الأساس الفسيولوجى لأضرار الغدق على النباتات

يبلغ معدل انتشار الأكسجين فى الماء ٠,٠١٪ من معدل انتشاره فى الهواء؛ ولذا ينخفض — كثيرًا — معدل توفر الأكسجين للجذور فى الأراضى الغدقة. ويتوفر الهواء فى نحو ١٠٪ - ٣٠٪ من المسافات البينية بين حبيبات التربة عند السعة الحقلية، ولكن هذه النسبة تنخفض — تدريجيًّا- بزيادة الرطوبة عن السعة الحقلية، إلى أن ينعدم الهواء تمامًا عندما تكون التربة مشبعة بالماء، وهى التى تعرف بالتربة الغدقة flooded أو التربة "المطبّلة" Water Logged، وهى التى يرتفع فيها مستوى الماء الأرضى.

إن السبب الأساسى لجميع الأعراض التى يحدثها غدق التربة فى النباتات هو سرعة نفاذ الأوكسجين الموجود فى التربة (سواء منه المحتجز ضمن الهواء فى المسافات الضيقة بين حبيبات التربة، أم الذائب فى الماء)؛ وذلك بسبب تنفس جذور النباتات وكائنات التربة الدقيقة.

ونظرًا لصعوبة انتشار أوكسجين الهواء الجوى فى الأراضى الغدقة؛ لذا.. فإن تجديد أوكسجين التربة — فى هذه الظروف — لا يتم بالكفاءة اللازمة. ويترتب على ذلك إجبار الجذور على أن تتحول من التنفس الهوائى إلى التنفس اللاهوائى؛ الأمر الذى يؤدى إلى اختلال النشاط الأيضى، ونقص إنتاج الـ ATP، مع تراكم نواتج التنفس اللاهوائى السامة، وسرعة استهلاك المركبات العضوية.

ويؤدى نقص الطاقة الميسرة للجذور إلى نقص امتصاص الماء والعناصر الغذائية وانتقالها فى النبات. كما يؤثر اختلال النشاط الأيضى فى الجذور — سلبيًّا — على التوازن الهرمونى فى النمو القمى، وعلى تمثيل الجبريللينات والسيتوكينينات وانتقالها فى الجذور. كذلك يزيد تركيز الأكسجين فى سيقان النباتات؛ نتيجة لعدم انتقاله إلى الجذور، أو بسبب تثبيط نشاط إنزيم IAA-oxidase فى السيقان.

ويتبين من دراسات Bolton & Erickson (١٩٧٠) — على الطماطم — أن تعريض

النباتات للغدق يؤدى إلى زيادة تركيز الكحول الإيثيلى فى أوعية الخشب، وأن تركيز الكحول كان متناسبًا مع شدة النقص فىَ الأكسجين الذى تتعرض له الجذور من جَرّاء الغدق.

ولقد تأثر امتصاص جذور الخيار للماء فى المزارع المائية — كثيرًا بتركيز الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى؛ ففى تركيزات ٠,٠١، و٠,١، و٠,٢ مللى مول من الأكسجين (تحت ظروف بيئية موحَّدة: ٢٥°م، و٧٠٪ رطوبة نسبية، وإضاءة ١٢ ساعة) كان امتصاص النباتات اليومى من الماء ١٦٤، و١٨٦، و٢٣٥ جرامًا، على التوالى. ويبدو أن انخفاض امتصاص الجذور للماء عند نقص تركيز الأكسجين الذائب كان مرده إلى تأثير نقص الأكسجين على عمليات التنفس التى تعتمد عليه. وتجدر الإشارة إلى أن امتصاص الماء ازداد بشدة تحت ظروف الإضاءة، مقارنة بالامتصاص فى الظلام، وذلك فى جميع تركيزات الأكسجين فى المحلول المغذى (Yoshida وآخرون ١٩٩٦).

وتبين من دراسات Bradford & Dilley (١٩٧٨) — على الطماطم — أن التأثير الأولى والأساسى للغدق هو حجب الأكسجين عن الجذور؛ الأمر الذى يكون كافيًا لزيادة إنتاج الإثيلين فى النموات الخضرية. وقد أدت معاملة النباتات بنترات الفضة — وهى مثبط لفعل الإثيلين — قبل تعريضها للغدق إلى منع ظهور حالة التواء أعناق الأوراق إلى أسفل تمامًا؛ الأمر الذى يبرهن على أن الإثيلين هو المسئول عن الأعراض التى تظهر عند تعرض النباتات لحالة الغدق.

إن أول ما يصاحب الأعراض التى يسببها غدق التربة زيادة فى إنتاج الإثيلين فى سيقان وأوراق النباتات.

وربما يرجع التضخم الذى يلاحظ أحيانًا بقواعد السيقان وتكوّن الجذور العرضية إلى الإثيلين. كما لوحظ أن البرولين proline الحر (غير البروتينى) يزداد تركيزه فى النباتات المعرضة لظروف الغدق (Kuo & Chen ١٩٨٠).

وأهم ما يميز النباتات التى تعانى ارتفاع منسوب الماء الأرضى هو اتجاه نمو أعناق الأوراق لأسفل، وهى الحالة المعروفة باسم epinasty. وترجع هذه الظاهرة إلى زيادة نمو الخلايا على السطح العلوى لأعناق الأوراق، عنه على السطح السفلى. وهذه الظاهرة لا تكون مصاحبة بذبول النباتات؛ لأنها — أساسًا — ظاهرة نمو يلزم معها أن تكون الخلايا منتفخة turgid وطبيعية.

ومن المعروف أن تعرض النباتات للإثيلين يُحْدِثُ أعراض الـ epinasty، حتى لو كان التعرض لتركيزات منخفضة جدًا. وقد أوضحت الدراسات أن مستوى الإثيلين فى النباتات التى تعانى من ارتفاع منسوب الماء الأرضى يزيد عما هو فى النباتات التى تنمو فى ظروف طبيعية. كذلك وجد أن مثبطات فعل الإثيلين (مثل أيونات الفضة، ومشتقات البنزوثياديازول benzothiadizol) تمنع حدوث الـ epinasty عند التعرض للغدق. وقد لوحظ أن معاملة نباتات الطماطم بالإثيفون ethephon مع ماء الرى قد أحدثت تأثيرًا مماثلاً لتأثير الغدق (Bradford & Yang ١٩٨١).

ويستدل من دراسات Singh وآخرين (١٩٩١) — على الفاصوليا — على أن تعريض النباتات للغدق — ولو لمدة يوم واحد — يقلل معدل البناء الضوئى، وينقص الوزن الجاف للنبات، ويتوقف مدى الانخفاض فيهما على مدة التعرض للغدق.

وتعد الزيادة الكبيرة فى تركيز الإثيلين من أبرز التغيرات الهرمونية التى تحدث فى النباتات تحت ظروف الغدق. وقد تبين أن تركيز مركب 1-aminocycloprpane carboxylic acid (يكتب اختصارًا: ACC) يزيد فى الطماطم تحت ظروف الغدق، وهو الذى يتحول فى النباتات إلى إثيلين، بينما يقل أو يثبَّط تحوله إلى إثيلين فى الظروف الهوائية. لذا.. يعتقد أنه يتراكم فى الجذور تحت ظروف الغدق، ثم ينتقل إلى النموات الخضرية (التى يتوفر لها الأكسجين)، ليتحول فيها إلى إثيلين. ويعد الإثيلين هو المسئول عن اتجاه أعناق الأوراق إلى أسفل تحت ظروف الغدق.

كذلك يؤدى التنفس اللاهوائى إلى زيادة تركيز بعض العناصر — مثل الحديد والمنجنيز — إلى مستويات سامة (بسبب خفض التنفس اللاهوائى لـ pH التربة)، وتراكم بعض الأحماض العضوية (مثل حامض الخليك، والبروبيونيك، والبيوتيرك)، والمركبات الفينولية. (مثل الـ para-hydroxybenzoic، والـ para-cumaric)، والغازات (مثل ثانى أكسيد الكربون، والإثيلين، والميثان، وكبريتيد الأيدروجين) إلى مستويات ضارة بالنمو النباتى.

ويؤدى التنفس اللاهوائى إلى عدم توفر الطاقة اللازمة لاستمرار بقاء الأغشية الخلوية بصورة طبيعية؛ الأمر الذى يفقدها بعض خصائصها الهامة للنبات.

وتنشط فى الأراضى الغدقة عمليات تحول الآزوت العضوى (الموجود فى المادة العضوية والذى يعتمد عليه النبات كمصدر للنيتروجين) إلى الصورة الغازية، فيما يعرف بالـ denitrification، كما تغسل وتفقد النترات من التربة بسبب كثرة محتواها الرطوبى؛ ويترتب على ذلك افتقار النباتات إلى النيتروجين وظهور أعراض نقصه (عن Krizek ١٩٨٢).

خصائص النباتات التى تتحمل النمو فى الأراضى الغدقة

من أهم الخصائص التى تتميز بها النباتات التى يمكنها النمو فى ظروف نقص الأكسجين فى الأراضى الغدقة ما يلى:

١- زيادة المسافات البينية فى نسيج القشرة، لتكون بمثابة قنوات بامتداد الجذور، تسمح بمرور الغازات بينها وبين النموات الخضرية للنبات. وتعرف الخلايا البرانشيمية التى توجد فى المسارات الهوائية باسم البرانشيمات الهوائية Aerenchyma. تظهر تلك المسافات الهوائية — بوضوح — فى الأرز، والسراخس، وعديد من النباتات المائية؛ كما تظهر فى النباتات التى تتحمل الغدق من القمح، والشعير، والذرة، ودوار الشمس، والطماطم. وفى كثير من الحالات توفر هذه القنوات