١-تعديل مواعيد الزراعة والحصاد.

٢-التوسع فى زراعة المحاصيل فى مناطق أكثر ملاءمة.

٣-تغيير التراكيب الوراثية والأنواع بحيث تكون أكثر ملاءمة للتغيرات المناخية وأكثر تحملاً للشدّ الحرارى.

٤-تربية جيرمبلازم جديد بصفات محسنة.

٥-تعديل معدلات التسميد وممارسات الرى.

٦-تطبيق التنبؤات بحالة الجو لأجل تقليل الأخطار فى الإنتاج (Ainsworth & Ort ٢٠١٠).

مراجع فى تأثير التغيرات المناخية على الإصابات المرضية ومكافحتها

يمكن الاطلاع على تفاصيل تأثيرات التغيرات المناخية على الإصابات المرضية والأمن الغذائى فى Chakraborty & Bewton (٢٠١١)، وNewton وآخرين (٢٠١١)، وEastburn وآخرين (٢٠١١)، وتأثيرها على استراتيجيات المكافحة فى Juroszek & Tiedemann (٢٠١١)، كما يتناول El-Hmmady وآخرون موضوع التغيرات المناخية وتأثيراتها على الزراعة.

تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون على النمو المحصولى تحت ظروف الحقل

تستفيد النباتات من زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء المحيط بها، وهو أمر تؤكده عديد من الدراسات التى أجريت على النباتات النامية فى البيوت المحمية فى المناطق التى لا تلزم فيها التهوية لخفض درجة الحرارة، وخاصة عندما تكون حرارة الهواء الخارجى شديدة الانخفاض؛ الأمر الذى يخشى معه من حدوث انخفاض شديد فى درجة الحرارة داخل الصوبة عند تهويتها، أو الذى تترتب عليه

زيادة كبيرة فى تكلفة التدفئة؛ ولذا يلجأ منتجو الخضر المحمية فى تلك المناطق إلى زيادة تركيزَ الغاز — بالوسائل الصناعية — فى جو الصوبة.

ونظرًا لصعوبة التحكم فى تركيز الغاز فى الزراعات المكشوفة؛ لذا.. لم يحاول أحد من الباحثين دراسة تأثير تركيز الغاز فى مثل هذه الظروف، إلا أن الأنفاق المنخفضة يمكن أن تمثل بيئة محددة يمكن التحكم فيها فى الأيام التى لا يجوز فيها فتحها لتهويتها بسبب شدة انخفاض الحرارة فى الجو الخارجى. ففى مثل هذه الظروف ينخفض تركيز الغاز بشدة من جَرّاء استنفاذه فى عملية البناء الضوئى، وتفيد زيادة تركيز الغاز — فى ظروف كهذه — فى زيادة المحصول. وتكون الزيادة فى المحصول أكبر عند زيادة تركيز الغاز عن المستوى الطبيعى له فى الهواء الجوى.

التباين فى تأثير الغاز

ازداد الاهتمام فى الآونة الأخيرة بدراسة تأثير زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى على عديد من المحاصيل الزراعية. وبصفة عامة.. يتباين مدى الاستجابة حسب المحصول وإذا ما كان C_3 أم C_4، وبحسب حالة النيتروجين والرطوبة فى التربة.

وكما كان متوقعًا.. فإن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أحدثت زيادة كبيرة فى معدل البناء الضوئى وإنتاج الكتلة العضوية والمحصول فى الأنواع الـ C_3 (مثل القمح والراى والأرز والبرسيم الأبيض والبطاطس والقطن والعنب)، وبدرجة قليلة فى الأنواع الـ C_4 (مثل السورجم)، لكن زيادة ثانى أكسيد الكربون أحدثت نقصًا فى توصيل الثغور والنتح فى كل من الأنواع الـ C_3 والـ C_4، وحسّنت كثيرًا من كفاءة استخدام الماء فى كل المحاصيل. وكان تحفيز النمو فى ظروف شدّ الرطوبة الأرضية بنفس القدر — أو أكبر — مقارنة بتحفيز النمو فى ظروف توفر الرطوبة. كما كان تحفيز النمو فى غير البقوليات منخفضًا فى ظروف انخفاض مستوى النيتروجين فى التربة، بينما حفّزت

زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون — بشدة — من نمو البرسيم الأبيض (وهو بقولى) فى ظروف كل من توفر النيتروجين ونقصه. وقد ازداد نمو الجذور بصفة عامة أكثر من تحفيز النموات الخضرية (Kimball وآخرون ٢٠٠٢).

النمو النباتى والبناء الضوئى

فى دراسة أجريت على الخيار والكوسة والطماطم، أضيف الغاز إلى أنفاق الزراعة — من خلال أنابيب الرى بالتنقيط فى غير أوقات الرى — بحيث ظل تركيز الغاز داخل النفق يتراوح بين ٠,٧٪ و١٪ (يبلغ التركيز الطبيعى للغاز حوالى ٠,٣٥٪) خلال فترة الإضاءة يوميًّا لمدة حوالى أربعة أسابيع بعد الإنبات. وقد أدت هذه المعادلة إلى زيادة الوزن الجاف للنباتات، وزيادة المحصول بنسبة ٣٠٪ للخيار، و٢٠٪ للكوسة، و٣٢٪ للطماطم. وقد شكّلت التغذية بثانى أكسيد الكربون أقل من ١٠٪ من التكلفة الإجمالية السابقة للحصاد (عن Hartz وآخرين ١٩٩١).

كما درس Fierro وآخرون (١٩٩٤) تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون من ٣٥٠ إلى ٩٠٠ جزء فى المليون لمدة ثمانى ساعات يوميًّا — خلال فترة إنتاج الشتلات داخل البيوت المحمية — على نمو محصولى الطماطم والفلفل عند زراعتهما بعد ذلك تحت ظروف الحقل. ووجد الباحثون أن هذه المعاملة أدت — عند زيادة الإضاءة لمدة ٣ أسابيع قبل الشتل — إلى زيادة وزن الشتلات الجاف بنسبة حوالى ٥٠٪ للنموات القمية، و٤٩٪، و٦٢٪ للنمو الجذرى فى كل من الطماطم والفلفل على التوالى، بينما ازداد المحصول فيهما بنسبة ١٥٪، و١١٪ على التوالى.

إن النمو النباتى يمكن أن يزداد بزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى، جراء حدوث زيادة فى معدل البناء الضوئى؛ وما يترتب على ذلك من زيادة فى المحصول. كذلك فإن زيادة تركيز غاز أكسيد الكربون يمكن أن تزداد معها كفاءة استخدام النبات للماء، وما يترتب على ذلك من انخفاض فى استعمال الماء. ويمكن

الرجوع إلى Prior وآخرين (٢٠١١) لمزيد من التفاصيل فى هذا الأمر.

هذا.. وتبلغ أقصى كفاءة لجهاز البناء الضوئى فى تحويل الطاقة الشمسية إلى كتلة حيوية ٤,٦٪ فى النباتات الـ C_3 على ٣٠°م، مع تواجد ثانى أكسيد الكربون بالتركيز الحالى وهو ٣٨٠ جزءًا فى المليون، وتزيد الكفاءة إلى ٦٪ فى النباتات الـ C_4، لكن تلك الميزة للنباتات الـ C_4 تختفى عندما يقترب تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى من ٧٠٠ جزء فى المليون (Zhu وآخرون ٢٠٠٨).

الإصابات المرضية

تُحدث زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى تغيرات نباتية فسيولوجية وتشريحية ومورفولوجية قد تلعب دورًا فى زيادة مقاومة النباتات للأمراض، ومن بين تلك التغيرات، ما يلى:

١- تسمح زيادة معدل البناء الضوئى – فى ظروف زيادة ثانى أكسيد الكربون – بتوفير النواتج الأيضية التى تُسهم فى المقاومة.

٢- يعمل نقص كثافة الثغور ودرجة توصيلها فى ظروف زيادة ثانى أكسيد الكربون على زيادة المقاومة للأمراض.

٣- من بين التغيرات الأخرى التى تُصاحب زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون، وقد تُسهم فى زيادة المقاومة: زيادة تراكم المواد الكربوهيدراتية فى الأوراق، وزيادة الطبقة الشمعية، وزيادة عدد طبقات البشرة وعدد خلايا النسيج الوسطى (الميزوفيل)، وزيادة محتوى الألياف، وزيادة تمثيل الفينولات ضمن غيرها من مركبات الأيض الثانوية.

٤- يُصاحب زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إنتاج الحلمات الصغيرة papillae وتراكم السيليكون فى مواقع اختراق المسببات المرضية للنبات (Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change ٢٠٠٧).

القيمة الغذائية

ازداد محصول الجزر بنسبة ٦٩٪، والفجل بنسبة ١٣٩٪، واللفت بنسبة ٧٢٪ عندما زرعت فى ظروف ارتفاع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء. كما أحدثت زيادة تركيز الغاز نقصًا جوهريًا فى محتوى كل الخضر من البروتين (ومعظم الأحماض الأمينية) وفيتامين C والدهون (ومعظم الأحماض الدهنية)، بينما أحدثت زيادة فى محتوى الخضر فى كل من السكر والألياف. وصاحبت زيادة تركيز الغاز — كذلك — نقصًا جوهريًا فى محتوى الخضر من كثير من العناصر المعدنية الهامة (Azam وآخرون ٢٠١٣).

مراجع فى تأثير زيادة ثانى أكسيد الكربون بالهواء الجوى

- Kimball وآخرون (٢٠٠٢): الاستجابات الفسيولوجية للمحاصيل الزراعية لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى.
- Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change (٢٠٠٧): تجميع لخلاصات البحوث فى موضوع تأثير زيادة ثانى أكسيد الكربون والتغيرات المناخية على الإصابات المرضية.