ويلزم فى حالتى الرى بالغمر أو بالرش - إعطاء الحقل رشتان بأسمدة العناصر الدقيقة بعد حوالى ٣، و ٧ أسابيع من الإنبات.

ويتعين إعطاء عناية خاصة للتسميد بالبورون على النحو التالى:

١ - إضافة ١,٥-٢,٥ كجم بورون إلى التربة - نثرًا - أثناء إعداد الحقل للزراعة كما أسلفنا، ويكفى ذلك القدر إن لم تكن هناك مشاكل تتعلق بعدم تيسر البورون للنباتات.

٢ - رش النباتات مرتين إلى ثلاث مرات بالبورون بمعدل ٠,٥ كجم بورون فى ١٠٠-٤٠٠ لتر ماء للفدان عند بداية انتفاخ الجذور، وعندما يبلغ قطرها ٣,٥-٥ سم، ثم بعد ١٠-١٤ يومًا أخرى.

الفسيولوجى

أهمية الصوديوم للنبات

بداية .. لا يعد الصوديوم عنصرًا ضروريًا للبنجر، ولكن النباتات تستفيد من تواجده، وخاصة عند نقص البوتاسيوم. وقد أظهرت دراسات عديدة التأثير المحفز للصوديوم على نمو نباتات البنجر ومحصول الجذور، ويستثنى من ذلك التأثير السلبى للملوحة على إنبات البذور ونمو البادرات الصغيرة، فقد انخفضت نسبة إنبات بذور بنجر المائدة من حوالى ٩٠٪ فى الكنترول إلى ٦١٪ عند زيادة تركيز كلوريد الصوديوم إلى ٥٠ ملى مولار، وإلى ٢١٪ عند تركيز ١٠٠ ملى مولار، كما ذبلت وماتت البادرات عندما تعرضت بصورة فجائية لأى من التركيزين (Uno وآخرون ١٩٩٦).

وتمتص نباتات البنجر أيونات الصوديوم، والبوتاسيوم، والكلورين بقدر يتناسب مع الكميات الميسرة من كل منها فى محيط الجذور خلال موسم النمو؛ بما قد يؤدى أحيانًا إلى زيادة تركيز تلك العناصر فى الجذور بدرجة كبيرة.

وقد تساوى محصول البنجر عندما إضيفت كميات متساوية من أى من كلوريد البوتاسيوم أو كلوريد الصوديوم (Peck وآخرون ١٩٨٧).

وأحدثت زيادة تيسر الصوديوم فى التربة - بإضافة كلوريد الصوديوم - زيادة خطية فى تركيز الصوديوم فى جميع أجزاء النبات. وقد كان تركيز الصوديوم فى أعناق

الأوراق وأنصالها فى منتصف موسم النمو دليلاً جيدًا على مستوى العنصر فى الجذور.

ووجد أن البنجر يستفيد من إضافة نحو ٢٥٠-٥٠٠ كجم من ملح الطعام للفدان فى الأراضى العضوية، والمعدنية فى المناطق الكثيرة الأمطار. وترجع الاستجابة إلى أيون الصوديوم فقط.

ولا ينصح - بطبيعة الحال - بالتسميد بكلوريد الصوديوم فى الأراضى القاحلة، لأنها تكون ملحية بطبيعتها.

كذلك أوضح Takahashi وآخرون (١٩٩٧) أن نمو نباتات البنجر كان طبيعيًا - وأفضل مما فى معاملة المقارنة - عندما خُفِّض مستوى البوتاسيوم وزيد مستوى الصوديوم، بينما ظهرت أعراض نقص البوتاسيوم وقل النمو إلى النصف - مقارنة بالكنترول - عندما خُفِّض مستوى البوتاسيوم بغير زيادة فى مستوى الصوديوم. ويعنى ذلك أن توفر الصوديوم وامتصاصه عوض نقص البوتاسيوم، كما حل الصوديوم محل البوتاسيوم فى توفير الضغط الأسموزى اللازم فى السيتوبلازم.

وقد درس Subbarao وآخرون (١٩٩٥) المدى الذى يمكن الذهاب إليه فى إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم (إحلال بنسبة صفر، و٧٥، و ٩٥، و٩٨٪) فى صنفين من البنجر، هما: Ruby Queen ، و Klein Bol نُميَا لمدة ٤٢ يومًا مع استعمال محلول هوجلند المغذى بنصف قوته فى تقنية الغشاء المغذى. أظهرت الدراسة أن الوزن الكلى للصنف Ruby Queen كان أعلى ما يمكن عندما حل الصوديوم محل البوتاسيوم بنسبة ٩٨٪. وبالمقارنة .. نقص الوزن الكلى لنباتات الصنف Klein Bol بنسبة ٧٥٪ عندما كان الإحلال بنسبة ٩٨٪. وقد استبدل نحو ٩٥٪ من البوتاسيوم - فى كلا الصنفين - بالصوديوم، عندما كان الإحلال بنسبة ٩٨٪، حيث انخفض تركيز البوتاسيوم فى الأوراق من ١٢٠ جم /كجم وزن جاف عند صفر٪ صوديوم إلى ٣,٥جم/كجم وزن جاف عند نسبة إحلال ٩٨٪. هذا بينما لم يتأثر تركيز الكلوروفيل بالأوراق، ومعدل البناء الضوئى، والجهد الأسموزى - فى أى من الصنفين - بنسبة الإحلال. وقد تضاعف مستوى الجليسين بيتين glycine betaine فى الأوراق عند مستوى إحلال ٧٥٪ فى

الصنف Klein Bol، ولكنه انخفض فى مستويات الإحلال الأعلى من ذلك. وبالمقارنة .. استمر مستوى الجليسين بيتين فى الصنف Ruby Queen عاليًا فى مستويات الإحلال العالية.

وفى دراسة أخرى على نفس الصنفين (Klein Bol، و Ruby Queen) نُميًا تحت الظروف ذاتها (لمدة ٤٢ يومًا مع استعمال محلول هوجلند المغذى بنصف قوته فى تقنية الغشاء المغذى)، ولكن مع توفير البوتاسيوم بتركيز ٥,٠، أو ١,٢٥، أو ٠,٢٥، أو ٠,١٠ ملى مولار، والصوديوم – فى كل الحالات – بتركيز ٥٠ ملى مولار، وجد ما يلى:

١ – أدى خفض مستوى البوتاسيوم من ٥,٠ إلى ٠,١٠ ملى مولار إلى زيادة امتصاص الصوديوم بمقدار أربعة أضعاف، ووصل مستوى الصوديوم فى أنصال الأوراق إلى ٢٠ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف

٢ – رافق ذلك انخفاض فى مستوى البوتاسيوم فى أنصال الأوراق من ٦٠ جزءًا فى المليون (على أساس الوزن الجاف) عند تركيز للبوتاسيوم قدره ٥,٠ ملى مولار إلى ٤,٠ أجزاء فى المليون عند تركيز ٠,١٠ ملى مولار.

٣ – أظهر الصنف Klein Bol نقصًا خطيًا فى إنتاج المادة الجافة مع النقص فى البوتاسيوم الميسر، بينما ازداد النمو فى الصنف Ruby Queen عند تركيز ١,٢٥ ملى مولار للبوتاسيوم، وكان غير حساس نسبيًا لاستمرار نقص البوتاسيوم حتى ٠,١٠ ملى مولار.

٤ – لم يتأثر محتوى الأوراق من الجليسين بيتين بتغير مستوى البوتاسيوم فى المحلول المغذى.

٥ – ازداد محتوى الأوراق النسبى من الماء والجهد الأسموزى بها جوهريًا فى كلا الصنفين فى المستويات المنخفضة من البوتاسيوم الميسر.

٦ – انخفض محتوى الأوراق من الكلوروفيل جوهريًا فى المستويات المنخفضة من البوتاسيوم، ولكن لم يتأثر معدل البناء الضوئى فيها جوهريًا.

٧ – لم تلاحظ تغيرات كبيرة فى تركيز الكاتيونات الكلى فى الأنسجة النباتية على الرغم من التغيرات الكبيرة التى حدثت فى معدل الامتصاص النسبى لكل من الصوديوم والبوتاسيوم عند مختلف تركيزات البوتاسيوم.

٨ – بلغ امتصاص الصوديوم ٩٠٪ من الكاتيونات الكلية المتصة فى المستويات المنخفضة من البوتاسيوم؛ بما يعنى أن الصوديوم حل محل البوتاسيوم فى الوظائف الأسموزية دون التأثير سلبيًا على النبات أو حالته المائية.

٩ – كان الصنف Ruby Queen أكثر تحملاً عن الصنف Klein Bol لزيادة تركيز الصوديوم فى أنسجته قبل أن يظهر عليه أى نقص فى النمو (Subbarao وآخرون ٢٠٠٠).

الإزهار والإزهار المبكر

يعد الإزهار flowering، والإزهار المبكر premature seeding اسمين لظاهرة واحدة، مفادها اتجاه النباتات نحو النمو الزهرى، ولكن يعنى بالأولى – الإزهار المرغوب فيه عند إنتاج البذور، بينما يعنى بالثانية الإزهار غير المرغوب فى حقول إنتاج محصول الجذور.

تتهيأ نباتات البنجر للإزهار عند تعرضها لدرجات حرارة منخفضة، وتتجه نحو الإزهار – أى تستطيل شماريخها الزهرية – عند ارتفاع درجة الحرارة وزيادة الفترة الضوئية. فقد أوضحت دراسات كروبوتشك Chroboczek عام ١٩٣٤ (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧، و Piringer ١٩٦٢) أن تعريض نباتات البنجر الصغيرة من الصنف كروسبس اجيبتشيان Crosby's Egyptian لحرارة تراوحت بين ٤ و ١٠°م، أدى إلى إزهار بعض النباتات عندما كانت المعاملة لمدة ١٥ يومًا، وإزهار نحو ٥٠٪ من النباتات عندما كانت المعاملة لمدة ٣٠ يومًا، ومعظم النباتات عندما كانت المعاملة لمدة ٦٠ يومًا.

ومن النتائج الأخرى التى توصل إليها كروبوتشك ما يلى:

١ – كانت النباتات الصغيرة أقل حساسية لمعاملة الحرارة المنخفضة – وهو ما يعرف الآن بتأثير فترة الحداثة، أى الفترة التى لا تستجيب خلالها النباتات لمعاملة الارتباع.

٢ – زال أثر الارتباع بتعريض النباتات لحرارة ٢١–٢٧°م، بعد تعريضها للحرارة المنخفضة، ويعرف هذا التاثير باسم devernalization.

٣ – تأثرت استجابة النباتات للحرارة المنخفضة بالفترة الضوئية، حيث أدى

تعرضها لفترة ضوئية أقصر من ١٢ ساعة إلى منع نمو الشمراخ الزهرى أو تأخيره، بينما أدى تعريضها لفترة ضوئية أطول من ١٤ ساعة إلى إسراع نمو الشمراخ الزهرى.

اللون والصبغات

يرجع اللون الأحمر المميز لجذور البنجر إلى صبغات البيتالينات betalains (تعرف كذلك باسم البيتانينات betanines)، وهى التى تشتق من حامض البيتالامك betalamic acid، وتنقسم إلى مجموعتين:

١ - البيتاسيانينات betacyanins، وهى ذات لون أحمر قرمزى.

٢ - البيتازانثينات betaxanthins، وهى ذات لون أصفر.

وكلاهما يعتبر بديلاً طبيعيًا جيدًا للصبغات الصناعية. وقد أمكن بالانتخاب زيادة محتوى سلالات البنجر من البيتالينات (Goldman وآخرون ١٩٩٦).

ويتحدد لون الجذر بالنسبة بين الصبغتين، وهى التى تختلف باختلاف الأصناف، وتتغير أثناء النمو، وباختلاف الظروف البيئية (Yamaguchi ١٩٨٣).

هذا .. وينخفض تركيز البيتانين فى جذور البنجر بعد تخطيها مرحلة النمو المناسبة للحصاد؛ ففى إحدى الدراسات انخفض التركيز فى سبعة أصناف من ٩٩ مجم/ ١٠٠مل من العصير الخلوى للجذر بعد مائة يوم من الزراعة إلى ٨٤ مجم/١٠٠مل بعد ٤٠ يوم أخرى (Michalik & Grzebelus ١٩٩٥).

وقد قام Takács-Hájos (١٩٩٩) بدراسة مكونات اللون فى جذور خمسة أصناف من بنجر المائدة (هى: Bonel، و Nero، و Favorit، و Rubin، و Detroit)، ووجد ما يلى:

١ - أظهر الصنفان Bonel، وFavorit أعلى محتوى من البيتانين betanin (٥٠,٠٣، و ٤٩,٥٣ مجم/١٠٠جم على التوالى).

٢ - تباين محتوى الجذور من الأيزوبيتانين isobetanin بين ١٣,١٠، و ٢٦,٦٢ مجم/١٠٠جم فى مختلف الأصناف.

٣ - تراوح محتوى البيتانيدين betanidin بين ٢,٩٢، و ٦,٦٣جم/١٠٠ جم، والأيزوبيتانيدين isobetanidin بين ٠,٩٦، و ٢,٩٦ مجم/١٠٠ جم.

٤ – كان أعلى محتوى من الصبغات الكلية (٨١,٠١ مجم/١٠٠جم) مترافقًا مع محتوى منخفض من البيتانين (٤٦,٢٦ مجم/١٠٠ جم)، وكذلك مع محتوى عالٍ من كل من الأيزوبيتانين (٢٥,١٦ مجم/١٠٠جم)، والبيتانيدين (٦,٦٣ مجم/١٠٠جم)، والأيزوبيتانيدين (٢,٩٦ مجم/١٠٠جم).

٥ – احتوى الصنف Nero على أقل محتوى كلي من الصبغات (٥٧,٤٣ مجم/١٠٠جم)، ولكنه احتوى على أعلى نسبة (٧٠٪ تقريبًا) من البيتانين.

العيوب الفسيولوجية

التبقع الأسود الداخلي

يؤدى نقص البورون إلى إصابة البنجر بعيب فسيولوجى يعرف بأسماء مختلفة، هى: التبقع الأسود الداخلى internal black spot، والقلب الأسود black heart، والقلب البنى Brown heart، وعفن القلب heart rot.

تبدأ أعراض نقص البورون بظهور بقع قاتمة اللون على أسمك جزء من الجذر، مع تقزم النبات بصورة تدريجية، وتكون الأوراق أصغر من حجمها العادى وأقل عددًا، وتظهر بها تغيرات لونية عبارة عن خليط من الأصفر والأحمر القرمزى، بينما تظهر تفلقات طولية بامتداد عنق الورقة وعرقها الوسطى. وكثيرًا ما تصبح الأوراق ملتوية، كما قد تصبح أعناق الأوراق الصغيرة فى مركز تاج النبات سوداء اللون. وفى حالات النقص الشديدة للبورون تبقى الأوراق صغيرة جدًا ومشوهة وتكون خشنة اللمس وتفقد لمعانها ونضارتها، كما قد يتشقق نصل الورقة ويتجعد (عن Purvis & Carolus ١٩٦٤).

وتبدأ أعراض الإصابة بالتبقع الأسود الداخلى على صورة بقع فلينية سوداء اللون، تنتشر فى الحلقات الفاتحة من الجزء المتضخم من الجذر، فى منطقة السويقة الجنينية السفلى (شكل ١٠–٦، يوجد فى آخر الكتاب). وتتباين تلك الأعراض من مجرد بقع صغيرة قليلة العدد ومنفصلة عن بعضها البعض إلى مساحات كبيرة مائية المظهر، أو حتى ظهور فراغات كبيرة فى منطقة القلب، مع حدوث تغير لونى شديد فى كل الجزء الداخلى من الجذر. وتجدر الإشارة إلى أن الحلقات الفاتحة اللون هى التى توجد بها أصغر الخلايا النشطة فى الانقسام أثناء نمو الجذر. ويظهر نقص البورون – كما هو

معروف عنه – فى الخلايا والأنسجة الحديثة. ويؤدى ظهور هذه الأعراض إلى خسائر كبيرة عند استخدام البنجر معلبًا؛ لأن هذه الأجزاء الفلينية تنفصل عن الجذر إلى السائل المستعمل فى التعليب، وترسب فى قاع العبوة؛ فتبدو كأجسام غريبة داخل العبوة.

تظهر أعراض الظاهرة خاصة فى الأراضى المتعادلة والقلوية؛ حيث يكون عنصر البورون غير ميسر للامتصاص بها. كما تظهر الأعراض فى الأراضى الرملية الخفيفة التى تتعرض للمطر الغزير أيًّا كان رقم حموضتها.

تعالج هذه الظاهرة بالتسميد بالبورون كما سبق بيانه تحت موضوع التسميد، وبزراعة الأصناف الأقل حساسية لنقص العنصر، مثل: لونج دارك بلض Long Dark Blood.

"التمنطق"

تتميز حالة التمنطق zoning بظهور حلقات حمراء متبادلة مع أخرى باهتة اللون فى القطاع العرضى للجذر. ويقل فى الحلقات الباهتة تراكم صبغة الأنثوسيانين الحمراء، وقد تكون تلك الحلقات بيضاء تمامًا فى الحالات الشديدة.

تزداد حدة هذه الحالة فى الجو الحار، وتختلف شدتها باختلاف الأصناف.

وتساعد الظروف الجوية المناسبة للمحصول – وهى الحرارة المعتدلة الارتفاع نهارًا والمعتدلة الانخفاض ليلاً – على اختفاء تلك الظاهرة.

الحصاد والتداول والتخزين

النضج والحصاد

تكون حقول البنجر جاهزة للحصاد – عادة – بعد ٦٠–٨٥ يومًا من الزراعة، وتطول المدة فى الجو البارد. يجرى الحصاد بتلقيح النباتات يدويًّا أو آليًّا.

يحصد البنجر لغرض الاستهلاك الطازج عندما تبلغ جذوره حجمًا مناسبًا للتسويق. وتعد أفضل الجذور هى التى يتراوح قطرها بين ٣ و ٣,٥ سم؛ لذا .. يفضل أن يجرى الحصاد عندما يكون قطر معظم الجذور بين ٢، و٥,٥ سم كما يوصى بإجراء الحصاد