الجاف لنباتات الفاصوليا بنسب تراوحت بين ٨٪، و ٢٣٪، ومحتوى النباتات من الفوسفور بنسب تراوحت بين ١٦٠٪، و ٣٣٥٪. وقد توقفت تلك الزيادات على مدى استعمار الميكوريزا لجذور النباتات؛ الأمر الذى توقف - بدوره - على كل من نوع الميكوريزا المستعمل وصنف الفاصوليا. وقد وجدت علاقة إيجابية قوية بين نسبة استعمار الميكوريزا للجذور ومحتوى النباتات من عنصر الفوسفور؛ بما يعنى أن الاستجابات الإيجابية للتلقيح بالميكوريزا كان مردها إلى دورها فى زيادة امتصاص الجذور لعنصر الفوسفور (Ibijbijen وآخرون ١٩٩٦).

هذا إلا أن زيادة نشاط الميكوريزا التى تعيش تعاونيًّا مع جذور الفاصوليا فى الأراضى الفقيرة فى الفوسفور - وما يصاحب ذلك النشاط من زيادة فى امتصاص الفوسفور - يكون مصاحبًا بزيادة فى استهلاك الجذور من الكربون بسبب زيادة تنفس الجذور، ويكون ذلك على حساب الغذاء الذى يمكن أن يخزن فى الجزء الثمرى من النبات (Nielsen وآخرون ١٩٩٨).

طرق المعاملة

يفيد تغليف بذور الفاصوليا بمثيل السيليلوز methyl cellulose بمعدل جرام واحد لكل كيلو جرام من البذور فى تحسين نسبة إنبات البذور وزيادة الوزن الطازج للبادرات جوهريًّا. وقد أمكن تحميل عدد من المنشطات الحيوية فى مادة التغليف مع احتفاظها بحيويتها لمدة زادت عن ١٠ أسابيع بعد المعاملة وقبل زراعتها. وعلى الرغم من أن مختلف المنشطات الحيوية فقدت جزءًا من حيويتها أثناء فترة التخزين إلا أن أقلها تأثرًا كانا فطرا الميكوريزا *Gliocladium virens*، و *Trichoderma viride*، وتلاهما فى التأثر البكتيريا *Bacillus subtilis*. أما البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* فقد كانت أسرع المنشطات الحيوية فقدًا لحيويتها (Tu & Zheng ١٩٩٧).

ارتباطات النمو

علاقة نوعية البذور بنمو النبات والمحصول

تظهر فى الفاصوليا الارتباطات التالية بين التقاوى والمحصول الناتج من زراعتها:

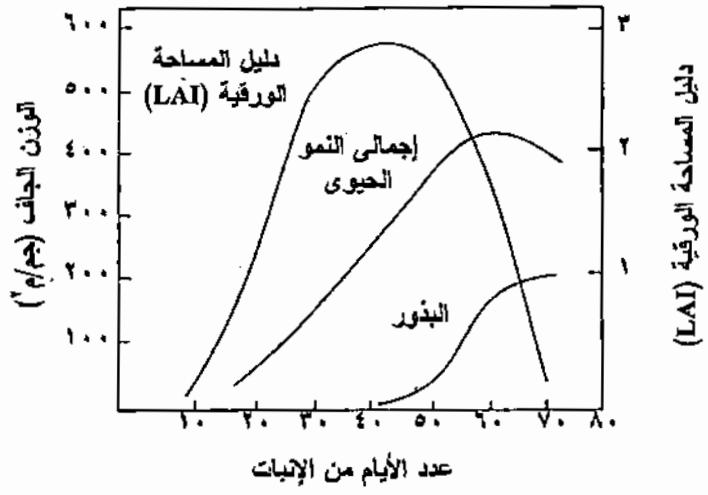
١ – يوجد ارتباط جوهرى بين حجم البذور وكمية البروتين التى توجد بها، وحجم البادرة التى تنبت منها وكمية البروتين بها.

٢ – يوجد ارتباط بين نسبة البروتين فى البذور من جهة، ومحصول النباتات التى تنبت منها، وعدد القرون بها – من جهة أخرى – كما وجد ارتباط أقل بين وزن البذرة، وبين هاتين الصفتين أيضًا.

٣ – وجدت زيادة جوهرية فى حجم البادرات، والمحصول، وعدد القرون بالنبات عند زراعة بذور ذات محتوى بروتينى مرتفع نتيجة لتسميدها جيدًا بالآزوت فى الموسم السابق عندما أنتجت التقاوى (Ries ١٩٧١).

التغيرات فى دلائل النمو

نجد تحت الظروف المثلى للنمو أن نبات الفاصوليا ينمو خطيًّا مع الوقت إلى أن يبدأ نمو القرون. ويزداد دليل مساحة الورقة leaf area index (اختصارًا: LAI) حتى حوالى ٤٠ يومًا بعد الإنبات (شكل ٨–٢)، ثم يقل مع بدء امتلاء البذور (بعد حوالى ٥٠–٦٥ يومًا من الإنبات)، حينما يتجه الغذاء المجهز والنيتروجين المتص إلى البذور. وتموت الأوراق التى توجد عند العقد السفلى أولاً، ثم الأوراق التى تليها على الساق الرئيسى، ثم تلك التى تحمل على الفروع.



شكل (٨–٢): التغير فى كل من دليل مساحة الورقة leaf area index (LAI)، وإجمالى النمو الحيوى biomass، والبذرى مع الوقت (عن Davis ١٩٩٧).

وتستقبل النموات الخضرية لأصناف الفاصوليا القصيرة حوالى ٩٥٪ من الأشعة الساقطة عليها عندما يكون دليل مساحة الورقة فيها (وهى نسبة مساحة أوراق النبات إلى نسبة المساحة التى يشغلها النبات من الأرض) حوالى ٤ أو أكثر من ذلك. ويبلغ أقصى معدل نمو محصولى للفاصوليا (Crop Growth Rate) حوالى ١٧ جم/م^{2}/يوم، بينما تنخفض الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate (وهى نسبة معدل النمو المحصولى إلى الوزن الجاف للأوراق) مع زيادة دليل المساحة الورقية حتى أعلى قيمة له، وذلك حينما تبدأ القرون فى النمو. أما المساحة الورقية الخاصة Specific Leaf Area (وهى نسبة المساحة الورقية إلى الوزن الجاف للأوراق) فإنها تزداد إلى أعلى قيمة لها بعد الإزهار بفترة وجيزة، حيث تبلغ – حينئذ – ٦٠ سم^{2}/جم، ثم تنخفض ثانية إلى حيث بدأت لتصبح حوالى ٤٠٠ سم^{2}/جم.

ويعد اختراق أكبر قدر من الضوء الساقط خلال النموات الخضرية عاملاً هامًا فى تحديد الكفاءة التمثيلية، وهو أمر يتوقف على توزيع الأوراق على النبات والزاوية التى يصنعها نصل الورقة مع الساق؛ فكلما كانت تلك الزاوية صغيرة (أى حادة) كلما ازدادت فرصة وصول الضوء الساقط إلى الأوراق السفلى. هذا وتتميز أوراق الفاصوليا ووريقاتها بقدرتها على التوجه فى مقابل الشمس؛ مما يزيد من فرصة الاستفادة من الأشعة الشمسية الساقطة.

وقد وجد فى حالات الإضاءة الجيدة أن أقصى صافى للبناء الضوئى فى النموات الخضرية للفاصوليا كان حوالى ٣٥–٤٠ مجم مادة جافة/ساعة عندما كانت الإضاءة ٦٠٠–٦٥٠ واط/م^{2} ودليل المساحة الورقية ٤,٥، ولكن يبدو أن معدل البناء الضوئى يمكن أن يصل إلى أقصى معدلاته فى إضاءة أقل من ذلك كثيرًا وفى حدد ٣٠٠ واط/م^{2} (عن Davis ١٩٩٧).

علاقة النمو الورقى بالنمو الثمرى

يؤدى فقد أوراق الفاصوليا (الأمر الذى قد يحدث بفعل الرياح القوية، والبَرَدْ، والإصابات المرضية والحشرية .. إلخ) إلى تأخير النضج ونقص المحصول. وفى إحدى الدراسات وجد أن إزالة جميع أوراق النبات أثناء مرحلة النمو الخضرى أو الإزهار

أدت إلى تأخير نضج البذور بنحو ٣٠ يومًا، بينما لم يتأثر موعد نضج البذور بالمستويات الأقل شدة من معاملات إزالة الأوراق. وكان النقص فى محصول البذور خطيًا مع شدة إزالة الأوراق حينما أجريت المعاملة فى مرحلة النمو الخضرى. أما عندما أجريت معاملة إزالة الأوراق فى مرحلة النمو الزهرى أو امتلاء القرون فإن النقص فى محصول البذور ازداد تربيعيًا quadraticaly مع الزيادة فى شدة المعاملة (Schaafsma & Albett ١٩٩٤).

ويؤدى الاستمرار فى حصاد القرون الخضراء للفاصوليا – مقارنة بترك النباتات دون حصاد إلى أن تصبح القرون بلون أصفر قشّى – يؤدى ذلك إلى جعل النباتات أكبر حجمًا، وأكثر تفريعًا، وأكثر اخضرارًا (بسبب تأخير شيخوخة الأوراق بالإضافة إلى تكوين أوراق جديدة)، مع توزيع نسبة أعلى من الغذاء المجهز على الجذور والسيقان والأوراق. وعلى الرغم من ذلك فإنه لم يظهر فرق معنوى بين المعاملتين فى الوزن الجاف الكلى للنبات حتى نهاية فترة التجربة التى استمرت لمدة ٨٨ يومًا بعد زراعة البذور (Kohashi-Shibata وآخرون ١٩٩٧).

الإزهار وعقد القرون

الإزهار

طبيعة الإزهار

يتوقف توزيع الأزهار فى النبات على الصنف وطبيعة نموه. ففى الأصناف القصيرة المحدودة النمو (شكل ٦–٣) تتكون مبادئ الأزهار فى نورة راسيمية racene فى إبط الورقة القمية على الساق الرئيسى أولاً، ثم يستمر الإزهار بالاتجاه إلى اسفل نحو العقد السفلى، وعلى امتداد الفروع. وبالمقارنة نجد فى الأصناف القصيرة غير المحدودة النمو أن الأزهار الأولى تظهر عادة عند العقدة السادسة إلى السابعة، ثم يستمر الإزهار بالاتجاه إلى أعلى وإلى أسفل على الساق الرئيسى وعلى امتداد الفروع (عن Davis ١٩٩٧).

التهيئة للإزهار

من المعروف أن الفاصوليا نبات قصير النهار فى موطنه الأصلى فى أمريكا الوسطى