تأثير العناصر الدقيقة على التمثيل العضوى للصبغات

للدكتور رضا فهمى

اتجه نظر العلماء فى السنوات الأخيرة الى دراسة المحتوى الصبغى للبلاستيدات الموجودة فى أوراق النباتات المختلفة ، لما لهذا الموضوع من أهمية كبرى . وعلى هذا الأساس طورت الطرق المختلفة الخاصة بتقدير كمية الكلوروفيل (ا ، ب) وكذلك الكاروتين والزانثوفيل .

ومن المعروف أن أهم المركبات الصبغية هى الكلوروفيل بنوعيه والكلوروفيليدات Chlorophyllids التى تقوم بتحويل الطاقة الشمسية وتخزينها على صورة طاقة كامنة يستعملها النبات فى عملياته الحيوية المختلفة ، وأهمها عملية تبادل المركبات العضوية . أما الكاروتينات فإنها تدخل بطريقة غير مباشرة فى هذه العملية كاشتراكها فى تكوين الفيتامينات ، وعلى هذا الأساس روعى فى هذه الدراسة تقدير كمية الصبغات السابقة الذكر فى بلاستيدات أوراق نبات الكتان ومدى اختلاف كمياتها تحت تأثير العناصر الدقيقة ومخاليطها بتركيزات مختلفة .

البحوث والدراسات السابقة

تعتبر المركبات الصبغية من أهم الأجهزة العاملة الموجودة فى البلاستيدات الخضراء ، غير أنه لم تنشر إلا بحوث قليلة خاصة بأثر العناصر الدقيقة ومخاليطها على التمثيل العضوى لهذه الصبغات داخل بلاستيدات أوراق نبات الكتان .

أما بالنسبة للمحاصيل الأخرى فيقول Okonsove (١٩٤٧) إنه عند زراعة نباتات المحاصيل الحقلية فى أراض مسمدة جيدا بالأسمدة العضوية المضاف إليها قليل من كبريتات النحاس ، فإن كمية الكلوروفيل الممثلة فى أوراق النباتات لم تزد زيادة معنوية .

● الدكتور رضا فهمى : باحث بمراقبة بحوث فسيولوجيا وتغذية المحاصيل ، بوزارة الزراعة .

ويرى Lutman (١٩٠٨) أن النحاس يدخل فى تكوين بعض المركبات الثابتة مع السكاوروفيل فتحفظه بذلك من الهدم . وقد أيد Anderson (١٩٣٢) هذه النظرية .

هذا ، ويرى بعض العلماء أن عنصر البورون يشترك مع عناصر التربة الأخرى فى التغذية النباتية ، إذ أن البورون يزيد من معدل امتصاصها بواسطة النبات .

ويقول Booslove (١٩٥٢) إن هذا التفاعل المشترك والخاص بعنصر البورون شديد الوضوح مع عنصر الأزوت ويشابه مفعول الحديد ، إذ أنه عند امتصاص الأزوت تحت ظروف نقص الحديد فى التربة يلاحظ هدم فى تركيب المركبات الصبغية الموجودة فى الأوراق العليا للنبات ، وبالتالى يظهر عليها بوضوح ظاهرة الاصفرار Chlorosis . أما عند امتصاص الأزوت فى غياب أو نقص البورون ، فإن هدم المركبات الخضراء يشاهد فى الأوراق الموجودة فى وسط النبات ، وبالتالى يظهر عليها الاصفرار .

أما الزنك فعلى حسب أبحاث Shcolnic (١٩٥٧) فإنه يدخل فى تركيب أنزيمات التنفس Carbo-anhydrase وعلى ذلك فزيادة الزنك فى الغذاء النباتى من شأنه أن يزيد من معامل التنفس ، وبالتالى يؤدى إلى انطلاق طاقة زائدة يستعملها النبات فى بناء مركبات عضوية جديدة .

المواد والطرق المستعملة

أجريت الدراسة الحالية على نباتات كتان مزروعة فى أصص داخل صوبة معهد بحوث فسيولوجيا النبات التابع لجامعة « كيف » عام ١٩٦٢/١٩٦٣ ، وكانت سعة الأصيص المستعمل ١١ كيلو جرام تربة ، ملئت الأصص بتربة سوداء خفيفة ، وخصصت لكل معاملة أربعة مكررات . استعمل صنفان من الكتان ، أحدهما صنف : Dolgonets وهو خاص بإنتاج الألياف ، والآخر : Koodriash وهو خاص بإنتاج الزيت ، وسمدت الأصص بالأسمدة

الآتية لكل كيلو جرام تربة موضوعة فى الأصيص : كلوريد بوتاسيوم بمعدل ٢٠و١ جم عنصر البوتاسيوم ، ونترات الأمنيوم بمعدل ٤٠و٠ جم أزوت ، وسوبر فوسفات بمعدل ٩٠و٠ جم خامس أكسيد الفوسفور .

وأضيفت العناصر الدقيقة على صورة محاليل وحسبت الأملاح فيها على الصورة الفعالة للعنصر لكل كيلو جرام تربة ، وذلك من واقع أبحاث Shcolnic (١٩٥٧) على الوجه التالى :

العنصر	تركيز المادة الفعالة بالجرام لكل كيلوجرام تربة	صورة الملح المستعمل والداخل فيه العنصر الفعال
بورن	٠و٠٠٥	حمض بوريك
زنك	٠و٠٠٥	كبريتات الزنك
مولبدنيم	٠و٠٠٥	مولبدات الأمونيوم
نحاس	٠و٠١٠	كبريتات النحاس

وعلى هذا الأساس حسبت كمية العناصر الدقيقة اللازمة لكل أصيص واعتبرت فى هذه الحالة هى الجرعة المقررة ، إما أن تضاعف وذلك للحصول على جرعتين فى المعاملات المخصص لها جرعتان ، أو تخفض إلى النصف فى الحالات المخصص لها نصف جرعة .

وصممت التجربة على النحو التالى :

(١) تجربة مقابلة أضيف إليها السماد الكيماوى فقط .

(٢) ن + فو + بو + ½ جرعة زنك .

(٣) ن + فو + بو + ١ » » .

(٤) ن + فو + بو + ٢ » »

(٥) ن + فو + بو + ½ جرعة مولبدنيم .
(٦) ن + فو + بو + ١ » » .
(٧) ن + فو + بو + ٢ » » .
(٨) ن + فو + بو + ½ » نحاس .
(٩) ن + فو + بو + ١ » » .
(١٠) ن + فو + بو + ½ » (زنك + مولبدنيم + نحاس) .
(١١) ن + فو + بو + ١ » (زنك + مولبدنيم + نحاس) .
(١٢) ن + فو + بو + ½ » بورن .
(١٣) ن + فو + بو + ١ » » .
(١٤) ن + فو + بو + ½ » (زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن) .

ولضمان توزيع العنصر توزيعا متجانسا فى الإصيص أذيبت الجرعات المختلفة من العناصر فى كمية ١٠٠ سم٣ ماء مقطر ووزعت توزيعا متجانسا على الأصص . أما مخاليط الأملاح المتكونة من العناصر الدقيقة فروعى إذابتها أيضا فى نفس كمية الماء ووزعت توزيعا متجانسا فى الإصيص .

وكانت تروى الأصص بمعدل ٦٠ ٪ من السعة المائية العظمى للتربة المستعملة وأجرى الرى بالكمية المحسوبة من المياه بواقع ثلاث مرات فى الأسبوع .

وفى خطوات البحث قدرت كمية كلوروفيل (ا ، ب) والكاروتين والزانثوفيل ، واستعملت طريقة فرد الصبغات على شرائط الكروماتوجرافية .

النتائج ومناقشتها

أولا — تأثير العناصر الدقيقة على الكلوروفيل :

يبين الجدول ١ (ا ، ب) نتائج دراسة تأثير العناصر الدقيقة على ديناميكية التمثيل الحيوى للصبغات فى أوراق كتان الألياف . كما يبين الجدول ٢ (ا ، ب) نتائج هذه الدراسة فى كتان الزيت .

ويتبين من هذين الجدولين أنه فى حالة كتان الزيت تؤثر العناصر الدقيقة بتركيزاتها المختلفة تأثيرا مثبطا على تمثيل الصبغات الخضراء (كلوروفيل ا ، ب) داخل بلاستيدات الأوراق وذلك فى الطور الأول من النمو (تقدير ٢٠ أبريل) ، وقد كانت هذه الحالة شديدة الوضوح مع عنصر المولبدنيم . أما بالنسبة لكتان الألياف فإن الأثر المثبط للعناصر الدقيقة على الكلوروفيل غير واضح فى هذه المرحلة .

هذا ، وقد لوحظ فى هذه المرحلة أيضا زيادة طفيفة فى كمية كلوروفيل (ب) فى المعاملة التى أضيف إلى نباتاتها مخاليط العناصر (الزنك والمولبدنيم والنحاس) بتركيزات نصف جرعة فى حالتى كتان الزيت والألياف . كما لوحظ زيادة طفيفة فى كمية كلوروفيل (ا) بلغت ٤ ٪ من المقابلة فى المعاملة التى أضيف إلى نباتاتها نصف جرعة زنك فى كتان الزيت، وكذلك فى المعاملة التى أضيف إلى نباتاتها جرعتان زنك فى حالة كتان الألياف ، وبلغت الزيادة فى هذه الحالة ١٢ ٪ من المقابلة .

وفى المرحلة الثانية وهى مرحلة النمو السريع التى أخذت تقديراتها فى ١٦ مايو ، فقد لوحظ زيادة مطردة فى كمية الكلوروفيل ، وذلك فى حالتى كتان الزيت والألياف ، إذ بلغت هذه الزيادة من ٢٠ — ٤٠ ٪ من المقابلة بالنسبة لكلوروفيل (ا) ومن ٧ — ٢٥ ٪ بالنسبة لكلوروفيل (ب) وكان هذا واضحا مع التركيزات المخففة من العناصر . أما التركيزات المرتفعة منها وكذلك مخاليط العناصر فإن تأثيرها الموجب على كمية الصبغات الخضراء لم يظهر إلا فى الفترات التالية وهى الإزهار والإثمار (تقديرات ١٠ يوليو ، ١ أغسطس) إذ بلغت هذه الزيادة ٣٠ — ٥٠ ٪ فى المعاملات التى استعمل فيها الزنك والمولبدنيم والنحاس كل على حدة بتركيز جرعتين وذلك فى كلا الصنفين .

أما البورن بتركيزاته المختلفة وكذلك مخاليط العناصر الدقيقة باختلاف تركيزات العناصر الداخلة فى تكوينها فقد سببت زيادة طارئة فى كمية الكلوروفيل فى المرحلة الأخيرة (الإثمار ١ أغسطس) وفى صنف الزيت فقط ، مما يدل على استمرار النمو الخضرى مع النمو الثمرى فى مثل هذه المعاملات .

جدول (١ — ١)

تأثير العناصر الدقيقة ومخاليطها بتركيزات مختلفة على ديناميكية الكلوروفيل (١) المعزلة فى أوراق نبات كتان الألياف صنف Dolgonets عام ١٩٦٢/١٩٦٣

ملليجرام فى كل ١٠٠ جرام مادة جافة

المعاملات	فترة البادرة ٢٠ أبريل		النمو السريع ١٦ مايو		الإزهار ١٠ يوليه		الإثمار ١ أغسطس	
	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة
مقابلة Control	٧٧	١٠٠	٩٧	١٠٠	٨٣	١٠٠	٢٥	١٠٠
½ جرعة زنك	٧٨	١٠١	١١٨	١٢١	١٠٤	١٢٥	٣٠	١٢٠
١ » »	٨٣	١٠٧	١٠٧	١٢٠	١١٢	١٣٤	٣٥	١٤٠
٢ » »	٨٧	١١٢	١٢٥	١٢٨	١١٢	١٣٤	٣٨	١٥٢
½ جرعة مولبدنيم	٧٢	٩٣	١١٠	١١٣	٩٣	١١٢	٣٥	١٢٠
١ » »	٧٢	٩٣	١٢٩	١٣٢	١١٤	١٣٧	٣٤	١٣٦
٢ » »	٦٦	٨٥	١١٩	١٢٢	١٠٠	١٢٠	٣٧	١٤٨
½ جرعة نحاس	٨١	١٠٥	١٤٢	١٤٦	١٠٢	١٢٢	٣٣	١٣٢
١ » »	٧٨	١٠١	١٤٠	١٤٤	١٠٠	١٢٠	٣٥	١٢٠
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٨٩	١١٥	١١٧	١٢٠	١٠٢	١٢٢	٢٣	٩٢
١ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٨٤	١٠٩	١١٠	١١٣	٩٧	١١٦	٢٤	١٠٨
½ جرعة بورن	٧٣	٩٥	١٢٩	١٣٢	١٠٥	١٢٦	٢٧	١٠٨
١ » »	٦٨	٨٨	١٢٣	١٢٦	١٠٢	١٢٢	٢٧	١٠٨
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن)	٦٧	٨٧	١١٨	١٢١	١٠٠	١٢٠	٢٣	٩٢

جدول (١ — ب)

تأثير العناصر الدقيقة ومخاليطها بتركيزات مختلفة على ديناميكية الكلوروفيل (ب) الممثلة فى أوراق نبات كتان الألياف صنف Dolgonets عام ١٩٦٢ / ١٩٦٣

ميلجرام فى كل ١٠٠ جرام مادة جافة

المعاملات	فترة البادرة ٢٠ أبريل		النمو السريع ١٦ مايو		الإزهار ١٠ يوليه		الإثمار ١ أغسطس	
	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة
مقابلة Control	٣٥	١٠٠	٥٢	١٠٠	٣٨	١٠٠	٥٠	١٠٠
½ جرعة زنك	٣٤	٩٧	٦٥	١٢٥	٤٠	١٠٥	١٨	١٢٠
١ » »	٣٢	٩١	٦٢	١١٩	٤٠	١٠٥	١٨	١٢٠
٢ » »	٣١	٨٨	٦٧	١٢٨	٤٢	١١٠	١٩	١٢٦
½ جرعة مولبدنيم	٣٠	٨٥	٩٣	١٢١	٣٤	٨٩	١٤	٩٣
١ » »	٣٠	٨٥	٦٧	١٢٨	٤٠	١٠٥	١٩	١٢٦
٢ » »	٣٠	٨٥	٥٨	١١١	٣٤	٨٩	١١	٧٣
½ جرعة نحاس	٣٥	١٠٠	٦٨	١٣٠	٣٩	١٠٢	١٢	٨٠
١ » »	٣٣	٩٤	٦٦	١٢٦	٣٨	١٠٠	١٣	٨٦
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٤٠	١١٤	٦٥	١٢٥	٣٨	١٠٠	١١	٧٨
١ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٣٢	٩١	٥٦	١٠٧	٤٣	١١٣	١٧	١١٣
½ جرعة بورن	٣٦	١٠٢	٦٠	١١٥	٤١	١٠٧	١٦	١٠٦
١ » »	٣٤	٩٧	٥٥	١٠٥	٤٠	١٠٥	١٥	١٠٠
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن)	٣٠	٨٥	٦٠	١١٥	٤١	١٠٧	١٥	١٠٠

جدول (٢ — ١)

تأثير العناصر الدقيقه ومخاليطها بتركيزات مختلفة على ديناميكية كلوروفيل(١) الممثلة فى أوراق نبات كتان الزيت صنف Coodriash عام ١٩٦٢/١٩٦٣

ميلجرام فى كل ١٠٠ جرام مادة جافة

المعاملات	فترة البادرة ٢٠ أبريل		النمو السريع ١٦ مايو		الإزهار ١٠ يولية		الإثمار ١ أغسطس	
	الكمية ميليجم	٪ المقابلة	الكمية ميليجم	٪ المقابلة	الكمية ميليجم	٪ المقابلة	الكمية ميليجم	٪ المقابلة
مقابلة Control	٨٥	١٠٠	٩٩	١٠٠	٦٤	١٠٠	٢٣	١٠٠
½ جرعة زنك	٨٩	١٠٤	١٣٧	١٣٨	٨٢	١٢٨	٢٦	١١٣
١ » »	٨٣	٩٧	١٣٥	١٣٦	٧٩	١٢٣	٢٥	١٠٨
٢ » »	٧٧	٩٠	١٦٠	١٦١	٩٦	١٥٠	٣٥	١٥٢
½ جرعة مولبدنيم	٦٠	٧٠	١٢٠	١٢١	٧٧	١٢٠	٢٤	١٠٤
١ » »	٥٨	٦٨	١١٣	١١٤	٦٩	١٠٧	٢٦	١١٣
٢ » »	٧٦	٧٨	١٣٨	١٣٩	٨٨	١٣٧	٣٠	١٣٠
½ جرعة نحاس	٧٠	٨٢	١٤٥	١٤٦	٧٥	١٢٣	٣٤	١٣٤
١ » »	٦٥	٧٦	١٤٠	١٤٠	٨٨	١٣٧	٣٢	١٣٢
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٨١	٩٥	١٢٨	١٢٩	٧٠	١٠٩	٣٠	١٣٠
١ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٦٢	٧١	١٢١	١٢٢	٨٠	١٢٦	٤٧	٢٠٤
½ جرعة بورن	٨٠	٩٤	١٤٢	١٤٣	٩٥	١٥٠	٥٠	٢١٧
١ » »	٧٥	٨٨	١٤٣	١٤٤	٩٥	١٥٠	٥٦	٢٤٣
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن)	٧٠	٨٢	١٣٧	١٣٨	٨٤	١٣١	٤٩	٢١٢

جدول (٢ — ب)

تأثير العناصر الدقيقة ومخاليطها بتركيزات مختلفة على ديناميكية كلوروفيل (ب) الممثلة فى أوراق نبات كتان الزيت صنف Coodriash عام ١٩٦٢/١٩٦٣

مليجرام فى كل ١٠٠ جرام مادة جافة

المعاملات	فترة البادرة ٢٠ أبريل		النمو السريع ١٦ مايو		الإزهار ١٠ يوليو		الإثمار ١ أغسطس	
	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة
مقابلة Control	٣٣	١٠٠	٥٤	١٠٠	٣٣	١٠٠	١٢	١٠٠
½ جرعة زنك	٣١	٩٣	٦٤	١١٨	٤٥	١٣٦	١٣	١٠٨
١ » »	٣٠	٩٠	٦١	١١٢	٤٢	١٢٧	١٤	١١٦
٢ » »	٣١	٩٣	٦٧	١٢٤	٥٢	١٥٧	١٩	١٥٨
½ جرعة مولبدنيم	٢٤	٧٢	٦٠	١١١	٤٠	١٢١	١٢	١٠٠
١ » »	٢٢	٦٦	٥٨	١٠٧	٤٠	١٢١	١٥	١٢٥
٢ » »	٢٧	٨١	٥٧	١٠٥	٤٣	١٣٠	١٥	١٢٥
½ جرعة نحاس	٣٣	١٠٠	٧٠	١٢٩	٤٣	١٣٠	١٠	٨٣
١ » »	٢٧	٨١	٦٦	١٢٢	٤٩	١٤٨	١٢	١٠٠
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس	٣٤	١٠٣	٦٦	١٢٢	٤٦	١٣٦	١٥	١٢٥
١ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٢٧	٨١	٥٨	١٠٧	٥٠	١٥١	٢٤	٢٠٠
½ جرعة بورن	٣٢	٩٦	٩٥	١٢٠	٤٨	١٤٥	٢٣	١٩١
١ » »	٢٦	٧٨	٦٧	١٢٤	٥٢	١٥٧	٢٨	٢٣٣
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن)	٣١	٩٣	٦١	١١٢	٥٠	١٥١	٢٤	٢٠٠

ويمكن تعليل ظاهرة الأثر السيء للعناصر الدقيقة على كمية الكلوروفيلات المتكونة فى المرحلة الأولى من النمو والنبات صغير بأن النباتات فى هذه المرحلة تكون ضعيفة رهيفة وشديدة الحساسية لأى عنصر يضاف إلى التربة وبتركيز مرتفع ، مما يؤدى هذا إلى الحد من نشاط العمليات الفسيولوجية الجارية فى النبات ، وهذا بالطبع ينعكس على معدل نمو وتكوين النباتات خصوصا المجموع الجذرى ، وبالتالى يقل حجم المجموع الخضرى ، فينخفض بذلك معدل التمثيل الضوئى فى النباتات مما يتبعه ظهور الاصفرار الذى هو نتيجة لنقص الصبغات الخضراء .

وعندما يبدأ النبات فى استعادة نشاطه الجديد بتكوين شعيرات جذرية ونموات خضرية يتأخر دخوله فى أطوار النمو المختلفة ، وعلى ذلك فالارتفاع التدريجى الملحوظ فى كمية الصبغات الخضراء فى مثل هذه المعاملات وخصوصا فى الأطوار الأخيرة من النمو يرجع فى أساسه إلى دخول النبات فى أطوار نموه المختلفة متأخرا إذا ماقورن بالمقابلة وبذلك تتأخر النباتات فى إنهاء فترة نموها ، أو يمكن القول إن فترة النمو الخضرى تزداد طولا إذا ماقورنت بمثيلاتها من نباتات المقابلة .

وتتفق هذه النتائج مع نتائج Gobenet (١٩٥١) ، Lutman (١٩٠٨) إذ يعلل الأخير نتائجه بأن النحاس يدخل فى مركب كيماوى مع الكلوروفيل مكونا بذلك مركبا ثابتا يحفظ الكلوروفيل من الانحلال أو الهدم .

أما المولبدنيم فإن أثره الموجب على تكوين الكلوروفيل يظهر فى الأطوار المتأخرة من النمو (الإزهار ، الإثمار) ومع التركيزات المخففة بالنسبة لكتان الألياف ، والمركزة (جرعتان) بالنسبة لكتان الزيت ، ويرجع هذا بالطبع إلى اختلاف الصنفين فى خواصهما البيولوجية . ويتميز المولبدنيم بأنه يشجع على الاحتفاظ بتركيزات مرتفعة من الكلوروفيل خصوصا فى طورى الإزهار ، والإثمار .

ويعلل Patner & Borken (١٩٦١) وجود كمية مرتفعة من الكلوروفيل الممثل فى النبات فى الأطوار الأخيرة من النمو وتحت أثر المولبدنيم ، إلى أنه يزيد من معدل تمثيل البروتين فى النبات . والبروتين — كما هو معروف — من المركبات الحامية للكلوروفيل .

أما بالنسبة للبورون فإنه يمكن القول بأن التركيزات المرتفعة منه (جرعتان) تعتبر سامة بالنسبة للنباتات إذ أنها تؤثر تأثيراً سالباً على نمو النبات ، وبالتالى يؤدى ذلك إلى اصفرار النبات وضعف نموه وتكوينه ، وأقلها فى هذا التأثير السام (الجرعة الواحدة) ، أما التركيزات المخففة (نصف جرعة) فإنها تؤثر تأثيراً موجباً على تمثيل الكلوروفيل فى بلاستيدات أوراق كتان الصنفين ، إلا أن هذه الزيادة شديدة الوضوح فى طورى الإزهار والإثمار ، ومع كتان الزيت إذ بلغت هذه الزيادة من ٢٣ — ٤٠ ٪ .

ويعلل Boslove (١٩٥٢) الأثر الموجب الراجع للبورن إلى أنه يحفظ الكلوروفيل من الهدم خصوصاً فى الأطوار الأخيرة من النمو ، إذ أن البورن يقوم بعمل مشترك مع عناصر التربة المعدنية اللازمة لتغذية النبات ، خصوصاً الأزوت ، ويقول إن البورن مشابه فى عمله المشترك عمل الحديد ، إذ أنه عند امتصاص الأزوت فى الأنسجة النباتية فى غياب الحديد يلاحظ هدم اللون الأخضر بالأوراق الطرفية فقط .

أما فى حالة امتصاص الأزوت فى الأنسجة النباتية وفى حالة غياب البورن فإن اللون الأخضر ينهدم فى الأوراق الوسطية للنبات . وعلى ذلك فإن البورن والحديد مهمان جداً فى حالة امتصاص الأزوت من التربة بواسطة النبات .

أما الزنك فإنه يتطبع بصفات أخرى فى تأثيره على كمية الصبغات الخضراء الممثلة ، إذ أنه لم يسبب أى أثر سالب على كمية الكلوروفيلات فى الطور الأول من النمو كما فى باقى العناصر . أما فى الأطوار المتتالية فإنه يسبب زيادة ملحوظة تصل إلى ٤٠ ٪ فى حالة استعمال جرعتين . أما الجرعة الواحدة فإنها تؤثر بطريقة أقل فى حالة كتان الزيت عنها فى حالة كتان الألياف . وعموما فإن الزيادة فى كمية الصبغات الخضراء فى مثل هذه المعاملات أكثر إذا ماقورنت بالمقابلة وتصل إلى ٣٥ ٪ من المقابلة .

ويعلل Shcolnic (١٩٥٧) هذه الزيادة بأن الزنك يدخل فى تركيب أنزيم التنفس Carbo-anhydrase وعلى ذلك فإن زيادة الزنك فى الغذاء النباتى يزيد من معامل تنفس النبات ، وبذلك تتراكم الطاقة التى يستعملها النبات فى بناء مركبات عضوية مختلفة .

جدول (٣—١)

تأثير العناصر الدقيقة ومخاليطها بتركيزات مختلفة على ديناميكية الكاروتينات الممثلة فى أوراق نبات كتان الزيت صنف Dolgonets عام ١٩٦٢/١٩٦٣

مليجرام فى كل ١٠٠ جرام مادة جافة

المعاملات	فترة البادرة ٢٠ أبريل		النمو السريع ١٦ مايو		الإزهار ١٠ يوليو		الإثمار ١ أغسطس	
	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة
مقابلة Control	٥,٠٠	١٠٠	٦,٠٠	١٠٠	٨,٤٠	١٠٠	٣,٢٠	١٠٠
½ جرعة زنك	٦,١٦	١٢٣	٧,٢٤	١٢٠	٨,٥٤	١٠١	٣,٤٤	١٠٧
١ » »	٥,٨٠	١١٦	٦,٦٠	١١٠	٧,٧٦	١٠٤	٣,٥٦	١١١
٢ » »	٧,٠٠	١٤٠	٨,٦٠	١٤٣	٨,٨٠	١٠٥	٤,١٢	١٢٨
½ جرعة مولبدنيم	٦,٤٠	١٢٨	٧,٦٨	١٢٨	٨,٥٢	١٠١	٣,٦٨	١١٥
١ » »	٧,٦٦	١٥٣	٨,٦٢	١٤٣	٨,٨٠	١٠٥	٣,٨٠	١١٨
٢ » »	٧,٢٠	١٥٤	٧,٣٢	١٢٢	٨,٢٨	٩٨	٣,٨٠	١١٨
½ جرعة نحاس	٧,٢٢	١٤٦	٨,٤٠	١٤٠	٩,٢٨	١١٠	٣,٤٠	١٠٧
١ » »	٧,٥٢	١٥٠	٩,٢٠	١٥٣	٩,٠٠	١٠٧	٣,٦٠	١١٢
½ جرعة (زنك + نحاس + مولبدنيم)	٧,٠٠	١٤٠	٩,٠٠	١٥٠	٨,٦٥	١٠٣	٣,٢٨	١٠٢
١ جرعة (زنك + نحاس + مولبدنيم)	٧,٤٠	١٤٨	٨,٨٠	١٤٦	٨,٣٢	٩٩	٢,٨٠	٨٧
½ جرعة بورن	٦,٠٠	١٢٠	٩,٣٢	١٥٥	٧,٤٠	٨٨	٣,٢٢	١٠٣
١ » »	٥,٥٤	١١٠	٧,٨٨	١٣١	٧,٤٠	٨٨	٣,٢٧	١٠٢
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن)	٦,٤٠	١٢٨	٨,٤٨	١٤١	٨,٢٠	٩٧	٢,٦٠	٨١

جدول (٣ - ب)

تأثير العناصر الدقيقة ومخاليطها بتركيزات مختلفة على ديناميكية الزانثوفيل الممثلة عام في نبات الكتان صنف Dolgonets عام ١٩٦٢ / ١٩٦٣
ملليجرام في كل ١٠٠ جرام مادة جافة

المعاملات	فترة البادرة ٢٠ أبريل		النمو السريع ١٦ مايو		الإزهار ١٠ يوليه		الإثمار ١ أغسطس	
	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة	الكمية مليجم	٪ المقابلة
مقابلة Control	٨٫٠٠	١٠٠	٨٫٦٥	١٠٠	٩٫٠٠	١٠٠	٤٫٠٠	١٠٠
½ جرعة زنك	٨٫٩٠	١١١	١٠٫١٠	١١٦	٩٫١٠	١٠١	٥٫٠٠	١٢٥
١ » »	٩٫١٠	١١٣	٩٫٨٥	١١٣	٩٫٤٠	١٠٤	٤٫٦٥	١١٦
٢ » »	١١٫٠٠	١٤٨	١٠٫٢٥	١١٨	٩٫٨٥	١٠٩	٥٫٦٥	١٤١
½ جرعة مولبدنيم	٩٫٨٠	١٢٢	١٠٫٥٠	١٢١	٩٫٣٥	١٠٣	٤٫٤٠	١١٠
١ » »	١٠٫٥٠	١٣١	١١٫٠٤	١٢٧	١٠٫٠٠	١٢٢	٥٫٣٠	١٣٢
٢ » »	١٠٫٨٠	١٣٥	٩٫٧٠	١١٢	٩٫٥٥	١٠٦	٤٫٧٠	١١٧
½ جرعة نحاس	١٠٫٨٠	١٣٥	١١٫١٥	١٣٢	٨٫٠٠	٨٨	٤٫٢٠	١٠٥
١ » »	١١٫٥٠	١٤٣	١٢٫٠٠	١٣٨	٨٫٦٠	٩٥	٣٫٧٥	٩٣
½ جرعة (زنك + نحاس + مولبدنيم)	١٠٫٢٠	١٢٧	١٠٫٠٠	١١٥	٩٫٨٠	١٠٩	٣٫٨٠	٩٤
١ جرعة (زنك + نحاس + مولبدنيم)	١٠٫٧٥	١٣٤	١١٫٣٠	١٣٠	١٠٫٠٠	١٢٢	٤٫٣٠	١٠٧
½ جرعة بورن	١٠٫٠٠	١٢٥	١٠٫٥٠	١٢١	٧٫٢٥	٨١٫٠	٤٫١٠	١٠٢
١ » »	٩٫٠٠	١١٢	٩٫٢٠	١٠٦	٨٫٠٠	٨٨٫٠	٤٫٠٠	١٠٠
½ » (زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن)	١٠٫٨٥	١٣٦	١٠٫٠٠	١١٥	٩٫٧٥	١٠٨	٣٫٨٠	٩٤

جدول (٤ — ١)

تأثير العناصر الدقيقة ومخاليطها بتركيزات مختلفة على ديناميكية الكاروتينات المتمثلة فى أوراق نبات الكتان صنف Coodriash عام ١٩٦٢/١٩٦٣

ملليجرام فى كل ١٠٠ جرام مادة جافة

المعاملات	فترة البادرة ٢٠ أبريل		النمو السريع ١٦ مايو		الإزهار ١٠ يوليه		الإثمار ١ أغسطس	
	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة
مقابلة Control	٢٫٨٤	١٠٠	٦٫٣٢	١٠٠	٥٫٦٠	١٠٠	٢٫٢٠	١٠٠
½ جرعة زنك	٣٫٣٢	١١٦	٨٫٠٠	١٢٦	٦٫٢٨	١١٢	٢٫٨٠	١٠٧
١ » »	٤٫٢٥	١٤٩	٧٫٣٢	١١٥	٦٫٠٠	١٠٧	٢٫٥٢	٩٦
٢ » »	٤٫٦٠	١٦١	٨٫٩٦	١٣٧	٧٫٢٤	١٢٩	٣٫٠٠	١١٥
½ جرعة مولبدنيم	٣٫٧٦	١٣٢	٨٫٨٠	١٣٩	٧٫٢٠	١٢٨	٣٫١٦	١٢١
١ » »	٣٫٤٠	١١٩	٨٫٠٣	١٢٦	٦٫٦٠	١١٧	٢٫٩٦	١١٤
٢ » »	٣٫٤٤	١٢٠	٧٫٦٨	١٢١	٦٫٦٤	١١٨	٢٫٦٤	١٠١
½ جرعة نحاس	٣٫٤٤	١٢٠	٨٫٩٦	١٣٧	٦٫٢٠	١١٠	٢٫٦٠	١٠٠
١ » »	٣٫٧٢	١٢٩	٩٫٢٠	١٤٥	٦٫٤٨	١١٥	٢٫٨٠	١٠٧
½ » (زنك + نحاس + مولبدنيم)	٣٫٦٠	١٢٦	٨٫٧٨	١٣٨	٦٫٦٠	١١٧	٣٫١٢	١٢٠
١ جرعة (زنك + نحاس + مولبدنيم)	٤٫٠٠	١٤٠	٨٫٢٠	١٢٩	٧٫٦٠	١٣٥	٣٫٦٠	١٣٨
½ جرعة بورن	٣٫٠٠	١٠٥	٨٫٠٠	١٣٥	٧٫٦٠	١٣٥	٣٫٨٠	١٤٤
١ » »	٢٫٦٠	٩١	٨٫٠٠	١٢٦	٧٫٦٠	١٣٥	٤٫٠٨	١٥٦
½ جرعة زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن)	٤٫٦٨	١٦٤	٧٫٦٨	١٢١	٧٫١٢	١٢٧	٣٫١٢	١٥٧

جدول (٤ — ب)

تأثير العناصر الدقيقة ومخاليطها بتركيزات مختلفة على ديناميكية الزانثوفيل الممثلة فى أوراق نبات الكتان صنف Coodriash عام ١٩٦٢ / ١٩٦٣

ملليجرام كل ١٠٠ جرام مادة جافة

المعاملات	فترة البادرة ٢٠ إبريل		النمو السريع ١٦ مايو		الإزهار ١٠ يوليه		الإثمار ١ أغسطس	
	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة	الكمية ملليجم	٪ المقابلة
مقابلة Control	٣٫٧٥	١٠٠	٧٫٥٥	١٠٠	٥٫٦٠	١٠٠	٤٫٥٠	١٠٠
½ جرعة زنك	٥٫٦٥	١٣٤	١٠٫٠	١٣٢	٦٫٣٤	١١٣	٤٫٠٠	٨٨
١ » »	٤٫٥٠	١٠٧	٨٫٤٥	١١١	٦٫١٥	١٠٩	٤٫٣٥	٩٦
٢ » »	٦٫٥٠	١٥٤	١٠٫٧٥	١٤٢	٧٫٤٠	١٣٢	٥٫٠٠	١١١
½ جرعة مولبدنيم	٦٫١٥	١٤٦	١٢٫٠	١٥٨	٧٫٧٠	١٣٧	٤٫٧٥	٩٤
١ » »	٥٫٥٠	١٣٠	٩٫٥٠	١٢٥	٧٫٣٠	١٣٠	٤٫٦٠	١٠٢
٢ » »	٦٫٣٤	١٥١	١٠٫٤٥	١٣٨	٦٫٦٥	١١٨	٤٫٧٥	١٠٥
½ جرعة نحاس	٦٫٣٠	١٥٠	١٢٫٦٠	١٦٦	٧٫٢٠	١٢٨	٤٫١٦	٩٢
١ » »	٥٫٧٠	١٣٥	١٠٫٩٠	١٤٤	٧٫٩٠	١٤١	٤٫٥٥	١٠١
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٤٫٦٥	١١٠	٩٫٦٥	١٢٧	٨٫١٠	١٤٤	٤٫٧٠	١٠٤
١ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس)	٥٫١٠	١٢١	١٢٫٠	١٥٨	٩٫٠٠	١٦٠	٥٫٠٠	١١١
½ جرعة بورن	٥٫٢٥	١٢٥	١٠٫٦٠	١٤٠	٩٫٤٠	١٦٧	٤٫٩٠	١٠٨
١ » »	٤٫٤٠	١٠٥	٨٫٧٠	١١٥	١١٫٠٠	١٩٦	٦٫٠٠	١١٣
½ جرعة (زنك + مولبدنيم + نحاس + بورن)	٦٫٧٥	١٦٠	١٠٫٢٠	١٣٥	٩٫٧٠	١٧٣	٥٫٦٠	١٢٤

ثانيا — تأثير العناصر الدقيقة على الصبغات الصفراء :

يبين الجدول ٣ (ا ، ب) نتائج دراسة تأثير العناصر الدقيقة على ديناميكية التمثيل الحيوى للصبغات الصفراء فى كتان الألياف .

كما يبين الجدول ٤ (ا ، ب) نتائج دراسة تأثير العناصر الدقيقة على ديناميكية التمثيل الحيوى للصبغات الصفراء فى كتان الزيت .

ومن نتائج الجدولين يمكن القول إن العناصر الدقيقة ومخاليطها فى حالتى كتان الألياف والزيت تزيد من كمية الصبغات الصفراء الممثلة فى المرحلة الأولى (البادرة ٢٠ أبريل) إذ بلغت هذه الزيادة ١٦ — ٦٠ ٪ من المقابلة ، وكانت المعاملات التى استعمل فيها الزنك والمولبدنيم بتركيز جرعتين والنحاس بتركيز جرعة والمخاليط المتكون من العناصر بتركيز جرعة أعلاها فى كمية الصبغات الصفراء ، بينما التركيزات المخففة من العنـــاصر ومن مخاليطها ، سببت زيادة فى حدود ٢٠ ٪ .

أما فى مرحلة النمو السريع (١٦ مايو) فقد استمرت نفس هذه الصورة فى حالتى كتان الألياف والزيت ، غير أنها بدأت فى الاختفاء بعض الشىء فى مرحلة الإزهار (١٠ يوليو) وخصوصاً مع الكاروتينات .

أما الزنثوفيل فقد ظل مرتفع التركيز فى هذه الفترة . أما فى مرحلة الإثمار فقد عاود ظهور النسبة المرتفعة من كل من الكاروتينات والزانثوفيل وفى كل من الصنفين ، خصوصاً مع المعاملات التى استعمل فيها الزنك والمولبدنيم بتركيز جرعة وجرعتين . وفى حالة الكاروتينات كذلك استمرت مثل هذه الزيادة فى الزانثوفيل ومع مخاليط (الزنك والمولبدنيم والنحاس) بتركيز جرعة ، (الزنك والمولبدنيم والنحاس والبورن) بتركيز نصف جرعة من كل فى الصنفين .

هذا وتؤيد النتائج الخاصة بهذه التجربة نتائج Peeve (١٩٦١) ، Jeznovesky & Crown (١٩٦١) والتى تشير الى أن النحاس عند إضافته كسماد لبعض النباتات يقلل من نسبة الكاروتينات فى أوراقها ويزيد من نسبة الزانثوفيل . ويعلل هذا بالتفاعل العكسى الذى يجرى داخل النباتات مع وجود النحاس الذى يدخل فى تكوين إنزيم الـ Poly-phynol oxidase . ومن المعروف أن هذا الإنزيم يقوم بأكسدة الكاروتينات وزيادة نشاط هذا الإنزيم يعتمد على كمية النحاس الموجودة بالوسط الذى يعمل به ،

إذ أن زيادة نشاطه مطردة مع زيادة كمية النحاس الموجودة فى الأوراق فى جميع مراحل النمو .

ويشير Peeve (١٩٦١) إلى أن البورن يشابه فى عمله المولبدنيم بالنسبة للصبغات الصفراء ، غير أن الأثر الموجب الناتج عن البورن شديد الوضوح فى المراحل الأخيرة من النمو بعكس المولبدنيم الذى يقل أثره فى هذه المرحلة .

ويرجع انخفاض كمية السكاروتينات والزانثوفيل فى مرحلة الإزهار أو ثباتها الملحوظ فى بعض معاملات التجربة ، إلى شدة استهلاك النبات لمثل هذه المركبات فى بناء الفيتامينات والمركبات العضوية اللازمة لهذه المرحلة .

الخلاصة

(١) تختلف العناصر الدقيقة فى تأثيرها على كمية الصبغات البلاستيدية الممثلة فى أوراق النباتات ، وهذا الاختلاف يتوقف على نوع العنصر المستعمل والجرعة المستعملة منه وطريقة الاستعمال والخواص البيولوجية للأصناف . هذا الأثر إما أن يكون موجبا أو سالبا . كذلك يختلف هذا الأثر وميعاد ظهوره على النباتات باختلاف أطوار النمو ، فإما أن يظهر فى الأطوار الأولى من النمو ، أو ينعكس هذا الأثر على الأطوار الأخيرة فقط .

(٢) تؤثر العناصر الدقيقة تأثيرا سالبا على كمية الكلوروفيلات الممثلة فى الطور الأول من النمو (البادرة) بينما تؤثر تأثيرا موجبا على كمية الصبغات الصفراء والممثلة فى نفس الطور من النمو ، وعلى ذلك يظهر على النباتات المعاملة ظاهرة الاصفرار ، وكلما زاد تركيز العنصر المستعمل زاد الأثر الواضح للعناصر الدقيقة .

(٣) تتميز التركيزات المرتفعة من النحاس بزيادة كمية الكلوروفيلات الممثلة فى أوراق النباتات فى الطور الثانى من النمو (النمو السريع) بينما يختفى هذا الأثر فى الأطوار المتتالية . ويتميز المولبدنيم بأنه يزيد من كمية الكلوروفيلات الخضراء حتى فى الأطوار الأخيرة من النمو . أما البورن فتأثيره يتوقف على الجرعة المستعملة منه فالجرعات المرتفعة من العنصر تؤثر تأثيرا ساما . أما التركيزات المنخفضة فإنها تؤثر تأثيرا موجبا على كمية الكلوروفيلات الممثلة خصوصا فى الأطوار

الأخيرة من النمو . ويتميز الزنك بأنه يؤثر تأثيرا موجبا على كمية الكلوروفيلات الممثلة فقط فى طور الإزهار .

(٤) أعلى أثر موجب للعناصر الدقيقة على كمية الصبغات الصفراء كان واضحا مع الموليدنيم والنحاس . يليها البورن والزنك . هذا الأثر يكون شديد الوضوح فى الطور الأول من النمو . بعد ذلك يبدأ فى القلة فى الأطوار المتتالية .

(٥) تأثير مخاليط العناصر الدقيقة على الصبغات الممثلة يختلف باختلاف الجرعة المستعملة منها ونوع العناصر الداخلة فى تركيب المخلوط ، وعموما يمكن القول إنه كلما زادت التركيزات المستعملة من مخاليط العناصر الدقيقة علاوة على زيادة عدد الأملاح المتكون منها المخلوط ، ظهر الأثر بوضوح .

المراجع

(1) Anderson, A. J. and D. Spencer (1950) Austr. Jour. Sci. Res., Ser. 6, 3: 431-449.

(2) Booslove, E. D. (1952) **Trace Elements in the Life of Plants and Animals.** (In Russian). Moscow: U.S.S.R. Academy of Science. pp. 259-275.

(3) Gobenet, E. R. (1951) **Plant and Chlorophyll.** Moscow: U.S.S.R. Academy of Science.

(4) Jeznovisky, I., and A. E. Crawon (1961) Pant Physiol., 4. (In Russian).

(5) Lutman, B. F. (1906) The effect of copper on chlorophyll composition. Vermont Agric. Exper. Sta. Bull. 6.

(6) Okonsove, M. M. (1947) U.S.S.R. Acad. Sci. Trans., 57(4).

(7) Peeve, V. B. (1961).

(8) Scholnic, M. Y. (1952) 2nd Confr. Photosynthesis, Moscow Univ., pp. 206-266.

* * *