Растителна защита
електронно списание за растителна защита
семена, торове и земеделие
ISSN 2815-522X

Обеззаразяване на почвата в оранжерии

проф. д-р Стойка Машева, ИЗК "Марица", ССА; проф. д-р Винелина Янкова, Институт за зеленчукови култури "Марица" – Пловдив, ССА

Дата 19.10.2026 | **Брой** 10/2026 | **ISSN** 2815-522X | **Език** BG
www.plant-protection.com/article/2481?lang=bg



Резюме

Осигуряването на икономически и екологично изгодни методи за управление на почвените вредители и възстановяване и запазване здравето на почви и субстрати е основна задача за производителите на зеленчукова продукция както на открито, така и в култивационните съоръжения. Често по различни причини в почвата се натрупват причинители на болести и неприятели, чието присъствие застрашава цели производства. В статията е направен преглед на най-разпространените методи за обеззаразяване на почвата в оранжерии – физични, химични и биологични и вредителите, които те атакуват. От физичните методи са включени пропарване и соларизация и физичните параметри, при които те са ефикасни – температура, влажност, продължителност на експозицията. От химичните методи са разгледани фумигирането с Базамид гранулат и Немасол 510, внасянето на Велум Прайм СК с капковата система и Нематорин 10 Г с последващо инкорпориране, срещу галови нематоди. При биологичните методи са включени биофумигацията и внасяне на биоагенти в почвата.

Обеззаразяването на почвата е важно мероприятие, защото защитава отглежданите растения от неприятели и болести, подобрява качеството на почвата и стимулира здравословния им растеж и развитие. То има голямо икономическо значение защото:

- Защитава растенията. Чрез обеззаразяването се премахват патогени и неприятели, които влияят отрицателно върху здравето на растенията и добива;

- Подобрява качеството на почвата: Ефективната дезинфекция подобрява усвояването на хранителни вещества и поддържа здравословна екосистема, което е ключово за здрави коренови системи;

- Предпазва от бъдещи проблеми в дългосрочен план. Редовното обеззаразяване може да помогне за предотвратяване на повторна поява на почвенопреносими болести;

Добри практики за повишаване ефекта от обеззаразяването са:

- Предварително тестване на почвата за идентифициране състава на патогените и неприятелите, или липси на хранителни елементи;
- Грижливо почистване на растителните остатъци от предишната вегетация. Премахване на всички растителни и други материали от повърхността, за да се подобри ефикасността на избрания метод за обеззаразяване. Почистване и измиване на стъклата и конструкцията. Подготовка на почвата и навлажняване в съответствие с изискването на прилаганите методи. Унищожаване на плевелната растителност около оранжерията.
- След обеззаразяването се преглежда състоянието на почвата, за да се осигури балансирана екосистема и да се предотвратят бъдещи проблеми.

Чрез прилагане на тези добри земеделски практики, може ефективно да се дезинфекцира почвата, което ще доведе до отглеждане на по-здрави растения и ще се получат по-високи добиви.

Много причинители на болести и неприятели по растенията се предават чрез почвата. Там те презимуват или преминават определен стадий от развитието си. Интензивното и монокултурно отглеждане на зеленчукови култури в културационни съоръжения води до натрупване на патогенни микроорганизми и неприятели в почвата. Счита се, че загубите, причинени от почвени патогени, са 1/3 от загубите, причинени от всички патогени. За борба с почвените вредители се прилагат различни методи - физични (пропарване, соларизация), химични (фумигиране) и биологични (биофумигация).

С обеззаразяването на почвата се цели унищожаване на: патогени, причинители на сечене и кореново гниене; нематоди; почвени неприятели; плевелни семена и др.

Физични методи за обеззаразяване на почвата

Пропарване на почвата

Обхваща всички групи вредители, които се намират в почвата. Много ефикасен, но скъпо струващ метод. Прилага се само в оранжерийни комплекси, които са газифицирани. Почвата се нагрява с пара до 82°C за 30 минути. Тя прониква дълбоко и осигурява пълна дезинфекция. Чрез пропарването ефективно се унищожават патогенни бактерии, вируси, гъби, без да остават химични замърсители. Ключови съображения при пропарване включват нивата на влажност в почвата и дълбочината на обработка. За оптимални резултати почвата трябва да е с или под 20% влажност, за да се предотврати изпаряване и намалена ефективност. Точките за инжектиране на пара трябва да са разположени на разстояние 10-15 см една от друга, като всяко нанасяне продължава около 3-5 минути. Недостатък на метода е, че няма избирателна способност. Заедно с патогенните организми се унищожават и сапрофитните и полезни видове. Създава се “биологичен вакуум” и възможност за бързо реколонизиране на почвата с патогени – “бумерангов ефект”. Високата температура предизвиква промени в някои химични съединения, което води до вкисляване на почвената реакция, освобождаване на токсични вещества и промени в усвояемостта на хранителните елементи. При тази обработка: до 50^{o}C загиват нематодите; при 60-72^{o}C се ликвидират бактериите и почвените гъби; над 82^{o}C - почти всички плевелни семена, вируси, насекоми и други вредители. Един цикъл на третиране може да намали почвените болести до 99%, което я прави привлекателен избор за оранжерии с чувствителни култури или за тези, които се борят с повтарящи се вредители. За да се получи добър резултат, почвата трябва да е добре обработена. Може да се комбинира с последващо внасяне на полезни микроорганизми.

Соларизация на почвата

Соларизацията е нехимичен метод за обеззаразяване на почвата с помощта на слънчевата радиация. Тя се навлажнява добре, покрива се с прозрачно фолио и се оставя за 4-6 седмици при слънчево време. Полиетиленовото фолио служи като капан за улавяне на слънчевата енергия.



Соларизация на почвата

Приложението на този метод през последните години непрекъснато се увеличава. При него се използват дните с интензивно слънчево греене през юли и август, когато дневните температури надвишават 32^{O}C. Температурата под фолиото се повишава до летални за почвените вредители и плевелни семена стойности.

Предимства на метода:

- няма вредоносен ефект;

- слабо въздействие върху околната среда;

- по-дълготраен ефект върху причинителите на болести;

- увеличава добива и качеството на продукцията, дължащо се на биологични и химични механизми;

- значително по-евтин метод от пропарването;

- няма „биологичен вакуум", следователно няма и „бумерангов ефект", защото соларизацията представлява пастьоризация на почвата. При нея се запазва полезната флора и фауна;

- подобрява се водното съдържание на почвата;

- периодът на мулчиране може да се намали, ако се комбинира с други методи.

Недостатъци на метода:

- покритата площ не може да се използва в продължение на 1-1,5 месеца през най-топлия период на годината;

- непредсказуемост на климатичните и биологични условия;

- проблем с рециклирането на полиетилена;

- по-ограничен спектър на действие в сравнение с химичните фумиганти.

Подготовка на почвата: Обработва се така, че да се осигури гладка повърхност, за да прилепне полиетиленовото фолио плътно върху нея. Наличието на едри фракции и растителни остатъци може да доведе до поява на въздушни джобове, което ще доведе до изолирането й и ще редуцира повишаването на температурата й до необходимите ефективни стойности.

Влажност на почвата: Почвената влажност трябва да бъде не по-малка от 70% от ППВ, а дълбочината на влажния слой - не по-малка от 60 см.

Почвена температура: Ефикасната температура на соларизираната площ трябва да достигне до 60^{O}C на дълбочина 10 см, което гарантира унищожаване на плевелните семена и почвообитаващите вредители.

Експозиция: Необходим период на действие – 4-6 седмици. При комбиниране с други методи този период може да бъде съкратен.

Ефектът от соларизацията ще се повиши, ако след приключването й в почвата се внесат биопродукти като Триходермин (10–15 кг/дка) и др.

Качествената соларизация е в зависимост от качеството на полиетилена, почвената влажност, въздушната температура, интензивността на слънчевата радиация и други.

Химични методи за обеззаразяване на почвата

Прилагането на почвени фумиганти е ключово за успешния контрол на почвените патогени и неприятели. Особено внимание се обръща на методите и технологиите на приложение, за да се осигури оптимално доставяне и разпространение с максимален ефект върху целевия вредител. Повечето от търговските фумиганти, които все още са налични днес, се въвеждат в почвата в течна форма до желаната дълбочина с различно оборудване. Химикалите се разпределят в течна фаза и се разпространяват в почвата с цел да достигнат всяка ниша, заета от вредители. Степента на контрол зависи от разпространението на фумиганта в почвата, от фумиганта (и неговите свойства) и дозировката, както и от дълбочината на инжектирането. Последната обикновено се ограничава до 30 см, което не винаги е достатъчно. Внасянето на фумигантите с вода през капковата система осигурява доставка до по-дълбоки слоеве и е най-честата практика в световен мащаб. Осигурява равномерно подаване, при условие че разпределението на водата е равномерно и химикалът не про-

никва в по-дълбоките слоеве. Прилагането на почвени фумиганти чрез капково напояване се практикува основно в лехите за разсад и производството в оранжерии. Основното предимство на този тип приложение е подобреното разпределение на фумигантите в почвата. Въпреки това, то изисква специална емулгирана формулировка на фумиганта и подходяща напоителна система.

Комбинирането на химични фумиганти със соларизация е широко прието и практикувано. Подобрение в тази техника правят Eshel et al. (2000), които показаха, че последователното прилагане първо на соларизация, а след това инжектиране на фумигант две седмици по-късно, допълнително подобрява контрола на вредителите при намалени скорост и количество на фумиганта. Този подход е широко възприет в Израел в полета с капково напояване (Gamliel, 2012).

Базамид гранулат (а. в. дазомет) е фумигант за обеззаразяване на свободни от култури почви и субстрати. Активно вещество - дазомет 98%; LD50 520 мг/кг. Гранулиран фумигант. При контакт с влажна почва дазомет се разлага на метилизотиоцианат, формалдехид, метиламин, сероводород. Внася се в доза 50-70 кг/дка.



Обеззаразяване с Базимид

Ефикасен срещу: нематоди – гало- и цистообразуващи; почвени гъби – *Pythium, Phytophthora, Verticillium, Fusarium, Rhizoctonia, Pyrenochaeta, Phoma, Didymella* и др.; плевели - коприва, поа, овчарска торбичка, лобода, звездица, кръвно просо, кощрява, черно куче грозде и др.; почвени неприятели – ларви на телени червеи, нощенки, майски бръмбари и др. При проведени опити в ИЗК “Марица” в Пловдив е отчетена висока ефикасност на продукта спрямо галовите нематоди (*Meloidogyne* spp.) от 96,84% до 100%.



Обеззаразяване с Базимид

При контакт с влагата в почвата дазомет се разгражда до метилизотиоцианат, който е активен срещу галовите нематоди, почвообитаващите гъби, плевелните семена и някои почвени неприятели. Разпределението и придвижването на токсичните газове зависи от структурата на почвата, почвената температура и влажност. След приключване на експозицията съоръженията се отварят. След проветряване се отстранява полиетиленовото покритие. След 2-3 дни почвата се фрезува. Дегазацията продължава още 5-7 дни. Обеззаразяването с Базамид Г се провежда през интервал от 3-4 години.

При приложението му трябва да се спазват следните изисквания:

- най-подходяща за действие на продукта е температура на почвата от 12^{o}C до 15^{o}C;

- за равномерното разпределение на Базамид гранулат почвата трябва да бъде дребноструктурна, добре подготвена като за сеитба;

- за да се постигне оптимално действие на продукта, необходимо е тя да се навлажни 8-14 дни преди третирането до пълна полска влагоемност или най-малко 60-70% влажност;

- продуктът е под формата на малки гранули, които по време на внасянето се разпределят равномерно върху почвената повърхност, за предпочитане с помощта на трактор, снабден с апликатор, тъй като продуктът е силно токсичен.

- продуктът задължително се инкорпорира в почвата;

- следва валиране, повърхностно поливане с вода като запечатка или поставяне на полиетиленово покритие;

- време на експозицията 7 - 15 дни, в зависимост от температурата по време на третирането;

- след периода на фумигация почвата се дегазира, като се обработва и оставя да се проветрява;

- карантинен срок 45-50 дни при 70-80% от ППВ;

- дозите на Базамид Г се определят в зависимост от неприятелите, вида на патогените и от типа на почвата;

- подходящ период за обеззаразяване на почвата е късно през лятото или в началото на есента;

- след периода на дегазация задължително се прави „крес-тест" за установяване степента на дегазиране. В малки, затварящи се съдове (буркани) се взема средна проба от слоя 0-30 см. Поставя се в буркана, навлажнява се, покрива се с филтърна хартия или вата. Върху ватата се поставят семена от крес или салата. Бурканът се затваря плътно. Отчита се след 3-4 дни. Ако кълновете са свежи, дегазацията е успешна, ако потъмнеят – в почвата все още има остатъци от метилизотиоцианат и дегазирането трябва да продължи**.**

Немасол 510 (а. в. метам содиум)



Внасяне на Немасол чрез капкова система

Активното вещество е метам содиум 510 г/л. Регистриран е в страната в доза 80 и 100 л/дка за борба срещу галови нематоди, почвени патогени (*Pythium, Verticillium, Fusarium, Rhizoctonia, Pyrenochaeta*, *Sclerotinia*) и плевелни семена. Продуктът може да се използва за обеззаразяване на почвата в стоманено-стъклени оранжерии (в отсъствие на растения), като по-високата доза се прилага при преобладаващо нападение от патогени. Внася се посредством апликатор с валиране, както и чрез системите за капково напояване, с последващо покриване с полиетилен.



Обеззаразяване с Немасол

При приложение на Немасол 510 трябва да се спазват следните изисквания:

- почвата трябва да бъде подготвена преди приложението на продукта като за сеитба, чиста от плевели и растителни остатъци;

- в деня на приложението влажността й трябва да е 50-60% от ППВ;

- при внасяне на продукта чрез капковата система за напояване е необходимо маркучите да се разположат в две линии за всеки ред растения под полиетилена;

- внасянето се осъществява с дозираща помпа тип дозатрон, с която се инжектира Немасол 510 в системата за напояване;

- концентрацията на разтвора зависи от общото количество вода, което трябва да се приложи за да се постигне навлажняване на почвата на дълбочина 20-25 см;

- ефективен е в зоната, в която прониква разтвора;

- след внасянето напоителните маркучи трябва да се промият с чиста вода;

- две седмици след приложението полиетиленовото покритие трябва да се отстрани и след това се изчаква още 7-10 дни;

- за добра дегазация е необходимо да се извърши обработка на почвата. Продължителността на фумигиране и дегазация са в пряка зависимост от температурата на почвата. При по-ниски температури те се удължават, а при по-висока може да се влоши качеството на обеззаразяване поради бързото излитане на газа от почвата.



Обеззаразяване на Немасол експозиция

Експозицията е както при Базамид Г.

- след приключване на дегазацията се прави „крес-тест" както при Базамид Г.

Немасол 510 в доза 80 и 100 л/дка показа висока ефикасност съответно 95,17% и 96,76% срещу галовите нематоди. Продуктът е регистриран в повече от 20 страни в света.

Велум Прайм СК (а. в. флуопирам)

Продуктът Велум Прайм СК се внася в доза 37,5-62,5 мл/дка чрез капковата система за напояване. Първо третиране се провежда 1-3 дни преди или след разсаждане, второ третиране 15-30 дни след разсаждане. По-ниската доза е при слабо нападение от галови нематоди. Продуктът има фунгицидно действие срещу брашнеста мана. Регистриран е при домати, патладжан, пипер, пъпеши, дини, тикви, краставици, корнишони, тиквички.

Нематорин 10 Г (а. в. фостиазат)

Регистриран е за контрол на галовите нематоди при домати в доза 3 кг/дка. Максимален брой приложения – 1 на 3 години. При проведени производствени опити при естествен фон на зараза за установяване ефикасността на Нематорин 10 Г в доза 3 кг/дка спрямо галовите нематоди (*Meloidogyne* spp.) при домати, отглеждани в стоманено-стъклени оранжерии, е отчетена добра ефикасност от 80,63% до 85,00% . Продуктът е внесен непосредствено преди разсаждане на културата с последващо инкорпориране на 10-15 см дълбочина.

При използване на химични дезинфектанти от съществено значение е да се спазват строги мерки за безопасност. Задължително се използват защитно облекло, включително ръкавици, очила и маска за лице, тъй като тези химикали могат да причинят раздразнение на кожата, увреждане на очите и дихателни проблеми. Трябва да се осигури добра вентилация в зоната, за да се предотврати вдишване на изпарения. Да се спазва препоръчителната концентрация на дезинфектанта според инструкциите на производителя.

Рисковете, свързани с химическите дезинфектанти, включват промени в pH на почвата, загуба на хранителни вещества и потенциална вреда за полезните микроорганизми. Редовният мониторинг на физичните и химичните характеристики на почвата може да помогне за предотвратяване на нежелани последици.

Ефективността на химическите дезинфектанти може да варира в зависимост от фактори като концентрация, метод на приложение и време на контакт. Важно е внимателно да се четат и следват указанията на производителя за употреба, както и да се провежда консултация с експерти, ако е необходимо.

При използването на химични продукти за растителна защита при обеззаразяване на почвата в оранжерии е необходимо строго спазване на карантининните срокове и начина на приложение, съгласно регистрацията им в БАБХ.

Биологични методи

Биофумигация

Биофумигацията е алтернатива на химичния метод за обеззаразяване на почвата в оранжерии и на открито. Той включва използването на растителен материал и органични добавки (оборски или птичи тор), които при инкорпориране в почвата се разграждат и продуцират летливи субстанции. Тези субстанции действуват летално на почвени патогени, неприятели и плевели. Кръстоцветните зеленчуци, като броколи, карфиол, горчица и други видове от род *Brassica,* са богати на органични вещества, наречени общо глюкозинолати**,** които при определени условия се превръщат в

изотиоцианати. Те могат да се използват за контролиране на нематоди, плевели и почвени патогени. При минерализирането си в почвата отделят химични съединения, подобни на метилизотиоцианат – токсин, който се получава при деградация на метамсодиум.



Биофумигация

За разлика от химичните фумиганти, биофумигацията е устойчива алтернатива. Тя подобрява, а не нарушава почвената екосистема. Едновременно с унищожаването на патогените се увеличава органичната материя в почвата, подобрява се структурата ѝ и се стимулира полезната микробна дейност в нея. Създава се дългосрочна устойчивост в районите за отглеждане на културите. Биофумигацията се осъществява чрез:

- Използване на растения от род *Brassica*. Те са мощни подобрители на здравето на почвата, когато се използват като зелен тор поради високото си съдържание на глюкозинолати. Разграждат се до изотиоцианати, които ефективно потискат почвените патогени и добавят ценна органична материя към нея;
- Инкорпориране на растения с високо съдържание на сяра. Това са сортове горчица - бяла (*Sinapis alba*) и индийска (*Brassica juncea*). Те съдържат най-високи концентрации от полезни серни съединения. Растенията се сеят гъсто. Отглеждат се до началото на цъфтеж, когато нивата на глюкозинолатите са най-високи. След това се окосяват и се инкорпорират незабавно в почвата за да се постигне оптимален ефект на фумигация;
- Оптимално време за включване на *Brassica*. Това е фазата на цъфтеж, 60-90 дни след сеитба, когато концентрацията на глюкозинолати достига своя максимум. Биомасата се нарязва и веднага се инкорпорира във влажна почва, при температура 18-30°C. След експозиция от 14-21 дни може да се засажда следващата култуа. Този период е необходим за да се осигури пълно действие на биофумигационната система;
- Ефективността на биофумигацията зависи от правилното време, техники за включване и управление на влагата, за да се максимизира отделянето и разпределението на тези естествени съединения в целия почвен профил.
- Биофумигацията може да се прилага самостоятелно и в комбинация със соларизация. При тази комбинация се създава мощен синергичен ефект за подобряване на здравето на почвата. Топлината на слънцето засилва отделянето на изотиоцианати от биофумигантните култури, като едновременно убива патогените чрез повишените температури. Тя ускорява разлагането на органичната материя и засилва разпространението на биофумигантни съединения из целия почвен профил. Установено е, че комбинацията от соларизация и биофумигация успешно контролира галовите нематоди, почвообитаващите патогени и плевелите;
- Друга възможност за приложението на биофумигация е включването на различни видове тагетес като биофумигант. Стратегически сортове тагетес са френският (*Tagetes patula*). Той е отличен за контролиране на кореновите нематоди, освобождавайки алфа-тертиенилови съединения, които парализират тези вредители. Африканският тагетес (*Tagetes erecta*) работи също добре срещу нематоди. Мексиканските тагетеси (*Tagetes minuta*) съдържат най-висока концентрация на съединения за потискане на вредителите, което ги прави подходящи при силни нападения от неприятели в зеленчуковите градини.
- Използване на търговски биофумигантни продукти (Семена и преработени добавки). Те са удобна опция за биофумигация в площите, където времето е ограничено време. Тези продукти съдържат концентрирани горчица,

репко или други видове *brassica*, които отделят силни изотиоцианати при овлажняване. Те са готови за употреба и действат веднага. Могат да се прилагат през цялата година, което ги прави идеални за точкови третирания или малки площи. Добавките се инкорпорират равномерно на 15-20 см дълбочина. Полива се обилно с вода и се покрива с фолио за 10-14 дни, за да се задържат отделените газове за максимална ефективност.



Тагетес срещу успешен контрол на галови нематоди

Освен видове от род *Brassica* екстракт от тагетес също успешно контролира галовите нематоди. Висока ефикасност е отчетена и при внасяне на растителни остатъци от хризантема и тагетес. Получените резултати от проведени опити, показват, че биофумигацията е надежден метод, който след оптимизиране на параметрите успешно може да се прилага за обеззаразяване на почвата в оранжерии.

Родът *Trichoderma* включва 89 вида. С най-голямо значение за промишлено и биоконтролно приложение са: *Trichoderma hamatum; Trichoderma harzianum; Trichoderma koningii; Trichoderma viride.*

Гранули Немгуард (екстракт от чесън)

Внася се в почвата с инкорпориране доза 2-2,5 кг/дка, последвано от напояване преди редовна сеитба (зима/пролет/лято) и/или преди разсаждане. Прилага се срещу галови нематоди. Има контактно действие. Влажността на почвата е от важно значение за ефикасността на продукта.

Микробиоагенти

Гъбите от род *Trichoderma* са сред най-често срещаните сапрофитни гъби. Изолират се както от обработваеми, така и от горски почви. Много от тях притежават антагонистични способности, а някои стимулират растежа на култивираните растения. Механизмът на действие на гъбата е следният - биоагентът колонизира почвата около корените на растенията и ги предпазва от патогенните гъби по следните четири механизма:

Конкуренция за пространство и хранителни елементи;

- Продуциране на биологично активни вещества;

- Микопаразитизъм - *Trichoderma* може да расте върху мицела на фитопатогенните гъби, като го разгражда чрез ензими и се храни с получените вещества. По този начин физически унищожава патогена.

- Подобрява състоянието на растението.

Сред доминиращите популации в ризосферата, които действат антагонистично на нематодите, са бактериите от родовете *Bacillus* и *Pseudomonas*. Те намаляват популацията на нематодите като инхибират излюпването на яйцата, стимулират растежа на растението, предизвикват системна устойчивост или продуцират токсични вещества, ензими и други метаболитни продукти.

Борбата с галовите нематоди е много трудна, защото те са почвени вредители и нападението от тях се констатира едва при прибиране на културата.

От групата на бактериите облигатни паразити, като успешни антагонисти на нематодите, са видове от род *Pasteuria*, паразитиращи по няколко рода растително-паразитни нематоди. Най-важната от тях е грам-положителната бактерия *Pasteuria penetrans,* облигатен паразит по галовите нематоди *Meloidogyne* spp. Спорите на бактерията са устойчиви на засушаване, фумигантни нематодици и екстремни температури. Те се прикрепят към кутикулата на ларви 2-ра възраст по време на миграцията им в почвата, впоследствие паразитират ларвите навлезли в корените на растението. В края на жизнения цикъл на нематодите, заразените женски не могат да снасят яйца, тъй като яйчниците напълно се усвояват за узряване на бактерийните спори. След това, заразените женски нематоди освобождават спорите на *P. penetrans* в почвата, които могат повторно да заразят нови ларви.

Обеззаразяване на конструкциите

В края на вегетацията на културите в оранжериите се н§атрупва значително количество зараза от патогени, увеличава се и плътността на насекомите. При изнасяне на растителните остатъци навън те се разсейват в района и през следващата вегетация атакуват младите растения. В такива случаи се препоръчва изгарянето на старите растения с 60 л/дка формалин. Той може да се внесе с оросителната инсталация, която се вдига над растенията.

Обеззаразяване на инвентара

Дървените щайги, мотиките, лопатите и другия инвентар могат да се обеззаразят чрез киснене в 2%-ов разтвор на меден сулфат за 24 часа.

Литература

[1] Castañeda-Escobar L. A., M. G., Hernández-Orduña, L. Lara-Capistrán, V. Pulido-Herrera, 2023. Analysis of Disinfection in Greenhouse Soils with Medium-Temperature Steam Produced by Solar Energy. Appl. Sci., 2023, 13, 11055.

[2] Eshel D., A. Gamliel, A. Grinstein, P. Di Primo, J. Katan, 2000. Combined soil treatments and sequence of application in improving the control of soilborne pathogens. Phytopathology 90:751-757.

[3] Gamliel A., 2012. Combination of solarization with soil pesticides. Pages 99-108 in: Soil Solarization. Theory and Practice. A. Gamliel and J. Katan, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, U.S.A.

[4] Gullino M. L., A. Gamliel, J. Katan, 2022. Soil Disinfestation: From Soil Treatment to Soil and Plant Health, Plant Disease, Volume 106, Number 6.

[5] Rokunuzzaman Md., A. Hayakawa, S. Yamane, S. Tanaka, K. Ohnishi, 2016. Effect of soil disinfection with chemical and biological methods on bacterial communities, Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 3, 141–148.

[6] Ji, Y., Y. Zhang, W. Fang, Y. Li, D. Yan, A. Cao, Q. Wang, 2024. A review of biofumigation effects with plant materials, New Plant Protection, 1, 21, 1-14.