بعض النقر ويصبح مموجًا أو مجعدًا عند انخفاض الرطوبة الأرضية، هذا بينما تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية بصورة دائمة إلى بروز نموات شبه فلينية عند قواعد الجذور الجانبية.

د - تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية لفترة طويلة إلى إحداث زيادة كبيرة فى عدد الجذور الجانبية التى تخرج من الجذور الخازنة؛ مما يجعلها تبدو شعرية، كما تعمل على زيادة التصاق التربة بها عند الحصاد.

٤ - درجة الحرارة:

يكون شكل الجذر مطابقًا لما يكون عليه الصنف فى حرارة ١٨°م، وتصبح الجذور أطول وأرفع فى حرارة ١٣°م، وأقصر وأسمك فى حرارة ٢٤°م. كما أن تغير درجة الحرارة - من ٧°م إلى ١٨°م بين الليل والنهار - يجعل الجذور أطول وارفع مما لو كانت الحرارة ثابتة عند ١٨°م. وإذا نمت النباتات فى حرارة ١٨°م حتى بداية زيادة الجذور فى السمك، ثم انخفضت الحرارة إلى ٧°م .. فإن ذلك يؤدى إلى توقف الزيادة فى سمك الجزء السفلى (أى الجزء العلوى من الجذر الوتدى)، بينما تستمر الزيادة فى سمك الجزء العلوى (أى فى السويقة الجنينية السفلى). ويؤدى الارتفاع، أو الانخفاض فى درجة الحرارة إلى جعل قمة الجذور مستدقة بدلاً من أن تكون مستديرة كما فى أصناف شانتناى، ونانتس. كذلك تؤدى الحرارة العالية إلى جعل الأكتاف حادة؛ أى ليست كاملة الاستدارة (عن Shoemaker ١٩٥٣).

وتحد الحرارة الأعلى عن ٢٥°م استطالة الجذور الخازنة وزيادتها فى القطر، فى الوقت الذى تحفز فيه النمو الجذرى الوتدى. كذلك قد تغير الحرارة العالية من شكل الجذر بإحداثها لاستطالة بسيطة فى الساق القرصية مما يجعل الجذر يبدو معنقًا، بينما لا يحدث ذلك فى الحرارة المعتدلة التى تبدو فيها الأكتاف مُحدَّدَة لبداية الجذر (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

لون الجذور ومحتواها من الصبغات

إن أهم الصبغات التى تتحكم فى مدى دكنة اللون البرتقالى فى جذور الجزر هى صبغتا الألفاكاروتين Alpha-Carotene، والبيتا كاروتين Beta-Carotene، وكلتاهما

مبادئ لفيتامين أ. وكلما ازداد تركيزهما ازدادت قيمة الجزر الغذائية، ويزداد اللون دكنة عند ارتفاع نسبة البيتا كاروتين إلى الألفا كاروتين (Bradley وآخرون ١٩٦٧)، إلا أن Laferriere & Gableman (١٩٦٨) وجدا عكس ذلك، حيث تراوحت نسبة البيتا كاروتين إلى الألفا كاروتين فى دراساتهم من ٧,٥ فى الجذور الصفراء إلى ١,٥ فى الجذور ذات اللون البرتقالى القاتم.

إن الصبغات المسئولة عن الألوان المختلفة لجذور الجزر، هى: البيتا كاروتين والألفا كاروتين للون البرتقالى، والليكوبين للون الأحمر، والأنثوسيانين للون الأرجوانى. هذا ولا يعد الأنثوسيانين من الصبغات الكاروتينية، كما لا يعد الأنثوسيانين والليكوبين من مبادئ فيتامين أ. كذلك توجد تركيزات منخفضة من الزانثوفيلات xanthophylls وهى من الكاروتينات وتوجد فى الجذور البرتقالية والصفراء، وخاصة فى الأخيرة.

يحتوى الجزر البرتقالى على حوالى ٩٠ جزءًا فى المليون من الكاروتينات الكلية التى تتوزع على مختلف الكاروتينات، كما يلى:

الكاروتين	النسبة (٪)
alpha-carotene	١٥-٤٠
beta- carotene	٤٥-٨٠
gamma- carotene	٢-١٠
zeta- carotene	صفر-٢
lycopene وكاروتينات أخرى	٣-٦

وقد يزيد محتوى الكاروتينات الكلى للجذور ذات اللون البرتقالى الداكن بنسبة تصل إلى ٥٠٪ (Peterson & Simon ١٩٨٦، و Salunkhe & Kadam ١٩٩٨).

وبدراسة ١٩ صنفًا من الجزر .. تراوح محتواها من الألفا كاروتين بين ٢٢، و ٤٩ جزءًا فى المليون، ومن البيتا كاروتين بين ٤٦، و ١٠٣ أجزاء فى المليون على أساس الوزن الطازج. وقد احتوت جميع الأصناف المختبرة على الجاما كاروتين بتركيزات تراوحت بين ٦,٣، و ٢٧ جزءًا فى المليون، وعلى الليوتين lutein بتركيز ١.١-٥,٦ جزءًا فى المليون (Heinonen ١٩٩٠).

وتعتبر صبغتا: البيتا كاروتين، والليكوبين Lycopene أهم الصبغات فى الجزر الأحمر. وتشكل صبغات الزانثوفيل Xanthophylls نحو ٧٠-٩٥٪ من الكاروتينات الكلية فى الجزر الأصفر، بينما لا تزيد عن ١٠٪ فى الجزر البرتقالى، والأحمر. ومن الصبغات الأخرى التى وجدت فى جذور الجزر بكميات قليلة كل من: الفيتوين Phytoene، والفيتوفلوين Phytofluene، والزيتا كاروتين Zeta-Carotene، والدلتا كاروتين Delta-Carotene، والجاما كاروتين Gamma-Carotene، والنيوروسبورين Neurosporene. أما الجذور البيضاء .. فإنها فقيرة فى الكاروتنيات الكلية (عن Buishand & Gabelman ١٩٨٠).

ومن بين الصبغات الكاروتينية التى أمكن التعرف عليها - بالإضافة إلى البيتا كاورتين، والألفا كاروتين، والزانثوفيلات - كلا من: الزيتا كاروتين، والفيتوين phytoene، والفيتوليوين phytoluene (Watanabe & Takagi ٢٠٠٠).

يقل لون الجذر دكنةً بالاتجاه من قمة الجذر عند الأكتاف (وهى المنطقة التى يحدث فيها أكثر التغليظ الثانوى) نحو الطرف الآخر الرفيع للجذر. كما يقل اللون - أيضًا - حول منطقة الكامبيوم بين القلب الخارجى والقلب الداخلى. ويرجع ذلك إلى أن الكاروتين يبدأ تكوينه فى أكبر خلايا اللحاء عمرًا (وهى الخلايا الخارجية)، ثم يتقدم تكوينه فى بقية خلايا اللحاء نحو الكامبيوم. ويحدث الشئ نفسه فى خلايا الخشب (القلب الداخلى). وتظهر نتيجة لذلك حلقة فاتحة اللون عند الكامبيوم، ولكنها تأخذ لونًا قريبًا من لون باقى الجذر، مع تقدمه فى العمر، خاصة إذا كان النمو الجذرى بطيئًا (Shoemaker ١٩٥٣).

ويزداد تركيز الكاروتين فى أنسجة الجذر المختلفة مع تقدمها فى العمر؛ ولذا نجد أن تركيز الصبغة يقل مع الاتجاه طوليًا من قمة الجذر نحو طرفه السفلى، كذلك يزداد التركيز فى أنسجة اللحاء عما فى أنسجة الخشب. وعمومًا .. يزداد تركيز الصبغات الكاروتينية - وتزداد معها دكنة اللون البرتقالى - بتقدم الجذور فى العمر، وتقل معها الفروق فى المحتوى الكاروتينى لمختلف أنسجة الجذر.

وقد تبين من دراسات التطعيم .. أن الصبغات تصنع فى الجذور، حيث توقف اللون على التركيب الوراثى للأصل (عن Whitaker وآخرين ١٩٧٠).

العوامل المؤثرة فى شدة دكنة اللون البرتقالى لجذور الجزر

يتوقف مدى دكنة اللون البرتقالى فى جذور الجزر على العوامل التالية:

الصنف

تختلف الأصناف اختلافًا كبيرًا فى لونها (يراجع لذلك موضوع الأصناف). كما تختلف نسبة البيتا كاروتين إلى الألفا كاروتين فيما بينها؛ فهى - على سبيل المثال - ٢:٣ فى الصنفين إمبيراتور، وتندرسويت Tendersweet، و ٢:١ فى الصنف شانتناى.

وقد أدى استمرار التربية والتحسين فى الجزر إلى إحداث زيادة مطردة فى محتوى الجذور من الكاروتينات الكلية. ففى الولايات المتحدة .. كان متوسط المحتوى الكاروتينى يتراوح بين ٥٠، و ٧٠ جزءًا فى المليون قبل ١٩٧٠، وازداد إلى ٧٠-١٢٠ جزءًا فى المليون فى أواخر سبعينيات القرن العشرين، وإلى حوالى ١٥٠ جزءًا فى المليون فى عديد من الأصناف فى نهاية القرن. وتتوفر حاليًا عديد من سلالات التربية التى يتراوح محتوى جذورها الكاروتنيى بين ٤٠٠، و ٦٠٠ جزءًا فى المليون.

ويظهر مدى التباين فى المحتوى الكاروتينى لأصناف الجزر من استعراض القائمة التالية (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩):

الصنف أو السلالة	المحتوى الكاروتينى (جزء فى المليون)
Chantenay	٤١
Nantes	٥٩
Hi Colour 9	٦٥
Danvers 126	٧١
Imperator 58	٧٨
A Plus	١٦٨
Beta III	٢٧٠
High carotene mass selection	٤٧٥

درجة الحرارة السائدة أثناء تكوين الجذور

وجد Bradley & Dyck (١٩٦٨) أن كمية الكاروتينات الكلية نقصت عندما كان متوسط درجة الحرارة اليومى أقل من ١٦°م، إلا أن لون الجذور تحسن؛ نتيجة لزيادة

البيتا كاروتين تحت هذه الظروف. كما وجد Bradley وآخرون (١٩٦٧) تحسنًا فى لون الجذور، وزيادة كبيرة فى نسبة البيتا كاروتين إلى الألفا كاروتين، عندما تراوحت درجة الحرارة بين ١٤ و ١٨°م خلال الأسابيع الأخيرة السابقة للحصاد. وعمومًا .. فإن المجال الحرارى المناسب للتلوين الجيد يتراوح بين ١٦ و ٢١°م، بينما يقل التلوين فى حرارة تزيد عن ٣٠°م .. وبينما يؤدى انخفاض درجة الحرارة ليلاً إلى ٧°م إلى بهتان اللون .. فإن ارتفاعها - نهارًا إلى ١٨°م - يعمل على معادلة التأثير الضار لانخفاض الحرارة ليلاً .. وتبعًا لـ Benjamin وآخرين (١٩٩٧) .. فإن حرارة التربة العالية تؤدى إلى انخفاض نسبة البيتا كاروتين إلى الألفا كاروتين.

الرطوبة الأرضية وقوام التربة

تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية إلى نقص محتوى الجذور من البيتا كاروتين. ويزداد المحتوى قليلاً فى الجزر المنتج فى الأراضى الرملية.

موعد الحصاد

يكون لون الجذور أبيض مائلاً إلى الأصفر فى الجذور الصغيرة جدًا؛ نظرًا لبطء تمثيل الكاروتين حتى حوالى منتصف موسم النمو، ثم يتغير اللون تدريجيًا إلى الأصفر الفاتح، فالأصفر القاتم، فالبرتقالى، أو البرتقالى المائل إلى الأحمر، وتصل الجذور إلى أقصى درجات التلوين بعد حوالى مئة يوم من الإنبات، ويبقى لونها ثابتًا بعد ذلك. ونظرًا لأن محصول الجزر المخصص للاستهلاك الطازج يحصد مبكرًا عن المحصول المخصص للتصنيع؛ لذا .. يكون لون الأول فاتحًا عن لون الثانى.

المعاملة بالإثيفون

ازداد محتوى الجذور من الكاروتين وازداد لونها دكنة لدى رش النباتات بالإثيفون، وتناسبت تلك الزيادات طرديًا بزيادة عدد مرات الرش حتى أربع مرات (كل ١٤ يومًا)، وبمعدل معاملة الإثيفون (حتى ٤٠٠ جم للهكتار، أو حوالى ١٦٨ جم للفدان)، حيث أدت المعاملة ٤ مرات بمعدل ٤٠٠ جم إثيفون فى كل مرة إلى زيادة نسبة الجذور ذات اللون البرتقالى الداكن إلى ٨٣٪، وكانت الجذور المتبقية (١٧٪) ذات لون برتقالى، وكان

متوسط محتوى الكاروتين بالجذور ١٥٣٩ جزءًا فى المليون، بينما كان توزيع جذور نباتات الكنترول (التى لم ترش بالإثيفون) حسب اللون، كما يلى: ٢٨٪ برتقالية داكنة، و ٢٨٪ برتقالية، و ٤٣٪ برتقالية فاتحة، وكان متوسط محتوى جذورها من الكاروتين ١٠٤١ جزءًا فى المليون. هذا .. ولم تؤثر المعاملة بالإثيفون على المحصول الكلى أو المحصول الصالح للتسويق (McGiffen & Ogbuchiekwe ١٩٩٩).

خصائص الطعم والنكهة

استعمل فى وصف الخصائص التى يمكن الإحساس بها فى الجزر المصطلحات التالية (عن Gills وآخرين ١٩٩٩):

١ – اللون Color:

Whiteness	Color hue	Color strength

٢ – الطعم Taste:

Sweet	Sickly sweet	Bitter
Salty	Acid	

٣ – المذاق Flavor:

Cardboady	Woody	Hay-like
Earthy	Piney	Green grass
Turpentine	Harsh flavor	Carroty
Overall carrot flavor	Fruity	Prfumey
Musty	Cloves	MSG
Waxy	Sharp	Aftertaste

٤ – القوام Texture:

Juiciness	Crisp	Resistance to chewing
Hard	Firmness	

وقد أدى تأخير الحصاد إلى زيادة الإحساس بكل من خصائص: العصيرية Juiciness، والحلاوة sweetness، والطعم العام overall flavor، مع نقص الإحساس بالمرارة bitterness (Suojala & Tupasela ١٩٩٩).