 1-3 أيام تبدأ حرارة الكومة بالارتفاع؛ مما يدل على بدء عملية التخمر الفعلية، تقلب الكومة لأول مرة بعد 2-3 أسابيع والمرة الثانية بعد 3 شهور، ترش هذه الطبقات بالمياه للترطيب بشكل دوري، تصل درجة الحرارة في الكومة إلى أكثر من 55-75 درجة مئوية؛ مما يساعد في القضاء على

الطفيليات والميكروبات الممرضة التي قد تكون مصاحبة لمخلفات الحيوان؛ فضلاً عن التخلص من بذور الأعشاب والديدان الثعبانية Nematodes.

ويجب تجنب تعرض الكومة للشمس المحرقة أو الرياح القوية؛ لأنها تجفف الكومة بشكل سريع، أو تعرضها للأمطار الغزيرة (كونها تشجع التخمر اللاهوائي وانبعاث روائح كريهة من الكومة).

مدة التخمير: تحتاج الكومة حتى تتخمر 3–4 أشهر حسب طبيعة المخلفات، ومن أهم مظاهر نضج الكمبوست انخفاض درجة حرارة الكومة إلى درجة الحرارة المحيطة بها، واختفاء رائحة الأمونيا لتحولها إلى نترات، وظهور رائحة مقبولة، وتقلص حجم الكومة إلى أقل من نصف حجمها الأساسي.

معدلات الإضافة والاستخدام: يضاف عموماً بمعدل (5–7 م^3) للدونم، وتختلف الكمية حسب نوع التربة والمحصول المزروع.

تحضير الكمبوست بطريقة الكومة

Damascus University

الجدول 1: المواد المسموح استخدامها في نظام الزراعة العضوية.

اسم المادة	الوصف والتركيب	شروط الاستخدام
سماد الحظيرة	منتج مكون من مزيج من فضلات الحيوانات والمادة النباتية (الفرشة).	مواد المزرعة الداخلة في الصناعة الزراعية (التربية المكثفة للحيوانات) تعد مواد محظورة.
السماد البلدي المجفف	روث الماشية وزرق الدواجن المخمر بطريقة الكومبوست.	
روث الحيوانات المخمر	زرق الدجاج والسماد البلدي المخمر بطريقة الكومبوست.	
الفضلات الحيوانية السائلة	تستخدم بعد التخمير المراقب و/أو التخفيف المناسب.	
الفضلات المنزلية المتخمرة أو المحضرة بطريقة الكومبوست	المنتجات التي يتم الحصول عليها من الفضلات المنزلية النباتية والحيوانية المفروزة من المصدر، والمخمرة بطريقة الكومبوست أو التخمير اللاهوائي لإنتاج الغازات الحيوية فقط إذا تم إنتاجها ضمن نظام مغلق ومراقب.	التركيزات القصوى للمادة الجافة (مغ/كغ): كادميوم: 0.7؛ نحاس: 70؛ نيكل: 25؛ رصاص: 45؛ زنك: 200؛ زئبق: 0.4؛ كروم (إجمالي): 70؛
التورب	من دون إضافات كيميائية.	استخدامه مقيد بالبستنة (الخضراوات، الأشجار، المشاتل)
بقايا زراعة الفطر	التركيب الأولي للركيزة (فرشة إنتاج الفطر) يجب أن يقتصر على المنتجات المذكورة في هذه القائمة.	
نشارة الخشب		الخشب الذي لم تتم معالجته كيميائياً بعد القطع.
عنصر الكبريت	المنتج الطبيعي أو الصناعي المكرر.	
العناصر المعدنية الصغرى: البورون ، الكوبالت، النحاس،	العناصر الغذائية الصغرى غير العضوية	
رماد الخشب		الخشب الذي لم تتم معالجته كيميائياً بعد القطع.
كربونات الكالسيوم		ذات المنشأ الطبيعي فقط.

الفصل الثاني عشر
دور التقانات الزراعية في التخفيف من تأثيرات التغيرات المناخية في القطاع الزراعي
The role of agronomic practices in mitigation of the effect of climatic changes in agriculture sector

يُعد تغير المناخ مشكلة عالمية طويلة الأجل تنطوي على تفاعلات متداخلة بين مختلف العوامل البيئية على سطح الكرة الأرضية، لكن ما يميز الحالة المستمرة لتغير المناخ في العالم ارتفاع درجات الحرارة وتكرار دورات الجفاف والقحط وتغير نمط الرياح والأمطار والفيضانات .الخ.

ستكون المنطقة العربية أكثر المناطق عرضه للتأثيرات المحتملة للتغير المناخي؛ لأنها تضم أكثر مناطق العالم جفافا، وحوالي 75 % من المساحات المزروعة فيها يعتمد على الزراعة المطرية، حيث ستنخفض كميات الأمطار فيها وخاصة في المشرق العربي بحدود 10–30% خلال السنوات الخمسين القادمة، مع تباين في توزعها وشدتها، وستزداد وتيرة تكرار دورات الجفاف وشدته، وارتفاع درجات الحرارة، وازدياد معدل فقد المياه بالتبخر– نتح.

وستنخفض إنتاجية المحاصيل المزروعة في المناطق المطرية في الوطن العربي بحوالي 50% بحلول عام 2050، وسينعكس ذلك سلباً على الموارد المائية المحدودة وعلى الإنتاج الزراعي؛ الأمر الذي يشكل تهديداً للأمن المائي والغذائي في المنطقة العربية، وإلى تداعيات اجتماعية وتنموية؛ بسبب زحف السكان من المناطق المتأثرة وهجرتهم إلى مناطق أخرى أقل تأثراً داخل الدولة الواحدة أو إلى دول الجوار.

وأمام هذا الواقع ونتيجة لخطورته لا بد من القيام بالإجراءات الكفيلة للحدّ من آثار تغير المناخ في الزراعة من خلال تطبيق إجراءات التكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره السلبية.

يعرف التكيف Adaptation بأنه مجموعة الإجراءات أو التقانات التي يمكن اتباعها أو تطبيقها لتقليل التأثيرات السلبية الناتجة عن التغيرات المناخية في الزراعة.

إنّ زيادة درجة الحرارة وغاز CO_2 وتوفر الرطوبة يمكن أن يلائم نمو الأعشاب والآفات والفيروسات والبكتريا والحشرات؛ مما يؤدي إلى الإضرار بغلة المحاصيل المزروعة، يُعدُّ مرض الصدأ على القمح من الأمراض التي تُهدد الأمن الغذائي في القطر العربي السوري، وهو يزداد نتيجة للتغيرات المناخية.

أهم إجراءات التكيف في مجال إنتاج المحاصيل الحقلية:

1–استنباط طرز وراثية من المحاصيل تتسم بقوة النمو وكفايتها العالية في استعمال المياه وعالية الاستجابة لارتفاع تركيز غاز الفحم (CO_2).

2-تطوير طرز وراثية من مختلف الأنواع المحصولية متحملة للإجهادات البيئية اللاأحيائية (الجفاف، والحرارة المرتفعة، والحرارة المنخفضة، والملوحة..الخ) ومقاومة للأمراض والحشرات.

وذلك من خلال:

- برامج التربية والتحسين الوراثي.
- استخدام المصادر الوراثية والأصول البرية.
- استخدام التقانات الحيوية والهندسة الوراثية.

3- تطوير التقانات أو الممارسات الزراعية المناسبة التي تضمن تحسين إنتاجية المحاصيل والمحافظة على المياه والتربة، من أهم هذه التقنيات:

- ضبط معدل البذار ومواعيد العمليات الزراعية.
- تحديد معدلات التسميد المثلى ومواعيد إضافة الأسمدة.
- تغير مواعيد الزراعة بما يتلاءم مع الهطولات المطرية.
- زراعة الأصناف المبكرة بالنضج.
- تكسيه البذور بمحاليل العناصر المغذية لتحفيز النمو الأولي للبادرات وتغطية سطح التربة.
- تقسية البذور بمحاليل مختلفة قبل الزراعة (كلوريد الصوديوم، سكر الـPEG، حمض الأبسيسيك، البرولين..)، لتحريض برنامج الدفاع الوراثي لدى الصنف أو النوع المزروع لتحمل الظروف البيئية القاسية (جفاف، ملوحة، حرارة مرتفعة..).
- مكافحة الأعشاب الضارة التي تنافس المحصول على مصادر النمو.
- إجراء عمليات خدمة المحصول من عزيق وتحضين ومكافحة.
- ترشيد استخدام المياه المتوفرة، وإضافة ريّات تكميلية وتطبيق طرق الري الحديثة.

4- تطبيق النظم الزراعية المستدامة والصديقة للبيئة، مثل:

- نظام الزراعة الحافظة: نظام زراعة المحاصيل من دون حراثة التربة عن طريق فتح شق ضيق في التربة باستخدام آلة متخصصة لوضع البذور والأسمدة بعملية واحدة للمحافظة على التربة والمياه والبيئة.
- نظام الزراعة العضوية: نظام زراعي يعتمد على استخدام المواد الطبيعية والحيوية في الزراعة بدلاً من الأسمدة الكيميائية والمبيدات ومواد المكافحة الضارة بالبيئة والصحة العامة.

أولاً- تطوير الأصناف والطرز الوراثية المتأقلمة مع التغيرات المناخية:

1- أصناف محاصيل الحبوب وطرزها:

- تمّ استنباط العديد من الأصناف، وتطوير الكثير من السلالات من القمح والشعير المتحملة للإجهادات اللاأحيائية (الجفاف، والحرارة المرتفعة، والملوحة، والصقيع)، والمقاومة للإجهادات الأحيائية (الأمراض، والحشرات)، وعالية الإنتاجية. وذلك من قبل الهيئات البحثية الدولية (إيكاردا) والعربية (أكساد) والمحلية (الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية).

- للتخفيف من تأثير المستويات المتطرفة من الحرارة والجفاف أمكن العمل على صفة (الباكورية Earliness) بتقصير دورة الحياة عن طريق تربية الطرز المبكرة بالإزهار للهروب من إجهاد الحرارة والجفاف ، مثال على الأصناف المبكرة من القمح: أكساد65 ، أكساد 357 ، أكساد 1105.

- تطوير سلالات وأصناف مقاومة للإجهادات الأحيائية (الأمراض والحشرات) وملائمة للتغيرات المناخية، خاصةً مرض الصدأ الأصفر Yellow or stripe rust: أظهرت بعض السلالات من القمح الطري مقاومة عالية تجاه جائحة الصدأ الأصفر، هي: أكساد 1133، أكساد 1115، أكساد 1169، كما أظهر صنفا أكساد 885 (دوما 2)، أكساد 901 (دوما 4) مقاومة متوسطة للصدأ الأصفر.

صدأ الساق (الأسود) Stem or Black rust : أظهرت بعض السلالات من القمح القاسي والطري صفة المقاومة ومتوسطة المقاومة لسلالة فطر صدأ الساق (UG 99).

2- تربية أصناف من المحاصيل البقولية لتحمل الإجهادات البيئية :

بالنسبة للمحاصيل البقولية الغذائية تمّ العمل على إدخال سلالات وتطوير أصناف من العدس والحمص والفول متحملة للجفاف والحرارة العالية من قبل المركز الدولي إيكاردا، تُزرع في ظروف الزراعة المطرية.

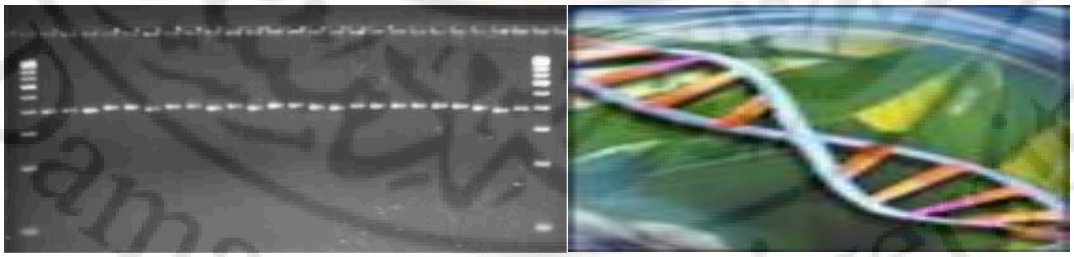
الجدول 1: نسبة البروتين (%) في بعض المحاصيل البقولية المدروسة.

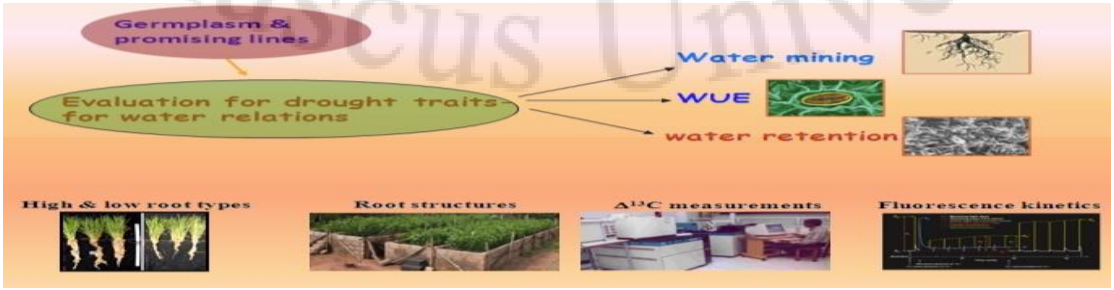
المحصول البقولي	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط
الحمص	16	26	20
الفول	18	36	29
العدس	20	30	26
الجلبانة	28	30	29

يمكن أن تزداد درجة إصابة البقوليات بالأمراض والحشرات نتيجة التغيرات المناخية، لذلك يتم تطوير أصناف مقاومة لهذه الأمراض والحشرات على مستوى المراكز البحثية. وقد نجح المركز الدولي إيكاردا بتطوير أصناف مقاومة لأمراض الصدأ والذبول والمن.

3- دور التقانات الحيوية في التخفيف من التغيرات المناخية:

تُسهم التقانات الحيوية في زيادة الإنتاج الزراعي وتحسين قيمة الغذاء، والمحافظة على البيئة في الكثير من دول العالم المتقدم والنامي على حدٍ سواء. وقد شهد العالم بفضل تطبيقات التقانات الحيوية في تربية النبات زيادات هائلة في إنتاج الغذاء وتحسين قيمته ونوعيته، وذلك من خلال تطوير أصناف من النبات أكثر مقاومة للأمراض والحشرات وأكثر تحملاً لظروف المناخ القاسية وأكثر كفاية في تحويل مدخلات الإنتاج الزراعي من ماء وسماد وطاقة إلى غذاء ذي نوعية عالية وبأقل أثر سلبي في البيئة وخاصة فيما يتعلق بالاحتباس الحراري Global warming.





ثانياً- الدورات الزراعية والأنظمة المحصولية Crop rotation and cropping system:

يُقصد بالدورة الزراعية النظام الدوري المتبع في تعاقب زراعة المحاصيل المختلفة في منطقة معينة لمدة معينة، وتختلف مدة الدورات الزراعية بين سنتين وخمس سنوات أو أكثر، وفقاً لأنواع المحاصيل الداخلة في الدورة. إنّ تطبيق الدورة الزراعية المناسبة التي تضمن وجود محصول بقولي (غذائي أو علفي)، لها مجموعة من الفوائد، أهمها:

- التخلص من الأعشاب التي تنافس المحصول على عوامل النمو (ماء، عناصر مغذية، ضوء..الخ)
- تعويض خصوبة التربة خاصةً بالعناصر الصغرى.
- التخلص من الحشرات التي تتخذ من بقايا المحصول عائلاً لها.
- تخفيف الحاجة إلى الآزوت وذلك بزراعة محصول بقولي.
- تقليل انجراف التربة.

ويُقصد **بالنظم المحصولية:** Cropping systems نظام تعاقب زراعة المحاصيل في المنطقة عبر المواسم الزراعية وعلى مدار السنة، ويُقسم إلى:

1-نظم زراعة المحصول الواحد Monoculture cropping systems:

حيث لا يسمح موسم النمو في زراعة أكثر من محصول في السنة.

2- نظم زراعة المحاصيل المتعددة Multiple cropping systems:

تقسم نظم زراعة المحاصيل المتعددة إلى مجموعة كبيرة من الأنماط والصور المتعددة لزراعة المحاصيل وذلك بهدف استغلال الموارد الأرضية والمائية بصورة تحقق عائداً اقتصادياً مجزياً للمزارع، وتتطلب نظم زراعة المحاصيل المتعددة عناية أكبر في إدارة المحصول واستخدام مدخلات الإنتاج، وتختلف الدورة المحصولية والتركيبية المحصولية لكل منطقة بحسب الظروف البيئية وطبيعة المحاصيل المزروعة.

أنماط زراعة المحاصيل المتعددة:

1) النمط المحصولي المتعاقب Sequential cropping patterns

نمط زراعة محصولين أو أكثر في السنة.

2) النمط المحصولي المتداخل أو التحميلي: Intercropping patterns

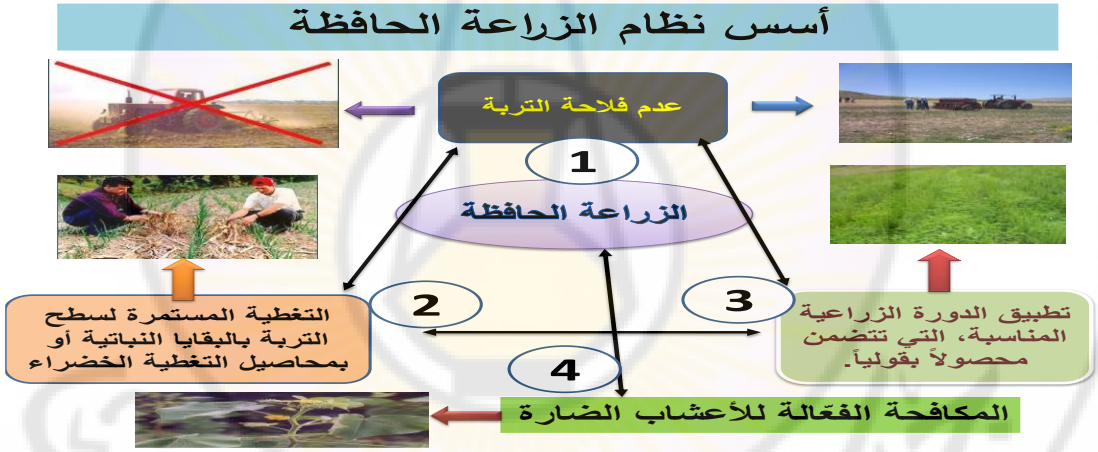
أ- زراعة المخاليط.

ب-الزراعة المتداخلة/التحميلية على خطوط.

ج- الزراعة في شرائح.

ثالثاً– تطبيق نظام الزراعة الحافظة Conservation Agriculture:

تُعرّف الزراعة الحافظة، بأنّها زراعة المحاصيل في تربة غير محضرة بشكل مسبق، من خلال فتح شق ضيق على شكل خندق Trench أو شريط Band بعرض وعمق كافيين فقط لوضع البذار المزروعة والأسمدة وتغطيتها بشكلٍ ملائم (Phillips و Young ، 1973).



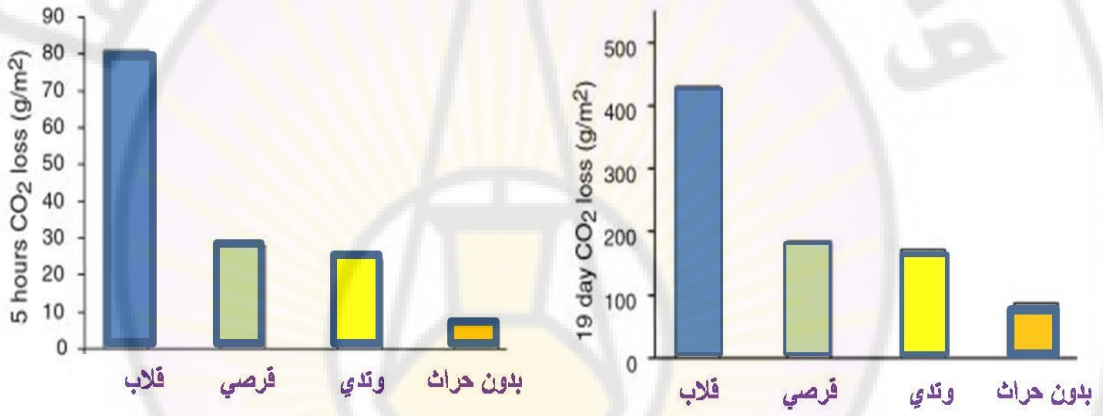
يمكن تطبيق نظام الزراعة الحافظة في المناطق الجافة وشبه الجافة كأحد آليات التكيف والتخفيف من آثار الجفاف، حيث يسهم في تحسين إنتاجية الأنواع المحصولية، وكفاية استعمال الموارد الطبيعية (التربة والمياه)، ويقلل من تكاليف الإنتاج الزراعي، ويحدّ من انبعاث غازات الدفيئة، وخاصةً غاز الفحم (CO_2) إلى الغلاف الجوي.

لماذا يُعد نظام الزراعة الحافظة نظاماً صديقاً للبيئة، ويساعد على التكيف مع التغيرات المناخية؟

يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى احتجاز كمياتٍ كبيرة من الكربون في التربة، ويمكن لنظام الزراعة الحافظة أن يحول التربة من مصدرٍ لانبعاث الكربون للجو إلى مصبّ له. وقد بيّنت العديد من التجارب أنّ تطبيق الزراعة الحافظة على مدار 8 سنوات قد أدى إلى زيادة مستوى الكربون في التربة بنحو

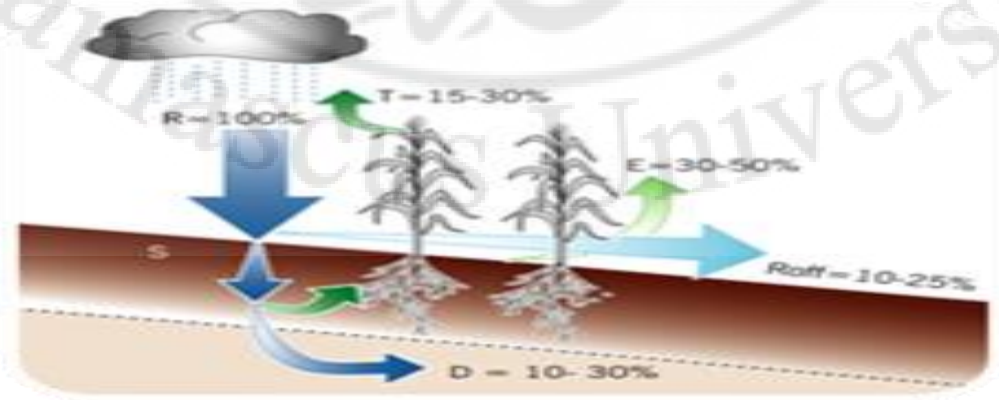
2.8 طناً بالمقارنة مع الزراعة التقليدية. ويعد هذا الفرق مهماً جداً إذا علمنا أنّ كل 1 طن من الكربون المضاف إلى التربة يحتاج إلى قرابة 3.5 طن من CO_2 الذي تتم إزالته من الغلاف الجوي.

بيّن تقرير FAO (2012) حول التخفيف من التبدلات المناخية أنّ ثلث كمية الغازات المنبعثة من احتراق البترول والفحم الحجري والغاز يمكن أن تُخفض عن طريق تطبيق نظام الزراعة الحافظة، وذلك بتقليص استعمال الجرارات في فلاحة التربة، وآلات نثر السماد، فضلاً عن دور الزراعة الحافظة في زيادة كربون التربة العضوي التي تُعد بمنزلة المستودع الطبيعي لغاز الفحم، من خلال زيادة معدل احتجاز الكربون في التربة CO_2–sequestration واستهلاك غاز الفحم في عملية التمثيل الضوئي، حيثُ تُعدُّ النباتات الخضراء مصباً طبيعياً لـ CO_2.



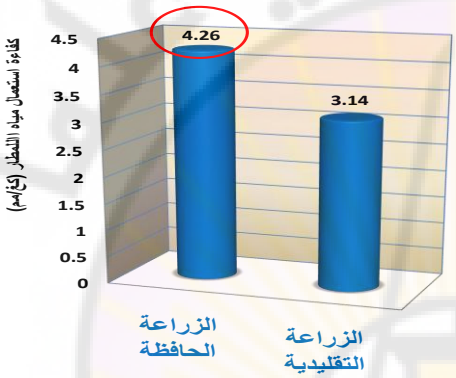
تأثير طريقة الحراثة في معدل فقد الكربون من التربة بعد 5 ساعات، وبعد 19 يوماً.

– يؤدي تطبيق نظام الزراعة الحافظة إلى تحسين إنتاجية المياه (More crop per drop) عن طريق تقليل الفواقد غير المنتجة (التبخر، الجريان السطحي والصرف العميق)، والحفاظ على المياه في منطقة انتشار الجذور لاستخدامها في عملية النتح (الفاقد المنتج).

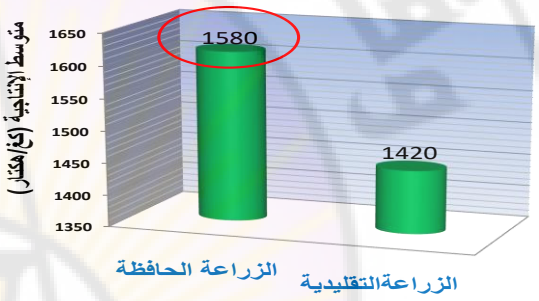


– يساعد تطبيق نظام الزراعة الحافظة في زيادة كفاية استعمال الموارد المائية المتاحة بكمياتٍ محدودة، وخاصةً في المناطق الجافة وشبه الجافة، ووقف عملية تدهور الأراضي الزراعية، وتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي. ويتوقع بأن ُ يساعد هذا النظام على المدى البعيد في زيادة الإنتاج الزراعي؛ الأمر الذي سيسهم في تأمين المتطلبات الغذائية المتزايدة للسكان.

- تم تسجيل زيادة في إنتاج القمح بحوالي (10–30%) بتطبيق الزراعة الحافظة مقارنة مع الزراعة التقليدية، مع زيادة في كفاية استعمال مياه الأمطار.



كفاءة استعمال مياه الأمطار في إنتاج القمح في محافظة الحسكة



متوسط إنتاجية محصول القمح في محافظة الحسكة

- حققت محاصيل أخرى كالعدس والحمُّص والشعير نتائج مشابهة أيضا في مجال زيادة الإنتاج وكفاية استعمال المياه في الزراعة الحافظة في معظم الحقول المختبرة.
- تم تسجيل تأثيرات إيجابية أخرى للزراعة الحافظة في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية. كالتخفيف من فقد الكربون وتراكم المادة العضوية وتحسين بناء التربة ومساميتها وزيادة مقدرتها على الاحتفاظ بالماء.

رابعاً– حصاد مياه الإمطار: Rain water harvesting

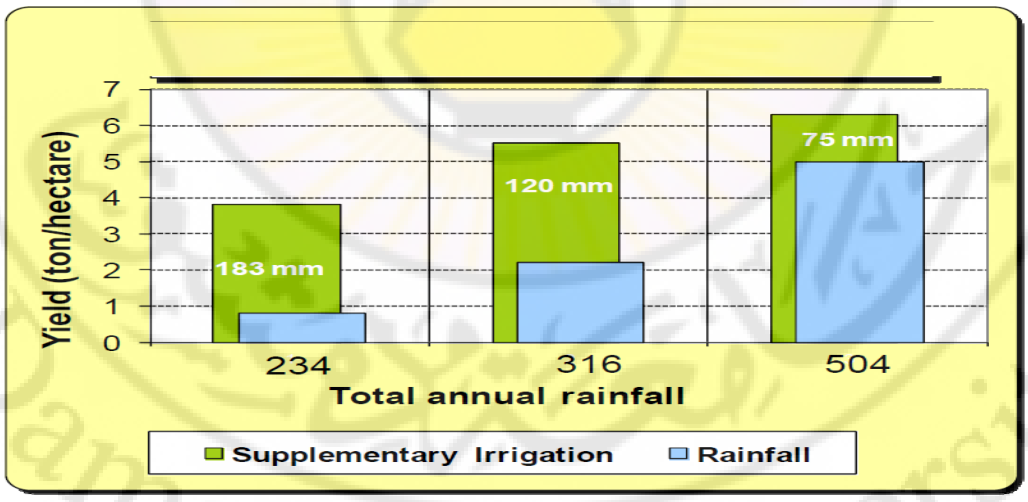
يستهلك قطاع الزراعة حوالي 80% من مصادر الماء المتاح للري، لذلك تُعدُّ تقانات حصاد المياه من الطرق الاقتصادية التي تعمل على توفير المياه اللازمة للري عند تناقص معدلات الهطول المطري وشح المياه الجوفية، وذلك بإنشاء البرك Ponds والحفر التجميعية، أو الزراعة باستخدام المصاطب الهلالية والخطوط والأثلام وغيرها. من فوائد حصاد مياه الأمطار: زيادة رطوبة التربة بنسبة تزيد على 55%، وضبط الانجراف بنسبة تزيد على 65%، وزيادة الإنتاج بنسبة تزيد على 25%.

خامساً- الري التكميلي Supplementary irrigation:

يُعدُّ الري التكميلي أحد الطرق المستخدمة في رفع كفاية استعمال مياه الأمطار والمصادر المائية الأخرى المتاحة، حيث إن تقديم بعض الريّات للمحصول عند انحباس الأمطار في أطوار محددة، يؤدي إلى زيادة كبيرة في الإنتاجية قد تصل إلى حدّ مضاعفة المردود في وحدة المساحة من المحاصيل المزروعة، خاصةً عندما تكون الأمطار هي المصدر الرئيس لتأمين احتياجات المحصول المائية، وغير كافية للنبات.

- أشارت النتائج في حقول المزارعين إلى زيادة ملحوظة في غلة المحاصيل استجابة للري التكميلي.
- وقد ازدادت المساحة المزروعة بالقمح والمطبق عليها الري التكميلي في شمال سورية وغربها (حيث معدل الهطول المطري أكثر من 300 مم) من 74 ألف هكتار (في عام 1980) إلى 500 ألف هكتار (في عام 2010) بزيادة مقدارها 480%.
- وازدادت كفاية استعمال المياه من 0.85 كغ من الحبوب /م^3 إلى 2.14 كغ حبوب/م^3، وتم تحقيق النتيجة نفسها بالنسبة للكتلة الحية.
- كما ازدادت غلة القمح الحبية من 1.5 طن/هكتار تحت ظروف الزراعة المطرية إلى 3 طن/الهكتار مع إضافة الري التكميلي.

الشكل : تأثير الري التكميلي في غلة محصول القمح تحت ظروف الزراعة المطرية



ولا بد من تحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل، وذلك للتخفيف من الضغط على الموارد المائية في ظل التبدلات المناخية، وهو عدد وحدات الماء بالوزن المستهلكة من قبل النبات واللازمة لتكوين وحدة واحدة بالوزن من المادة الجافة، وذلك بدءاً من ظهور البادرات وحتى نضج المحصول، ويتوقف الاحتياج المائي للمحصول على عوامل عدة، منها: صفات النبات، والصنف المزروع، وخصوبة التربة، ورطوبة التربة، والرطوبة الجوية، وفترة النمو، وعمر النبات.

قائمة بالمصطلحات الواردة في البحث باللغة العربية والإنكليزية والفرنسية

الرقم	المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة الفرنسية
.1	العوامل	Factors	Les facteurs
.2	نمو المحصول	Crop growth	Croissance des cultures
.3	تطور المحصول	Crop development	Développement des cultures
.4	التغيرات المرحلية	Phasic changes	Changements de phase
.5	لتغيرات الشكلية	Morphological changes	Changements morphologiques
.6	الفترات المتقطعة	Discrete periods	Périodes discrètes
.7	بداية ظهور الورقة	Leaf primordia	Les primordiums des feuilles
.8	العوامل البيئية	environmental factors	facteurs environnementaux
.9	عوامل أحيائية	Biotic factors	Facteurs biotiques
.10	عوامل لاأحيائية	abiotic factors	facteurs abiotiques
.11	نقطة التعويض الضوئي	Light compensation point	Point de compensation de la lumière
.12	نقطة التعويض بغاز الفحم	CO_2-Compensation point	Point de compensation CO2
.13	عامل إجهاد	Stress factor	Facteur de stress
.14	الإجهاد التأكسدي	Oxidative stress	Stress oxydatif
.15	تأثير التبريد	Cooling effect	Effet rafraîchissant
.16	قدرة التحمل المكتسبة	Intrinsic tolerance	Tolérance intrinsèque
.17	ضغط الامتلاء	Turgor potential	Potentiel de turgescence
.18	المناطق المعتدلة	Temperate habitat	Habitat tempéré
.19	ارتفاعات عالية	High elevations	Hautes altitudes
.20	وحدات الحرارة التراكمية	Accumulative heat units	Unités de chaleur accumulées
.21	صفر النمو	Zero growth	Croissance zéro
.22	الارتباع	Vernalization	Vernalisation
.23	نسيج السويداء	Endosperm	Endosperme
.24	التمثيل الضوئي	Photosynthesis	Photosynthèse

Respiration	Respiration	التنفس	.25
Transpiration	Transpiration	النتح	.26
Stomates	Stomata	المسامات	.27
Floraison	Flowering	الإزهار	.28
Photopériode	Photoperiod	طول الفترة الضوئية	.29
Humidité absolue	Absolute humidity	الرطوبة المطلقة	.30
Humidité relative	Relative humidity	الرطوبة النسبية	.31
Précipitation	Precipitation	الهطولات المطرية	.32
Évapotranspiration	Evapotranspiration	التبخر-نتح	.33
Hydrophytes	Hydrophytes	النباتات المحبة للماء	.34
Xérophytes	Xerophytes	نباتات المناطق الجافة	.35
Mésophytes	Mesophytes	النباتات المعتدلة	.36
Facteurs de sol	Soil factors	عوامل التربة	.37
Propriétés physiques	Physical properties	الخصائص الفيزيائية	.38
Texture du sol	Soil texture	قوام التربة	.39
Sols argileux	Clay soils	الترب الطينية	.40
Sols sableux	Sandy soils	الترب الرملية	.41
Structure du sol	Soil structure	بناء التربة	.42
Humidité du sol	Soil moisture	رطوبة التربة	.43
Capacité de terrain	Field capacity	السعة الحقلية	.44
Eau disponible	Available water	الماء المتاح	.45
Besoin en eau	Water requirement	الاحتياج المائي	.46
La température du sol	Soil temperature	حرارة التربة	.47
Conductivité électrique	Electric conductivity	الناقلية الكهربائية	.48
Capacité d'échange de cations	Cation Exchange Capacity	السعة التبادلية الكاتيونية	.49
Matière organique des sols	Soil organic matter	المادة العضوي للتربة	.50
Concurrence	Competition	التنافس	.51

Antagonisme	Antagonism	التضاد	.52
Substances allélopathiques	Allelopathic substances	مواد كيميائية مضادة	.53
Organismes du sol	Soil organisms	الكائنات الحية في التربة	.54
Régulateurs de croissance	Growth regulators	منظمات النمو	.55
Promouvoir	Promote	تشجيع	.56
Inhiber	Inhibit	تثبيط	.57
Hormones végétales	Plant hormones	الهرمونات النباتية	.58
Transport actif	Active transport	النقل الفاعل	.59
Productivité	Productivity	الإنتاجية	.60
Biomasse	Biomass	الكتلة الحية للنبات	.61
Rendement économique	Economic yield	الغلة الاقتصادية	.62
Indice de récolte	Harvest Index	دليل الحصاد	.63
Pratiques culturelles	Cultural practices	الممارسات الزراعية	.64
Taux de croissance relatif	Relative growth rate	معدل النمو النسبي	.65
Taux de croissance absolu	Absolute growth rate	معدل النمو المطلق	.66
Taux d'assimilation net	Net assimilation rate	معدل التمثيل الصافي	.67
Rapport de surface foliaire	Leaf area ratio	نسبة المساحة الورقية	.68
Indice de surface foliaire	Leaf area index	دليل المساحة الورقية	.69
Taux de croissance des cultures	Crop growth rate	معدل نمو المحصول	.70
Composants de rendement	Yield components	مكونات الغلة	.71
Rendement potentiel	Potential yield	الغلة الكامنة	.72
Ingénierie génétique	Genetic engineering	الهندسة الوراثية	.73
Recadrage multiple	Multiple cropping	الأنظمة المحصولية المتعددة	.74
Cultures mixtes	Mixed cropping	نظام الزراعة المختلطة	.75
Culture intercalaire	Intercropping	الزراعة التحميلية	.76
Humidité résiduelle du sol	Residual soil moisture	رطوبة التربة المتبقية	.77
Technologie post-récolte	Post harvest technology	تقانات ما بعد الحصاد	.78

Sélection de culture	Selection of crop	اختيار المحصول	.79
Efficacité productive	Productive efficiency	الكفاية الإنتاجية	.80
Stabilité au rendement	Yield stability	ثباتية الغلة	.81
Maturité	Maturity	النضج	.82
La vigueur des semis	Seedlings vigour	حيوية البادرات	.83
L'agriculture des terres arides	Dryland farming	الزراعة الجافة	.84
Rétention d'eau	Water retention	حجز المياه	.85
Infiltration d'eau	Water infiltration	تسرب المياه	.86
Ruissellement de surface	Surface runoff	الجريان السطحي	.87
Préparation du lit de semence	Seedbed preparation	تجهيز مهد البذرة	.88
Agriculture de conservation	Conservation Agriculture	نظام الزراعة الحافظة	.89
Profondeur de labour	Ploughing depth	عمق الحراثة	.90
Travail du sol en profondeur	Deep tillage	الحراثة العميقة	.91
Casserole dure	Hard pan	الطبقة الصّماء	.92
Érosion des sols	Soil erosion	انجراف التربة	.93
Travail du sol minimal	Minimum tillage	الحراثة المخففة	.94
Taux de semences	Seed rate	معدل البذار	.95
Pourcentage de germination	Germination percentage	نسبة الإنبات	.96
Méthode de semis	Method of sowing	طريقة الزراعة	.97
Amincissement	Thinning	التفريد	.98
Repiquage	Replanting	الترقيع	.99
Binage	Hoeing	العزيق	.100
Irrigation	Irrigation	الري	.101
Contrôle de cannabis	Weed control	مكافحة الأعشاب	.102
Antiparasitaire	Pest control	مكافحة الآفات	.103
Récolte	Harvesting	الحصاد	.104
Battage	Threshing	الدراس	.105

Technologie post-récolte	Post-harvest technology	تقنيات ما بعد الحصاد	.106
Stockage de graines	Seeds storage	تخزين البذور	.107
Cultures fourragères	Forage crops	محاصيل أعلاف	.108
Rotation des cultures	Crop rotation	الدورة الزراعية	.109
Systèmes de culture	Cropping systems	النظم المحصولية	.110
Agriculture intensive	Intensive agriculture	الزراعة المكثفة	.111
Agriculture pluviale	Rainfed agriculture	الزراعة المطرية	.112
Gestion intégrée des nutriments	Integrated nutrient	الإدارة المتكاملة للتسميد	.113
Légumineuse	Legume crop	المحصول البقولي	.114
Efficacité d'utilisation de l'eau	Water use efficiency	كفاية استعمال الماء	.115
Efficacité de la transpiration	Transpiration efficiency	كفاية النتح	.116
Taux d'assimilation	Assimilation rate	معدل التمثيل الضوئي	.117
La productivité de l'eau	Water productivity	إنتاجية المياه	.118
Herbicide	Herbicide	مبيد أعشاب	.119
Stérilisation des sols	Soil sterilization	تعقيم التربة	.120
Mesures de conservation de l'eau	Water conservation	ممارسات حفظ الماء	.121
Zones arides	Arid zones	المناطق الجافة	.122
Zones semi-arides	Semi-arid zones	المناطق شبه الجافة	.123
Sécheresse échapper	Drought Escape	الهروب من الجفاف	.124
Évitement de la sécheresse	Drought avoidance	تجنب الجفاف	.125
Tolérance à la sécheresse	Drought tolerance	تحمل الجفاف	.126
croisement	Back crossing	التهجين الرجعي	.127
Ressources génétiques	Genetic resources	المصادر الوراثية	.128
Les races locales	Land races	السلالات المحلية	.129
La stabilité de la production	Yield stability	ثبات الإنتاج	.130
Les espèces sauvages	Wild relatives	الأنواع البرية	.131
adaptation	Adaptation	التكيُف	.132

Les terres arides	Dry lands	أراضٍ قاحلة	.133
l'usage irrationnel	Irrational utilization	الاستخدام غير الرشيد	.134
Les ressources naturelles	Renewable natural	الموارد الطبيعية المتجددة	.135
Le réchauffement climatique	Green house effect	الاحتباس الحراري	.136
Le développement agricole	Sustainable development	تنمية زراعية مستدامة	.137
Le changement Climatique	Climatic changes	التغيرات المناخية	.138
Biotechnologie	Biotechnology	التقانات الحيوية	.139
Micro-organismes	Microorganisms	الكائنات الحية الدقيقة	.140
Le génie génétique	Genetic engineering	الهندسة الوراثية	.141
Génétiquement modifiés	Transgenic	المحوّرة وراثياً	.142
Génome	Genome	الجينوم	.143
Quantitative trait loci	Quantitative trait loc	مواقع الصفات الكمية	.144
l'élection indirect	Indirect selection	الانتخاب غير المباشر	.145
Lien maps	Linkage maps	خرائط الارتباط	.146
Moléculair	Molecular breeding	التربية الجزيئية	.147
Culture de tissue végétaux	Plant tissue culture	زراعة الأنسجة النباتية	.148
la culture cellulavie	Cell culture	زراعة الخلايا	.149
La variation génétique	Genetic variation	التباين الوراثي	.150
Les marqueure moléculaires	Molecular markers	المؤشرات الجزيئية	.151
La stabilité de la production	Yield stability	ثباتية إنتاجية	.152
Le degré d'héritage	Heritability	درجة التوريث	.153
Les marqueurs moléculaires	Molecular markers	الواسمات الجزيئية	.154
Plantes Alasaria	CAM-palnts	النباتات العصارية	.155
Solution de gestion peut	Osmoregulation	التنظيم الحلولي	.156
La préoccupation	Environmental concern	الاهتمام البيئي	.157
Cycle du carbone	Carbon cycle	حلقة الكربون	.158
Cycle des éléments minéraux	Nutrient cycle	دورة العناصر المعدنية	.159

Dérive due au vent	Wind erosion	الانجراف الريحي	.160
Les agents pathogènes	Pathogens	المسببات المرضية	.161
Applications de la	Biotechnology applications	تطبيقات التقانات الحيوية	.162
La culture de tissus	Tissue culture	زراعة الأنسجة	.163
La modernisation agricole	Agricultural modernization	التحديث الزراعي	.164
Le piégeage du carbone	Carbon sequestration	احتجاز الكربون	.165
Stérilisation par irradiation	Soil solarization	التعقيم بالإشعاع الشمسي	.166
Bio-engrais	Biological fertilization	التسميد الحيوي	.167
Irrigation goutte à goutte	Drip irrigation	الري بالتنقيط	.168
Gestion intégrée des ravageurs	Integrated pest	المكافحة المتكاملة للآفات	.169
L'agriculture biologique	Organic farming	الزراعة العضوية	.170
L'intensification agricole	Agricultural intensification	التكثيف الزراعي	.171
Cultures de valeur supérieure	Cash crops	محاصيل أعلى قيمة	.172
L'industrie agricole	Agriculture industry	صناعة الزراعة	.173
Facteurs de l'anti-alimentation	Antinutritional factors	المضادة للتغذية العوامل	.174
Génie génétique	Genetic engineering	الهندسة الوراثية	.175
Hybridation	Crossing	التهجين	.176
Les plantes génétiquement	Transgenic plants	النباتات المعدلة وراثياً	.177
Valeur nutritive	Nutritional value	القيمة الغذائية	.178
Le rise doré	Golden rice	الأرز الذهبي	.179
Améliorer la qualité	Quality improvement	تحسين الجودة	.180

المراجع العربية والأجنبية

جابر، بدر (1997). أثر الجفاف على إنتاجية الحبوب وأنماط تحملها في الزراعات المطرية، الدورة التدريبية على زراعة وخدمة المحاصيل الحقلية في المنطقة الجنوبية من سورية.

حياص، بشار وأحمد مهنا (2007). إنتاج محاصيل الحبوب والبقول. القسم النظري. منشورات جامعة البعث. حمص–سورية.

صبوح، محمود (2006). آفاق نجاح استثمار التقانات الحيوية في تطوير إنتاج محاصيل الحبوب وأهمية التعاون العربي في الاستخدام الرشيد لهذه التقانات – مؤتمر التنمية الزراعية المستدامة والأمن الغذائي – أسبوع العلم 46 – كلية الزراعة – جامعة تشرين – 27– 30 تشرين الثاني 2006 ، ص 327 – 329.

صبوح، محمود؛ أيمن العودة؛ حسين أسعد (2007). خصائص أصناف أكساد من القمح والشعير ودورها في زيادة إنتاجية المناطق العربية الجافة وشبه الجافة، الندوة العلمية الأولى لعلوم المحاصيل، المنعقدة في جامعة تشرين، سورية، 12–2007/11/13.

العودة، أيمن؛ حديد، مها؛ قنبر؛ أسامة (2015). دور الزراعة الحافظة في تحسين إنتاجية محصول القمح وخصائص التربة الكيميائية تحت ظروف الزراعة المطرية في المنطقة الجنوبية من سورية. المجلة العربية للبيئات الجافة. العدد (1 و 2)، الصفحات: 15 –25

العودة، أيمن؛ مأمون خيتي؛ ريما رباح نصر (2015). فسيولوجيا المحاصيل الحقلية، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة الزراعية.

العودة، أيمن؛ مها حديد؛ يوسف نمر (2009). المحاصيل الزيتية والسكرية وتكنولوجيتها، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة الزراعية.

مجلة الزراعة والمياه (2009). الصادرة عن المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، العدد 24، صفحة:38–45

المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2018). منشورات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2018). الكتاب السنوي للإحصائيات الزراعية العربية، السودان، الخرطوم. المجلد (36).

يعقوب، رلى؛ يوسف نمر (2010). تقانات إنتاج محاصيل الحبوب والبقول، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة الزراعية.

Acevedo, E. H.; Silva, P. C.; Silva, H. R. and Solar, B. R. 1999. Wheat production in Mediterranean environments. In: Satorre, E. H., Slafer, G. A. (Eds.), Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Products Press, New York. P. 295–323.

Acevedo, E., 1991. Important of winter cereal crops in Mediterranean environment. Use of yield morphological and physiological traits. In. physiological breeding of winter cereal for stressed Mediterranean environment. Montpellier .France .Les colloquies de I, INRA, 55.

Acevedo, E., Craufurd, P.Q., Autin, R. D. and Perez Marco. 1991. Trait associated with high yield in barley in low rainfall environments. J. *Agric Sci. Camb*. 116:23-36.

Acevedo, E., P. Silver, H.Silver, and B. Solar. 2000. Wheat production in Mediterranean environments. In. Wheat ecology and physiology of yield determination. Food Products Press, An Imprint of the Haworth Press, Inc. New York. London, Oxford, pp. 296-331.

Araus, J.L., T. Amaro, Y. Zuhair, and M.M. Nachit. 1997. Effect of leaf structure and water status on carbon isotope discrimination in field grown durum wheat. Plant Cell Environ, 20:1484-1494.

Arupratan Ghosh and Jana, p. k., 2005. Dryland farming- A concept of future Agriculture-text book, Kalyani publication, P.12.

Ayers, A. D., Brown, J. W. and Wadleigh, C. H., 1992. Salt tolerance of Barley and Wheat in soil plots receiving several salinization regimes. Agron. J. 307-310.

Ayers, A.D., 1993. Germination and emergence of several varieties of Barley in salinized soil cultures. Agron. J. 45, 68-71.

Blum, A. 1997. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. uphytica 100: 77–83.

Condon, A. G., R. A. Richards, and G. D. Farquhar. 2004. Breeding for high water-use efficiency. J. Exp. Bot., 55: 2447-2460.

DeCondelle, 1986. Origin of Cultivated Plants, Kegan Paul, Trench & Co. London.

Evans, D. A. Sharp, W. R. Ammirato, P.V. and Yamada, F., 1983. Handbook of plant cell culture, Vol. I. Techniques for propagation and breeding, Macmillan, NewYork.

FAO, 2018. Statistics of Food and Agriculture Organization. Rome, Italy.

George Acquaah, 2002. Principles of Crop Production, Theory, Techniques and Technology, Text Book, Prentice Hall of India Private Limited Publication, NewDelhi, India.

Grausgruber, H., H. Bointner, R. Tumpold, and P. Ruckenbauer. 2002. Genetic improvement in grain yield, yield components and agronomic traits of spring barley. University of Agricultural Sciences, Dept. Plant Breeding, Veinna, Austria. p.p.268-273.

Gururaj Hunsigi and Krishna, K. R., 1998. Science of Field Crop Production. Text Book, Oxford and IBH Publishing CO. PVT. LTD, NewDelhi, India.

Harlan, J, R. and Dewet, J, M, J., 1972. A Simplified Classification of Cultivated Crops. Crop Sci. 12: 172-176.

Jaber, B., Shaherly, M. and Hadid, M., 2009. Breeding of Field Crops. Test Book, Damascus University publication.

Nachit, M. M. 1992. Durum wheat breeding for Mediterranean dry land of North Africa and West Asia. In Discussion on Durum wheat: Challenges and Opportunity. Durum wheat Workshop, CIMMYT, Ciudad Obregon. Mexico. March, pp. 23-25.

Nachit, M. M. 1998. Durum breeding research to improve dryland productivity in the Mediterranean region. In SEWANA (South Europe, West Asia and north Africa) Durum Research Network, pp.1-15.

Rathore, P. S., 2002. Techniques and Management of Field Crop Production, Text Book, Updesh Purohit for Agrobios Publication, India.

Reddy, S. R., 2003. Principles of Crop Production. Text Book. Kalyani Publication, NewDelhi, India.

Reddy, S. R., 2004. Agronomy of Field crops. Text Book. Kalyani Publication, NewDelhi, India.

Royo, C., N. Aparicio, D.Villegas, J. Casadesus, P. Monneveux, and J.L. Araus, 2003. Usefulness of spectral reflectance indices as durum wheat yield predictors under contrasting Mediterranean environments. Int. J. Remote Sens., 24: 4403-4419.

Slafer, G. A., J. L. Araus, and R. A. Richards. 2000. Physiological traits that increase the yield potential of wheat. in:Wheat Ecology and Physiology of Yield.

Vavilov, N, I., 1926. Studies on the Origin of Cultivated Plants, Bulletin of Applied Botany and Plant Breeding. VVI. 16 (2).

Villegas, D. L. F. Garcia del Moral, Y. Rharrabti, V. Martos, and C. Royo. 2007. Morphological traits above the flag leaf node as indicators of drought susceptibility index in durum wheat. J.Agronomy & Crop Science, 193: 103-116

Yellamanda Reddy, T. and Sankara Reddy, G. H., 2002. Principles of Agronomy. Text Book. Kalyani Publication, NewDelhi, India.