وبالمقارنة .. أوضحت دراسات أخرى (Hossain & Mondal ١٩٩٤) أن عقل البطاطا الطرفية تفوقت على العقل الوسطية فى قوة النمو الخضرى للبناتات التى نتجت منها ومحصولها وحجم جذورها، بينما كانت العقل القاعدية أقلها نموًّا ومحصولاً وجودة.

وقد تبين أن جميع عقد أجزاء ساق عقل البطاطا المغروسة فى التربة لها قدرة متماثلة على تكوين الجذور الخازنة بشرط أن يكون قطع العقل بين عقدتين، وظهر فرق بين قدرة العقد على تكوين الجذور الخازنة - حينما كان القطع تحت العقدة مباشرة - حيث ازدادت عند تلك العقدة احتمالات القدرة على تكوين الجذور الخازنة. وقد تبين أن عدد الجذور الخازنة وطولها وقطرها وطول الجزء الذى يصل الجذر بالنبات stalk يقل تدريجيًّا عند العقد السفلى تحت سطح التربة؛ ولذا لم تكن هناك فائدة من زراعة العقل على عمق يزيد عن ثلاث عقد تحت سطح التربة، حيث لم يُسهم ذلك فى زيادة المحصول، بينما أسهم فى زيادة الجذور الصغيرة غير الصالحة للتسويق (Plooy وآخرون ١٩٩٢).

مراحل النمو

تمر نباتات البطاطا بثلاث مراحل للنمو، كما يلى:

١ - مرحلة أولية تنمو فيها الجذور الليفية بغزارة مع نمو معتدل فقط للأجزاء الهوائية.

٢ - مرحلة وسطية يكون النمو الخضرى فيها غزيرًا وتبدأ خلالها الجذور المتدرنة فى التكوين.

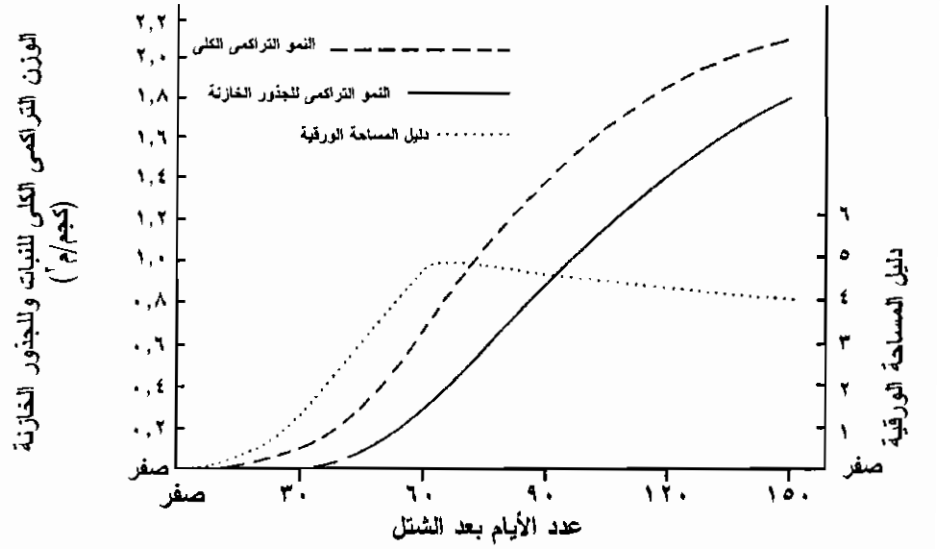
٣ - مرحلة نهائية تزداد فيها الجذور الخازنة فى الحجم، بينما يكون نمو الأجزاء الهوائية والجذور الليفية قليلاً. وتبقى المساحة الورقية الكلية للنبات ثابتة فى بداية تلك المرحلة، ثم تبدأ فى النقصان.

النمو الخضرى

وليل المساحة الورقية

يكون النمو الخضرى للبطاطا سريعًا، حيث يغطى سطح التربة تمامًا - عادة - بعد

حوالى ٦٠ يومًا من الزراعة، أى فى حوالى منتصف موسم النمو، ويكون دليل المساحة الورقية leaf area index – حينئذ – حوالى ٥,٠، ويعقب ذلك – عادة – انخفاض تدريجى فى دليل المساحة الورقية (شكل ١٣–١).



شكل (١٣–١): النمو التراكمى الكلى لنباتات البطاطا، ونمو جذورها التراكمى الكلى، والتغيرات فى دليل المساحة الورقية leaf area index مع الوقت بعد الشتل.

تُحمل أوراق معظم أصناف البطاطا أفقية؛ ولذا .. فإن يكفى عادة دليلاً للمساحة الورقية leaf area index يتراوح بين ٣، و ٤ لتلقى كل الإشعاع الساقط تقريبًا. وقد أظهرت بعض الدراسات أن زيادة دليل المساحة الورقية عن ٤ تؤدى إلى نقص المحصول. هذا وتتباين أصناف البطاطا كثيرًا فى دليل المساحة الورقية – حيث يزيد بعضها بمقدار ثلاثة أضعاف على البعض الآخر – وفى السرعة التى تغطى بها النموات الخضرية سطح التربة (عن Norman وآخرين ١٩٩٥).

يصل الحد الأقصى لمعدل تراكم المادة الجافة إلى حوالى ٨٥–١٧٠ كجم/هكتار يوميًا، وذلك عندما يبلغ دليل المساحة الورقية ٣,٢٤. وعندما ربيت النباتات رأسيًا على دعائم من الشبك السلكى بارتفاع ١٢٠ سم ازداد الحد الأقصى لمعدل تراكم المادة الجافة كثيرًا حيث بلغ ٢٦٠ كجم/هكتار يوميًا عندما كان دليل المساحة الورقية ٦,٧، وكان

المحصول حينئذ ١٥ طنًا للهكتار (أى حوالى ٦,٣ أطنان للفدان) (عن Norman وآخرين ١٩٩٥).

شيخوخة الأوراق المسنة وانفصالها

لا يتوقف النمو الخضرى للبطاطا عندما تتلاقى نموات النباتات المتجاورة، وإنما تتجه النباتات - حينئذ - إلى حمل أوراقها الجديدة - التى تتكون فوق نموات خضرية سابقة - على أعناق طويلة، تزداد طولاً بازدياد تراكم النموات الخضرية فوق بعضها البعض. ونتيجة لذلك .. تصبح الأوراق المسنة تدريجيًا - وبصورة متزايدة - تحت نموات جديدة تحجب عنها ضوء الشمس المباشر؛ مما يؤدى إلى موتها وانفصالها عن النبات أولاً بأول. ولقد وجد أن حوالى ٦٠٪ من أوراق صنف البطاطا جول Jewel تنفصل عن النبات بنهاية موسم النمو لأسباب فسيولوجية لا تمت بصلة ما بأى إصابة بالأمراض أو الآفات.

ويعد انفصال الأوراق مفيدًا للنبات إذ إنه يخلصه من أعضاء لم تعد مفيدة له. فكفاءة البناء الضوئى تنخفض بشدة مع تقدم الأوراق فى العمر، فى حين تكون الأوراق الحديثة التكوين أكثر كفاءة فى البناء الضوئى لكل وحدة مساحة من الأرض. وعلى الرغم من أن حوالى ٣٧٪ مما يوجد بالأوراق المسنة من عناصر وغذاء مجهز ينتقل إلى النبات قبل انفصالها عنه، فإن موت تلك الأوراق لا يكون بغير كلفة للنبات؛ فقد قدر أن فاقد المادة الجافة الذى يحدث بهذه الطريقة يبلغ حوالى ٢,٨ طن للهكتار (حوالى ١,٨ طن للفدان). كذلك يحدث نتيجة لهذا الانفصال تناقص تدريجى فى المساحة الورقية للنبات بالنسبة إلى وزنه الكلى؛ أى تقل تدريجيًا المساحة الورقية التى تمد وحدة الوزن من النبات بالغذاء المجهز (عن McLaurin & Kays ١٩٩٣).

وقد تراوحت نسبة ألأوراق التى انفصلت عن النبات فى أربعة أصناف من البطاطا - فى غياب أى إصابات بالأمراض والآفات - بين ٤٥٪، و ٦٠٪ من الأوراق الكلية التى كونها النبات حتى موعد الحصاد الطبيعى لكل صنف. ووجد ارتباط معنوى موجب بين انفصال الأوراق وعدد فروع النبات (r^2 = ٠,٨٠)، وعقده (r^2 = ٠,٨٩). كذلك وجد ارتباط معنوى موجب بين انفصال الأوراق والوزن الجاف الكلى (r^2 = ٠,٦٧)، والوزن

الطازج (r^2 = ٠,٦٥) والجاف (r^2 = ٠,٦٠) للجذور، والوزن الجاف للنمو الخضرى (r^2 = ٠,٦٨). وقد تراوح الفقد فى المادة الجافة نتيجة لانفصال الأوراق بين ١,٢، و ٢,٦ طن للهكتار (٠,٥–١.١ طن للفدان). وبدا واضحًا أن نسبة الفقد العالية للأوراق ترتبط ارتباطاً قويًا بالنمو الخضرى القوى الذى يتسبب فى تظليل الأوراق المسنة، إلا أن تلك الظاهرة لم تكن لها آثار سلبية على محصول الجذور (McLaurin & Kays ١٩٩٣).

النمو الجذرى والدرنى

أعداد الجذور المتكونة/نبات وتوقيت ظهورها

يصل عدد الجذور المتكونة إلى الحد الأقصى بعد أربعة أسابيع من الزراعة، ولكن يتراوح مدى تلك الفترة – باختلاف الأصناف – بين أربعة وسبعة أسابيع من الزراعة، ويبدأ التغليظ الثانوى بعد ذلك مباشرة. وبينما تستكمل الجذور نموها الطولى فى خلال ١٦ أسبوعًا من الزراعة، فإن الزيادة فى القطر يمكن أن تستمر لمدة ٢٤ أسبوعًا من الزراعة أو حتى اكتمال التكوين. وينتج النبات حوالى ١٠ جذور متدرنة فى العشرين سنتيمترًا السطحية من التربة، ولكن لا تصل جميعها إلى الحجم المناسب للتسويق (عن Norman وآخرين ١٩٩٥).

نشأة الجذور الخازنة

تتكون الجذور الخازنة نتيجة للنمو الثانوى لبعض الجذور التى توجد فى الـ ٢٠–٢٥ سم السطحية من التربة. وعلى الرغم من أن معظم هذه الجذور تنشأ من الجذور العرضية الأولى فى التكوين، إلا أن بعضها قد ينشأ من تلك التى تتكون بعد تكويم التربة على النباتات أثناء نموها.

ويبدو أن الجذور التى تتطور إلى جذور خازنة تختلف – منذ بداية تكوينها – عند نظيراتها من الجذور الليفية. فكما أسلفنا .. يتكون فيها خمس أو ست حزم من الخشب الابتدائى بدلاً من أربع، كما يكون بها نخاع صغير بالمركز بينما لا يتواجد نخاع فى الجذور الليفية الأخرى، وتكون مبادئ الجذور التى تعطى تلك الجذور أكبر قليلاً فى الحجم عن تلك التى تعطى جذورًا عادية.

النمو الثانوى المؤدى لتكوين الجذور الخازنة وزياداتها فى الحجم

يحدث النمو الثانوى الذى يقود إلى تكوين الجذور المتدرنة فى موقعين رئيسيين من الجذر: فأولاً .. ينقسم الكامبيوم الطبيعى الذى يقع بين الخشب واللحاء ليعطى لحاءً ثانويًا جهة الخارج، وخشبًا ثانويًا جهة الداخل، بالإضافة إلى إنتاجه لعدد كبير من الخلايا البرانشيمية الخازنة جهة الداخل؛ وثانيًا .. ينشأ كامبيوم جديد حول الأوعية المفردة للخشب الابتدائى، وبانقسام هذا الكامبيوم يعطى قدرًا كبيرًا من الخلايا البرانشيمية الخازنة باتجاه أوعية الخشب وبعيدًا عنها. كذلك ينتج عدد قليل من القصبات باتجاه الأوعية الخشبية وقليل من الأنابيب الغربالية بعيدًا عنها. وتتكون بين الخلايا البرانشيمية الخازنة الناتجة من نوعى الكامبيوم عديدًا من الأنابيب الناقلة للبن النباتى laticifers.

ويعتقد أن تراكم النشا فى خلايا القشرة ربما يُسهم كذلك فى زيادة حجم الجذر، على الرغم من أن القشرة ربما تزول؛ إذ إن البريدرم ينشأ من الطبقة المحيطية (البيريسيكل) pericycle.

ومع تكوين الجذر المتدرن ينمو كذلك "ساق" الجذر tuber stalk، وهى الجزء الذى يصل الجذر الدرنى ببقية النبات. يحدث النمو الثانوى فى هذا الجزء؛ مما يؤدى إلى تكوين قدرًا كبيرًا من اللحاء الثانوى الذى يهيئ هذا الجزء ليكون ممرًا لقدر كبير من الغذاء المجهز أثناء زيادة الجذر الدرنى فى الحجم (عن Onwueme ١٩٧٨).

تأثير درجة الحرارة على نمو الجذور الخازنة

تستمر الجذور الخازنة فى التضخم إلى حين الحصاد أو توقف النمو، وتثبط الحرارة العالية نمو الجذور بدرجة أكبر من تثبيطها للنمو الخضرى. وتحدث أفضل زيادة فى النمو الجذرى فى حرارة ٢٥°م نهارًا مع ٢٠°م ليلاً، ويؤدى ارتفاع حرارة التربة عن ٣٠°م إلى نقص المحصول (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).

مكونات المحصول

وجد لدى دراسة ٦٥ صنفًا وسلالة من البطاطا أن عدد الجذور المتكونة/نبات كان أهم