تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على كل من مسببات الأمراض ونشاط وأعداد الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة وعلاقة ذلك بالمحصول

إلى جانب تأثير التعقيم على مختلف مسببات الأمراض والآفات، وبذور الحشائش التى توجد فى التربة، فإن له تأثيرات أخرى كبيرة على مجمل أنواع الكائنات الدقيقة الأخرى التى تعيش فى التربة، والتى يكون لنشاطها البيولوجى تأثيرات بالغة على النمو النباتى فيها. ونحاول – فى هذا الجزء – التعرف على تلك التغيرات، وكيفية حدوثها.

كان Katan (١٩٨٠) قد أوضح أن درجات الحرارة وصلت فى القطع التجريبية المغطاة بالبلاستيك إلى ٥٠°م على عمق ٥ سم، وإلى ٤٤°م على عمق ٢٠ سم، وأن تلك الحرارة كانت أعلى بمقدار ٨–١٢°م مما كانت عليه الحال فى القطع التجريبية غير المغطاة بالبلاستيك.

لكن تأثير التغطية بالبلاستيك لا يرجع فقط إلى الارتفاع فى درجة الحرارة، بل ربما يتضمن أيضًا نوعًا من المقاومة الحيوية؛ إذ إن الفطريات التى وضعت – تجريبيًّا – على عمق كبير فى التربة قد قُضى عليها أيضًا، برغم أن درجة الحرارة لم تكن شديدة الارتفاع على هذه الأعماق.

وربما تحدث المكافحة الحيوية أثناء – وبعد – التغطية بالبلاستيك عن طريق:

١– زيادة قدرة الكائنات المضادة للكائنات المسببة للأمراض على المنافسة تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة.

٢– حدوث تغير فى التوازن بين الكائنات الدقيقة فى التربة لصالح الكائنات غير المرضية المنافسة.

فمثلاً .. تزداد أعداد بعض الكائنات المفيدة؛ مثل *Trichoderma* spp. والأكيتنوميسيتات Actinomycetes (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

كذلك وجدت زيادة معنوية فى النمو الخضرى والجذرى، ومحصول البطاطا عند تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى حتى فى غياب مسببات الأمراض الرئيسية، وتبين

ارتباط تلك الزيادة بأعداد الكائنات الدقيقة التى وجدت فى الوسط المحيط بالجذور (الرايزوسفير Rhizosphere)؛ حيث لوحظت زيادة فى أعداد البكتيريا من الجنس *Pseudomonas*، وبعض الفطريات فى المحيط الجذرى للبطاطا فى معاملة التعقيم (Stevens وآخرون ١٩٨٨ب، و ١٩٨٨ جـ).

وقد وجد Stevens وآخرون (١٩٩٠) أن معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى أدت إلى زيادة أعداد البكتيريا والفطريات المقاومة للحرارة فى المحيط الجذرى لنباتات الكولارد النامية فى الأرض المعاملة؛ مقارنة بالأرض غير المعاملة.

كما وجد Gamliel & Katan (١٩٩١) ن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى أنقص أعداد البكتيريا والفطريات فى التربة حتى عمق ٩٠ سم، بينما كانت الأكتينوميسيتات Actinomycetes أقل تأثرًا. كذلك انخفضت أعداد البكتيريا والفطريات التى تتحمل الحرارة بالمعاملة.

وبالمقارنة .. فقد ازدادت أعداد الـ Pseudomonads الفلورية fluorescent إلى نحو ١٣٠ ضعفًا فى محيط جذور النباتات فى الأراضى المعقمة بالإشعاع الشمسى، بالرغم من حساسية هذه البكتيريا للحرارة.

وأَنْقصَ التعقيم بالإشعاع الشمسى – بشدة – أعداد الفطريات الكلية فى محيط النمو الجذرى للنباتات، وخاصة فطر *Penicillium pinophilum* الذى يسبب تقزم النباتات، وفطر *Pythium* spp.

ومن بين الـ Pseudomonads الفلورية التى أمكن عزلها وجد أن *Pseudomonas putida*، و *P. fluorecens*، و *P. alcaligenes* تحفز نمو نباتات الطماطم.

كما وجد أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى زيادة معدلات عزل البكتيريا ذات النشاط المضاد للنمو الميكروبى من محيط الجذور.

كذلك قام Gamliel & Katan (١٩٩٢ب) بدراسة تأثير تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى على إفرازات بذور وجذور الطماطم ودورها فى توطيد الـ Pseudomonads

الفلورية فى التربة. وتبين أن تلك الإفرازات تحتوى – فى التربة المعقمة بالإشعاع الشمسى – على كميات أقل من السكريات وكميات أكبر من الأحماض الأمينية والمركبات الأمينية – التى كانت غير مناسبة لنمو الفطريات والبكتيريا فى البيئات الصناعية – مقارنة بإفرازات البذور وجذور النباتات النامية فى تربة غير معقمة بالإشعاع الشمسى. واستنتج الباحثان من دراستهما أن التعقيم بالإشعاع الشمسى يمكِّن تلك الـ Pseudomonads الفلورية من المنافسة على إفرازات البذور والجذور.

كما وجد الباحثان (Gamliel & Katan ١٩٩٢أ) أن النوعين البكتيريين *Pseudomonas putida*، و *P. flourescens*، أظهرا انجذابًا كيميائيًّا – فى أنبوبة شعرية – نحو إفرازات البذور المزروعة فى تربة معقمة بالإشعاع الشمسى – بدرجة أكبر من انجذابها نحو إفرازات البذور المزروعة فى تربة غير معقمة بهذه الطريقة. كذلك أظهرت هذه البكتيريا – فى حركتها – انجذابًا نحو مخلوط من الأحماض الأمينية أو من الأحماض الأمينية مع السكريات. وقد أستُنْتج من ذلك أن تلك الخاصية للـ Pseudomonads الفلورية تسهم فى توطيدها فى التربة المحيطة بجذور النباتات فى التربة المعقمة بالإشعاع الشمسى.

ويستدل من عديد من الدراسات أن عملية تشميس التربة لا يقتصر دورها على قتل المسببات المرضية بتأثير الحرارة العالية فقط؛ فلقد أمكن مكافحة الفطر *Verticillium dahliae* – على سبيل المثال – على أعماق ٧٠–١٢٠ سم، وهى أعماق لا ترتفع حرارتها بالتشميس. كذلك تأثرت عشائر بعض المسببات المرضية سلبًا بالتشميس وهى على أعماق كبيرة، مثل الفطر *Phytophthora cinnamomi* حتى عمق ٧٠ سم، كما تأثرت النيماتودا *Paratrichodorus porosus*، و *Paratylenchus hamatus* حتى عمق ٤٦ سم، و *Paratylenchus vulnus* حتى عمق ٩١ سم.

كذلك تبين عديد من الدراسات أن تأثير عملية التشمس فى مكافحة المسببات المرضية مثل الذبول الفيوزارى وذبول فيرتسيليم يدوم لمدة موسمين إلى ثلاث مواسم زراعية، حيث تصبح التربة مثبطة للأمراض.

وقد تبين أن الأرض المعقمة بالتشميس يزداد فيها كثيرًا عشائر عديد من الكائنات الدقيقة المنافسة للمسببات المرضية والمضادة لها، مثل:

Florescent *Pseudomonas* spp.	*Penicillium* ssp.
Aspergillus spp.	*Trichoderma* spp.
Talaromyces flavus	*Bacillus* spp.
Glomus spp.	

كذلك تنخفض فى التربة المعاملة بالتشميس عشائر الفيوزاريم الممرض، بينما تزداد عشائر الفيوزاريم الرِمّى (غير المرض)؛ مما يزيد من المنافسة بينهما (Davis ١٩٩١، و DeVay ١٩٩١ب).

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن عملية التعقيم بالإشعاع الشمسى تصاحبها – عادة – زيادة كبيرة فى النمو النباتى والمحصول حتى فى غياب مسببات الأمراض الهامة – أصلاً – من التربة المعاملة، وتكون هذه الزيادة أكبر – بطبيعة الحال – عندما يقضى التعقيم بالإشعاع الشمسى على ما قد يكون موجودًا فى التربة من مسببات الأمراض، أو الآفات الهامة (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

ففى تكساس .. درس Hartz وآخرون (١٩٨٥) تأثير تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى على محصول الفلفل والقاوون (الكنتالوب) عند زراعتهما – بالتوالى – بعد التعقيم. كان التعقيم لمدة شهر واحد هو شهر يوليو، واستخدم بوليثيلين شفاف بسمك ٤٠ ميكرونًا. وبعد هذه الفترة أزيل الغطاء البلاستيكى من بعض القطع، ورُش بطلاء عاكس للضوء فى قطع أخرى. وقد وجد أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى زيادة محصول الفلفل بمقدار ٢٠٪. وعندما ترك الغطاء البلاستيكى فى مكانه، مع طليه بطلاء عاكس للضوء ازداد محصول الفلفل بمقدار ٥٣٪، عما هو فى حالة عدم إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى. كما كان هناك تأثيرمتبق للتعقيم بالإشعاع الشمسى على محصول القاوون الذى زرع فى الربيع التالى. هذا ولم تكن فى التربة كائنات ممرضة معينة يمكن أن يقال إن الزيادة فى المحصول قد حدثت نتيجة القضاء عليها.

وفى الأردن .. قارن الأسعد وأبو غريبة (١٩٨٦) تغطية التربة الرطبة بشرائح بلاستيكية شفافة بسمك ٤٠ ميكرونًا لمدة شهر واحد، أو شهرين، والتغطية ببلاستيك أسود بسمك ٤٥ ميكرونًا لمدة شهرين، مع التبخير ببروميد الميثايل بمعدل ٦٨ جم/م^{٢}، وبدون معاملة للمقارنة، وكانت النتائج كما يلى:

١- بلغت درجة الحرارة العظمى على أعماق ١٠، و ٢٠ سم حوالى ٥٠°م، و ٤٤°م تحت البلاستيك الشفاف، و ٤٢°م، و ٤٠°م تحت البلاستيك الأسود، مقارنة بنحو ٤٠°م، و ٣٨°م فى التربة غير المغطاة.

٢- ظهرت فاعلية عالية للتغطية – بالبلاستيك الشفاف لمدة شهرين – مساوية لمعاملة التبخير ببروميد الميثايل فى تخفيض أعداد كل من الفطريات *Fusarium oxysporum*، و *F. solani*، و *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani*، وكذلك أعداد النيماتودا *Tylenchorhynchus* spp.، وبعض أنواع النيماتودا الحرة فى التربة. كما كانت التغطية – بالبلاستيك الشفاف لمدة شهر واحد، وبالبلاستيك الأسود لمدة شهرين – أقل فاعلية من التغطية بالبلاستيك الشفاف لمدة شهرين، ولكن دون فروق معنوية.

٣- أدت جميع معاملات التغطية بالبلاستيك والتبخير ببروميد الميثايل إلى زيادة النمو الخضرى وإنتاجية الطماطم، والباذنجان جوهريًّا. ولم تظهر أية فروق معنوية بين نتائج التبخير ببروميد الميثايل وأى من معاملات التغطية بالبلاستيك لمدة شهرين. وبرغم أن التغطية بالبلاستيك الشفاف لمدة شهر واحد أعطت إنتاجية أقل من معاملات التغطية الأخرى فى تجربة الطماطم، إلا أن هذا الاختلاف لم يظهر فى تجربة الباذنجان.

وفى ألاباما بالولايات المتحدة .. أدى تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى لمدة ٩٨ يومًا إلى رفع حرارة التربة إلى ٤٩°م – على الأقل – لمدة ٤١ يومًا من فترة التعقيم، بارتفاع قدره ١٤°م عن درجة حرارة التربة المكشوفة. وأدى ذلك إلى خفض إصابة الفلفل بالفطر *Sclerotium rolfsii* بنسبة ٩٥٪، مع التخلص التام من الأجسام الحجرية للفطر فى السنتيمترات العشرة العلوية من التربة (Stevens وآخرون ١٩٨٨أ).

وفى دراسة أخرى .. قورنت زراعة البطاطا صنف Georgia Jet فى ارض معقمة بالإشعاع الشمسى مع زراعتها فى أرض غير معقمة، وكانت النتائج كما يلى:

١- ازداد النمو الخضرى والجذرى، ومحصول البطاطا حتى فى غياب مسببات الأمراض الرئيسية.

٢- ارتبطت الزيادات فى النمو النباتى بأعداد الكائنات الدقيقة التى وجدت فى بيئة نمو الجذور (الـ Rhizosphere)، حيث لوحظت زيادة فى أعداد البكتيريا من الجنس *Pseudomonas*، وبعض الفطريات فى رايزوسفير البطاطا فى معاملة التعقيم.

٣- انخفضت أعداد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بنسبة ٩٢٪ عند التعقيم بالإشعاع الشمسى (Stevens وآخرون ١٩٨٨ب).

وفى دراسة مماثلة على الكرنب والبروكولى .. كان المحصول أسرع تبكيرًا بمقدار ثلاثة أسابيع وأعلى جوهريًّا بنسبة ٢٥٠٪ عند تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى؛ مقارنة بالمحصول فى التربة غير المعقمة. كذلك ازدادت أعداد الأكتينوميسيتات، وبعض الفطريات، والبكتيريا الفلورية التابعة للجنس *Pseudomonas* فى رايزوسفير هذه المحاصيل فى التربة المعقمة بالإشعاع مقارنة بما حدث فى التربة غير المعقمة، بينما انخفضت شدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (Stevens وآخرون ١٩٨٨جـ).

وفى مصر .. وجد Abdel-Rahim وآخرون (١٩٨٨) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى فى أراض تروى بالغمر أدى إلى:

١- مكافحة الحشائش، والهالوك، ومرض الجذر الفلينى، ونيماتودا تعقد الجذور — بكفاءة — فى حقول الطماطم.

٢- مكافحة النيماتودا *Rotylenchulus reniformis* لمدة ٦٠ يومًا بعد الزراعة.

٣- تحسين النمو وزيادة المحصول بنسب تراوحت بين ٢٥٪ و ٤٣٢٪ فى الفول الرومى، والبصل، والطماطم، والبرسيم فى نوعيات مختلفة من الأراضى.

٤- دام تأثير المعاملة بالنسبة لكل من مكافحة الأمراض وزيادة المحصول لمدة موسمين، أو ثلاثة مواسم زراعية.

٥- حدث انخفاض فى درجة ملوحة التربة.

٦- كان للمعاملة – فى إحدى التجارب – تأثيرًا سيئًا على تكوين العقد الجذرية لبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور الفول الرومى، حيث تقزمت النباتات.، ولكنها استعادت نموها ثانية.

وفى دراسة أخرى أجريت فى مصر على الطماطم – قارن فيها El-Shami وآخرون (١٩٩٠أ، و ١٩٩٠ب) تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى بالتعقيم ببروميد الميثايل – وُجد ما يلى:

١- كان التعقيم بالإشعاع الشمسى أكثر كفاءة بدرجة كبيرة عن التبخير ببروميد الميثايل فى مكافحة الفطر المسبب للذبول الفيوزارى؛ حيث أدت تغطية التربة – التى حقنت بالفطر – بشرائح البلاستيك الشفاف بسمك ٤٠ ميكرونًا لمدة ٤ أو ٧ أسابيع خلال فصل الصيف إلى خفض شدة الإضاءة بالمرض إلى نفس مستواه فى التربة التى غطيت بالبلاستيك دون أن تحقن بالفطر.

٢- حُصل على تأثير مماثل عندما كانت التغطية بالبلاستيك لمدة أسبوعين فقط خلال شهر سبتمبر.

٣- كذلك حُصل على نتائج ماثلة عندما استعمل البلاستيك الأصفر، ولكن البلاستيك الأسود كان أقل فاعلية.

٤- كما كان التعقيم بالإشعاع الشمسى أكثر كفاءة من التبخير ببروميد الميثايل فى زيادة النمو النباتى والمحصول، حتى فى غياب الفطر المسبب للذبول الفيوزارى؛ فقد ازداد المحصول بمقدار ٢,٥ إلى ٣ أضعاف فى الأرض المعقمة بالإشعاع الشمسى. مقارنة بزيادته إلى الضعف فقط فى الأرض المعقمة ببروميد الميثايل. كذلك ازداد وزن النمو الخضرى والجذرى (الطازج والجاف) بمقدار ٣-٤ أضعاف فى الأرض التى عُقمت بالإشعاع الشمسى، مقارنة بالوزن فى الأرض التى تركت دون تعقيم.

وقد أوضحت دراسات Hartz وآخرين (١٩٨٩) على البصل أن تعقيم الحقل بطريقة الإشعاع الشمسى لمدة ٦٢ يومًا أحدث زيادة جوهرية فى نسبة إنبات البذور والمحصول،

بينما أحدث نقصًا فى الإصابة بمرض الجذر الوردى الذى يسببه الفطر *Pyrenochaeta terrestris*. وأدى تعقيم مراقد البذور الحقلية بهذه الطريقة إلى القضاء الكامل على إصابة شتلات البصل بهذا الفطر، ولكن لم تكن لمعاملة مراقد البذور أية تأثيرات على محصول البصل، أو قطر الأبصال، أو الإصابة بالجذر الوردى عند الحصاد عندما زرعت الشتلات فى حقل ملوثٍ بالفطر المسبب للمرض.

كذلك تبين لدى مقارنة التعقيم بالإشعاع الشمسى – فى ألاباما – مع المعاملة بمبيد الحشائش داكثال Dacthal 75W فى حقول الكولارد ما يلى:

١- أحدثت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى نقصًا قدره ٩١٪ فى أعداد الحشائش، وكانت تلك المعاملة أكثر كفاءة من المعاملة بالداكثال فى مكافحة الحشائش.

٢- ازداد محصول الكولارد فى الأرض المعقمة بالإشعاع.

٣- ازدادت أعداد البكتيريا والفطريات المقاومة للحرارة فى المحيط الجذرى للنباتات النامية فى الأرض المعقمة بالإشعاع مقارنة بما حدث فى الأرض غير المعاملة (Stevens وآخرون ١٩٩٠).

وقد أوضحت دراسات Porter وآخرين (١٩٩١) أن الجمع فى تعقيم التربة بين استعمال الدازوميت (البازاميد) بمعدل ١٠٠ كجم للهكتار (٤٢ كجم للفدان) والتعريض للإشعاع الشمسى أعطى مكافحة للفطر المسبب للجذر الصولجانى (*Plasmodiophora brassicae*) أفضل من أى من المعاملتين منفردة. وقد أدى التعقيم المزدوج بالإشعاع الشمسى والدازوميت إلى خفض شدة الإصابة بالمرض فى القنبيط من ٢,٧ إلى ٠,٩ وإلى زيادة المحصول من ٢,٤ إلى ٤٧ طنًا للهكتار، ولكن كانت أفضل النتائج حينما جُمع بين معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى والتبخير ببروميد الميثايل بمعدل ١٠٠ كجم للهكتار. كذلك أدت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى مع أى من معاملتى التبخير (ببروميد الميثايل أو بالدازوميت) إلى مكافحة الحشائش بصور أفضل من أى من معاملات التعقيم منفردة.

وقد تمكن Ristaino وآخرون (١٩٩١) من مكافحة مرض اللفحة الجنوبية التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* للطماطم – وغيرها من محاصيل الخضر – بشكل جيد

بتعقيم التربة بالإشعاع الشمسى لمدة ستة أسابيع خلال الموسم الحار مع معاملة التربة بالفطر المنافس *Gliocladium virens*. وكانت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى قد رفعت حرارة التربة – فى موسمى هذه الدراسة – بنحو ٩–١٤°م.

ويستفاد من دراسات Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) أن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسى يزيد كثيرًا من فاعلية التعقيم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور. وأدت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى منفردة إلى مكافحة الفطر *Pythium ultimum* وزيادة محصول الخس، كما أظهر فحص التربة المحيطة بالجذور وجود زيادة كبيرة فى أعداد البكتيريا من الـ Pseudomonads الفلورية (الـ fluorescent) ومن جنس *Bacillus*.

وقد وجد Hartz وآخرون (١٩٩٣) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى أحدث زيادة فى محصول الفراولة بلغت ١٢٪، ولكن الزيادة فى المحصول بلغت ٢٩٪ عندما اقترنت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى بالتبخير بأى من الميثام صوديوم Metam-Sodium (الفابام) أو بروميد الميثايل. وأفادت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى فى مكافحة الحشائش الحولية، وكل من الفطريات التالية:

Phytohthora cactorum *P. citricola*

Verticillium dahliae

وقد قارن Gonzalez-Torres وآخرون (١٩٩٣) تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر أو شهرين مع التبخير بالميثام صوديوم Metam-Sodium فى مكافحة الفطر المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى البطيخ، وتوصلوا إلى النتائج التالية:

١– أدت التغطية بالبلاستيك إلى رفع حرارة التربة بنحو ٥°م (إلى ٤٤°–٤٨°م) على عمق ١٠ سم، وبنحو ٤–٥°م (إلى ٤٠°م–٤٢°م) على عمق ٢٠–٣٠ سم.

٢– أحدث التعقيم بأى من الطريقتين نقصًا فى أعداد الفطر فى الخمسة عشر سنتيمترًا السطحية من التربة.

٣– حدث ثبات نسبى فى أعداد الفطر خلال التسعة شهور التى أعقبت التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين؛ حيث استمرت منخفضة، ولكن أعداد الفطر تقلبت

خلال نفس الفترة فى التربة التى عقمت بالإشعاع الشمسى لمدة شهر واحد، وارتفعت فى التربة التى عقمت بالتبخير.

٤- أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين إلى مكافحة المرض بصورة كاملة وزيادة محصول البطيخ بمقدار خمسة أضعاف، بينما أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر واحد إلى إبطاء تقدم المرض – فقط – مع زيادة محصول البطيخ إلى أكثر من الضعف فى الوقت الذى أدى فيه التبخير إلى وقف تطور المرض كثيرًا وزيادة المحصول بمقدار ثلاثة أمثال نباتات معاملة الشاهد التى زرعت فى تربة محقونة بالفطر (كما فى معاملات التعقيم) ولكنها لم تعقم.

ويستدل من دراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤أ) فى ولاية فلوريدا الأمريكية على أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى رفع حرارة التربة إلى ٤٩,٥ °م، و ٤٦,٠ °م، و ٤١,٥ °م عند عمق ٥، و ١٥، و ٢٥ سم على التوالى، مقارنة بحرارة ٤٣,٨ °م، و ٣٨,٩ °م، و ٣٦,٥ °م عند نفس الأعماق – على التوالى – فى التربة غير المغطاة بالبلاستيك. وقد كانت عملية التغطية بالبلاستيك مصاحبة بنقص معنوى فى كثافة الفطرين *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycoperscici* حتى عمق ٥ سم، والبكتيريا *Ralstonia solanacearum* حتى عمق ١٥ سم، والفطر *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* حتى عمق ٢٥ سم.

التأثيرات الأخرى الإيجابية والسلبية للتعقيم بالإشعاع الشمسى

التأثيرات الإيجابية

يؤدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى تحقيق مزايا أخرى؛ نذكر منها ما يلى:

١- تزداد الكميات الميسرة لاستعمال النبات من بعض العناصر المغذية – مثل النيتروجين (فى صورتيه النيتراتية والأمونيومية)، والكالسيوم، والمغنسيوم (عن Pullman وآخرون ١٩٨٤).

٢- يحدث انخفض فى ملوحة التربة (Abdel-Rahim وآخرون ١٩٨٨)؛ بسبب