

СВЕТЛА МАНЕВА*, ЦЕНКО ВЪЧЕВ**

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаргов“, София

*E-mail: sve_ma@yahoo.com; ** vatchevtzenko@yahoo.com

**Влияние на замърсяване с олово в почвата върху нападението
от *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) по домати.
Регресионни модели за оценка**

***Effect of Lead Excess in Soil on the Disease Severity of Fusarium
oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) on Tomatoes.
*Regression Models for Estimation***

S. Maneva*, T. Vatchev**

N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria

Abstract

Effect of the lead (Pb) level in the soil on the manifestations of *Fusarium* crown and root rot caused by *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) was investigated in greenhouse conditions. Two factors of influence were applied: different levels of lead contamination of soil (0, 80, 160 and 240 mg.kg⁻¹) as well as cultivation period (90 or 120 days) of tomato plants, cv. Ideal. Disease severity of FORL was estimated using six point scale (0-5) depending of the percentage infected root parts. It was found a positive correlation between the level of Pb and level of FORL infection and negative between the infection and the second factor, as the correlation was not linear. Infection increases with the level of Pb up to 160 mg.kg⁻¹, and then decreases. Time of cultivation (till days 120 days from planting in contaminated soils) decreased the intensity of infection and longer than this time increased it. The status of infection was described by single-factor and two-factor regression models with satisfactory accuracy (R = 0.973, R = 0.972, respectively). Based on the first model was estimated that the highest degree of infestation occurs in 158 mg.kg⁻¹ Pb in soil. With two-factor model had described the behavior of FORL infection for values of the two factors beyond experimental.

Key words: mathematical model, tomato plants, lead soil contamination, *Fusarium oxysporum*

В научната литература са публикувани резултати от значителен брой изследвания за влиянието на оловото (Pb) като основен замърсител на почвата върху развитието на земеделските култури, количеството и качеството на земеделската продукция. Изследвания на почви в незасегнати от индустриално замърсяване райони показват, че олово се среща естествено в почвата. Съдържанието на елемента обаче е в сравнително ниски концентрации – от 20 до 50 mg.kg⁻¹ (Nriagu, 1978). Съхранени почвени проби от полярните области, датиращи от

прединдустриалната революция, съдържат по-малко от 5 mg.kg⁻¹ (Meggeson and Hall, 1999). Замърсяването с тежки метали се дължи както на естествени атмосферни процеси, така и на човешката дейност. Основни източници на замърсяване с Pb са металургията, отработени газове от двигатели с вътрешно горене, отпадъчните води от акумулаторни батерии, добивът и преработката на оловни руди, изхвърлени в природата метални обшивки, отпадъци от строителството, торове, пестициди, бои, горива и др. (Sharma and

Dubey, 2005). В някои индустриални райони е установено съдържание на над 1000 mg.kg⁻¹ почва (Angelone and Bini, 1992).

Повишеното съдържание на олово в почвите може да доведе до сериозни проблеми за развитието на земеделските култури. Много автори докладват, че най-големи количества от олово се натрупват в коренит (Akinci et al., 2010; Zhaop et al., 2011). Токсичният ефект на оловото води до редуциране на кореновата система на растенията, дължащо се на инхибиране на клетъчното деление (Eun et al., 2000), инхибиране на фотосинтезата, нарушаване на минералното хранене и водния баланс (Sharma and Dubey, 2005).

В България са проведени редица изследвания за определяне степента на замърсяване на земеделски почви с тежки метали и металоиди. Митев и др. (1996) съобщават за 350 mg.kg⁻¹ съдържание на Pb в почви около металообработващи заводи в страната. Динев (2011) публикува данни от мониторинг на почвите, при които са установени замърсявания с олово от порядъка на 172 – 280,4 mg.kg⁻¹ на дълбочина 0 - 20 cm и 180,8 – 191,4 mg.kg⁻¹ на дълбочина 20 - 40 cm. По данни от 2005 г. с тежки метали са замърсени 43 600 ha (0,9% от обработваемата земя в България), като 7700 ha от тях са замърсени с над 5 пъти по-големи количества от ПДК (Байков, on-line1).

Повечето изследвания относно взаимовръзката между замърсяването с тежки метали и почвени микроорганизми разглеждат възможностите на почвените гъбни патогени за фиторемедиация на замърсени почви (Gildon and Tinker, 1983; Bishnon, 2005, Turnau et al., 2006). Относително малка част от научните публикации обръщат внимание на друг значим феномен – влиянието на тежките метали върху фитопатогенните организми. Манева и др. (2007) докладват за влиянието на арсен (As) върху развитието на растителните вируси CMV и ToMV при домати, както и на повишеното съдържание на мед (Cu) в почвата върху развитието на бактерията *Xanthomonas vesicatoria* при пипер. Đukić et al. (2007) в продължение на шест години проучват ефекта на редица антропогенни фактори, включително тежки метали върху изменението на състава на почвените гъбни патогени. Други автори изследват влиянието на различни тежки ме-

тали върху развитието на гъбни инфекции по растенията (Liao et al., 2003; Bai et al., 2008; Al-Ghamdi and Jais, 2012).

В България, както и в чужбина *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker (FORL), причиняващ фузариено кореново и базично гниене по домати (*Lycopersicon esculentum* Mill.) е сред основните почвени патогени по културата. Видът се отличава с висока честота на срещане и инфектира до 100% от домати, отглеждани в оранжерии и на полето, както и със значителна вредоносност, атакувайки корените, и базите на растенията. Причиняването от патогена заболяване е сред икономически най-важните в сектора и се явява основен лимитиращ фактор за производството на домати в страната (Въчев, 1995; Vatchev and Ilieva, 1999; Vatchev et al., 2003).

В научната литература липсват данни за влиянието на повишеното съдържание на тежки метали в почвата върху интензитета на едно от основните заболявания по домати. Целта на това изследване беше да се проучи ефектът на повишени нива на олово в почвата върху степента на нападение от фузариено кореново и базично гниене по домати с причинител *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*.

Материал и методи

Ефектът на завишени нива от олово в почвата върху проявите на фузариеното кореново и базично гниене по домати (FORL) е проследен в опити (2004 – 2007 г.) във вегетационни съдове, проведени при оранжерийни условия в Института за защита на растенията (ИЗР), гр. Костинброд.

Условия за отглеждане на растенията. Използвана е Алувиално-ливадна почва с pH 6,8, с хумусно съдържание 3,8% и начално съдържание на олово 1,5 mg.kg⁻¹ суха почва. Почвата е стерилизирана при 160 °C за един час и пресята през сито 2 mm. Добавен е пясък в съотношение почва/пясък 3: 1 w/w. Получената смес е насипана в равен брой саксии (за всеки от вариантите) с обем 2 L.

За формиране на оловното съдържание на почвите под формата на Pb(NO₃)₂ са внесени концентрации от по 0, 80 и 160 mg.kg⁻¹ олово за първите две години на изследване, и 0, 80, 160 и 240 mg.kg⁻¹ – за последните две.

За хомогенно разпределение на оловното замърсяване в продължение на 20 дни почвите регулярно са разбърквани и поливани с дестилирана вода за поддържане на постоянна влажност (70 – 75% ППВ). След това в половината от саксиите на всеки вариант за инокулиране на почвата е внесена чиста култура на патогена, развита за 14 дни при 26 °С върху предварително стерилизирани чрез автоклавирание (121 °С за 1 час) ечемични зърна. За всяка саксия са използвани по 200 зърна от гъбната култура, внесени и размесени в почвата до пълно хомогенизиране. Саксиите с инокулираната и неинокулирана почва са разполагани в оранжерия върху бетонен плот в напълно рандомизирана експериментална схема, след което са инкубирани при оранжерийни условия в продължение на 30 дни.

След инкубиране на почвите в саксиите са посетени семена от домати сорт Идеал. След поникване на растенията броят им е сведен до три на саксия. Растенията са отглеждани при температура 18-20 °С, фотопериод ден/нощ 16/8 и въздушна влажност 75 – 80%. Влажността на почвата (70 – 75% ППВ) е поддържана чрез регулярни поливки с дестилирана вода откъм подложките на саксиите, за да се избегне измиване на оловото от почвата.

Опитите са прекратявани след 90 или 120 дни, съответно за първите две, или последните две години. След прекратяване на опита корените на растенията са измивани с дестилирана вода и внимателно подсушавани между два слоя филтърна хартия. На всяко растение е поставян индивидуален номер и е отчитана степента на нападение по корените и основата на стъблото. За целта е използвана 6-бална скала (0 - 5), където 0 съответства на липса на видими повреди по корените, а 5 – на коренова система, изцяло обхваната от гниене, при което болните растения увяхват трайно и загиват (Въчев, 1995).

Реизолация на патогена. За реизолация на патогена части от корените на растенията с или без видими симптоми на гниене са повърхностно стерилизирани в 1% NaOCl за една минута и са поставяни върху овесена и картофено-декстозна агарова среда. След инкубация от 96 – 120 часа растежът на патогена е проследяван визуално и под

микроскоп. Наличието на вида *F. oxysporum* в кореновите отрязъци е потвърждавано на базата на културални особености, морфологични характеристики на мицела и конидиалното спороношение, наличие и особености на микро- и макроконидии и хламидоспори (Nelson et al., 1983). Принадлежността на патогена към специализираната форма *radicilycopersici* е потвърдена чрез *in vitro* метода на Sanchez et al. (1975).

Статистически методи и математически модел. При така заложения опит са формирани 6 или 8 варианта, респективно за първите две, и за последните две години от опитите. Така, съответно вариантите са 3 и 4 с наличие на FORL в почвите, всеки от вариантите от 5 саксии с по 3 растения във всяка. С уникалния си номер всяко от растенията е разглеждано като повторение. Данните са анализирани по метода на дисперсионния анализ за установяване хомогенността на данните от един вариант за различните години. Обобщените данни са обработени по метода на дисперсионния анализ за установяване на статистическите разлики между контролата и съответните варианти, като е използвано Sd и LSD (при различни нива на достоверност в зависимост от дисперсията в и между вариантите) и F-критерий за достоверност на теста. Корелационен анализ (нелинеен r) е използван, за да се установят взаимовръзката между степента на нападението на корените на растенията с FORL и почвеното замърсяване. Приложен е χ^2 тест за оценка на разликите между честотното разпределение на степените на нападение в зависимост от концентрацията на олово.

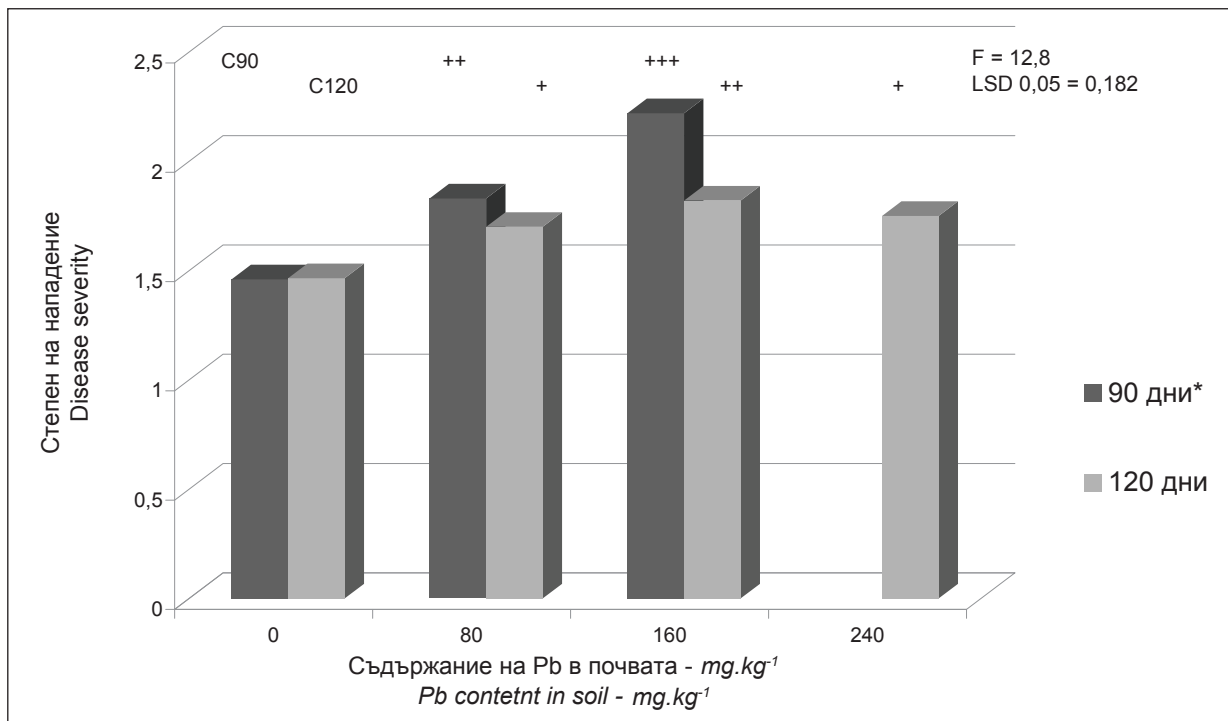
Данните от експериментите са адаптирани към уравнения от вида: $Y = f(x)$, където Y е степента на нападение, измерена по 6-бална скала (0 - 5), а x - съдържанието на Pb в почвата, както и към уравнение от вида: $Y = f(x, y)$, където Y е стойността на нападението като функция (f) на: x - приложените в почвата дози олово, и y - броят дни за отглеждане на доматените растения. Анализите са извършени с програмен пакет, създаден от Манева (2007) на базата на статистически модели, разработени за неголеми извадки данни с биологичен произход (Генчев и др., 1975).

Резултати и обсъждане

На фиг. 1 е представена степента на нападение с FORL на доматиените растения, отчетена на 90-я или 120-я ден от засаждането им в почви с различна степен на замърсяване с Pb. Резултатите показват, че при по-късия период на развитие на растенията степента на нападение нараства с нарастване на дозата на Pb в почвата ($r = 0,893$, $P < 0,001$), като разликите спрямо контролата са статистически доказани ($P < 0,01$ и $P < 0,001$). При отчитане на нападението на 120-я ден от засаждане на растенията степента на нападение нараства с нарастване на оловното съдържание до 160 mg.kg^{-1} Pb в почвата, след което при 240 mg.kg^{-1} намалява ($r = 0,697$, $P < 0,05$). Разликите с неинкулираната контрола са статистически доказани ($P < 0,05$ или $P < 0,01$).

Контролните растения са показали еднаква степен на нападение независимо от продължителността на отглеждане на растенията (фиг. 1). Удължаването на периода за престой на корените на растенията в почвата (от 90 на 120 дни) води до намаляване на степента на нападение: при доза 80 mg.kg^{-1} разликата е статистически недоказана, а при 160 mg.kg^{-1} е доказана при $P < 0,05$.

На фиг. 2. е показано честотното разпределение на степените на нападение при различните варианти. Промяната на концентрацията на Pb в почвата води до преразпределение на броя растения с дадена степен на нападение. При чистата почва и концентрация от 80 mg.kg^{-1} във вариантите има незаразени растения (нападение 0), докато при високите дози Pb всички растения са заразени. В чистите



Фиг. 1. Изменение на степента на нападение (0-5) от фузариено кореново и базично гниене по доматиените растения (FORL) в зависимост от съдържание на Pb (mg.kg^{-1}) в почвата и продължителността на вегетационния период

Fig. 1. Exchange of disease severity of FORL (0-5) on tomatoes depending on Pb content in soil (mg.kg^{-1}) and the duration of plant growth in the contaminated soils

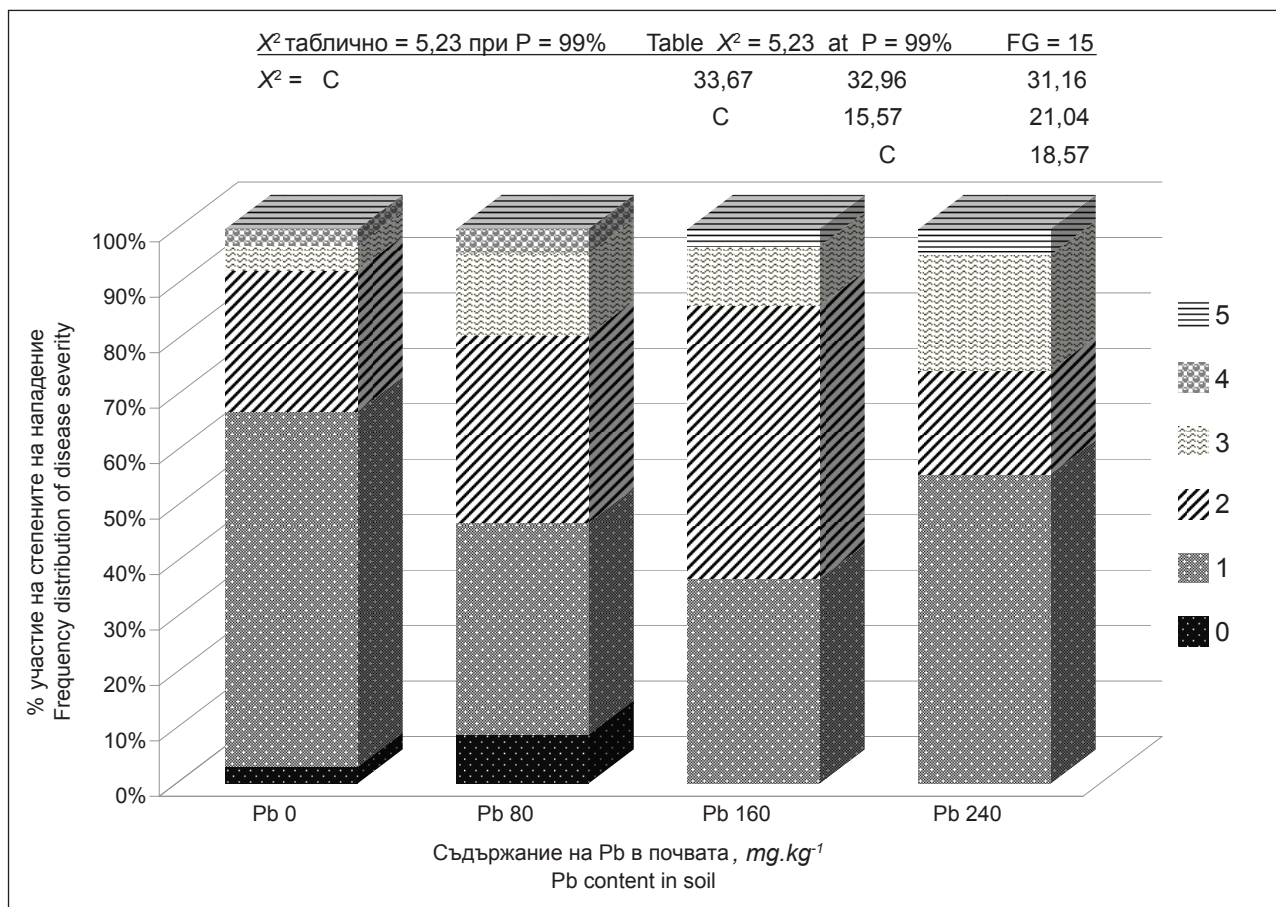
(*) – Брой дни от момента на засаждане на доматиените растения/Days after tomato planting.

Доказаност на разликите при/Level of significance:

(+) – $P < 0,05$, (++) – $P < 0,01$, (+++) – $P < 0,001$.

C₉₀ – Контрола при 90 дни/Control at 90 days duration of growt.

C₁₂₀ – Контрола при 120 дни период на отглеждане/Control at 120 days duration of growth.



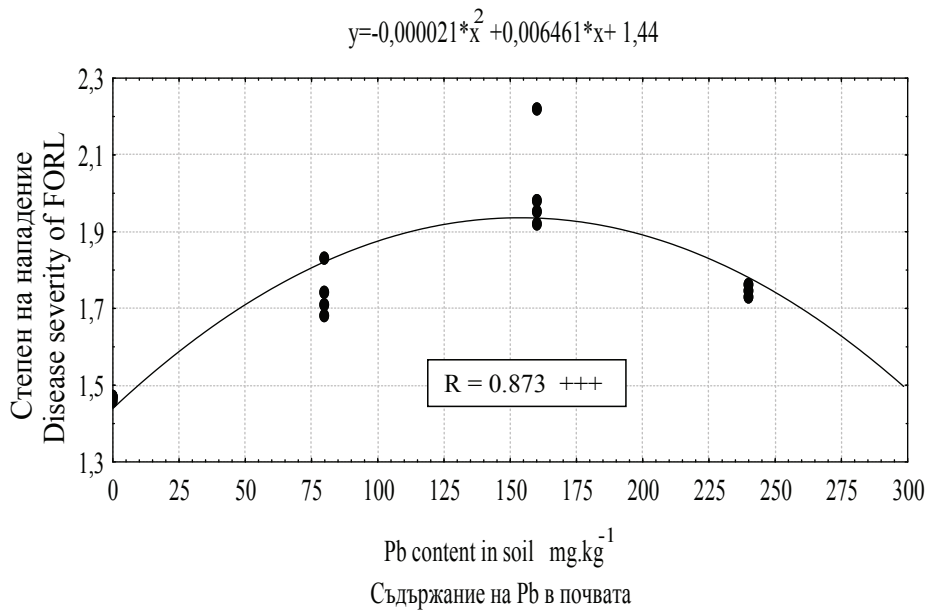
Фиг. 2. Честотно разпределение на стойностите на скалата на степените на нападение (0-5) при различните варианти
 Fig. 2. Frequency distribution of the different scale values of disease severity (0-5) for every one of the variants

почви по-вече са растенията с нападение (0), а при нарастване на оловната концентрация се увеличават растенията с по-голяма степен на нападение. Тази тенденция се нарушава при най-високата доза Pb. В този вариант отново се увеличават растенията с нападение (1), но се появяват и растения с най-голямо нападение (5). Всички експериментални стойности χ^2 са по-високи от табличната, което показва, че преразпределенията на степените на нападение са статистически различни както между контролата и другите варианти, така и между вариантите. При най-ниската доза на Pb се появяват и загинали растения.

За да се опише изменението на степента на нападение на доматените растения с FORL като функция на концентрацията на Pb в почвата са тествани различни регресионни модели. Най-добра адаптация ($R = 0,899$, $P < 0,001$) показва квадратното уравнение (фиг. 3).

В табл. 3 са представени статистическите характеристики на полученото уравнение. Всички параметри са с висока степен на статистическа доказаност (при $P = 99,99\%$). Първата производна на полученото уравнение ни дава основание да твърдим, че най-високи степени на нападение се получават при концентрация 157 – 158 $mg.kg^{-1}$ Pb в почвата, което съвпада с данните, получени от изследването.

Чрез двуфакторния модел (фиг. 4) е представено комбинираното влияние на съдържанието на Pb в почвата и времето за отглеждане на доматените растения върху степента на нападение на корените с FORL. На фиг. 4A е представен моделът в рамките на данните от изследването, а на фиг. 4B са демонстрирани неговите прогностични възможности, като се симулират вероятните степени на нападение чрез увеличаване на стойностите на двата фактора на влияние извън рамките



Фиг. 3. Регресионен модел, описващ зависимостта на нападението на корените на домати растения с FORL (0-5) в зависимост от степента на замърсеност на почвите с Pb (mg.kg^{-1})

Fig. 3. Regression model describing the level of FORL infection (0-5) of tomato plants roots depending on Pb content in soil (mg.kg^{-1})

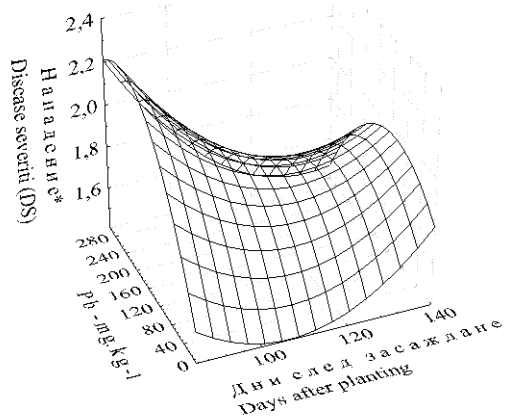
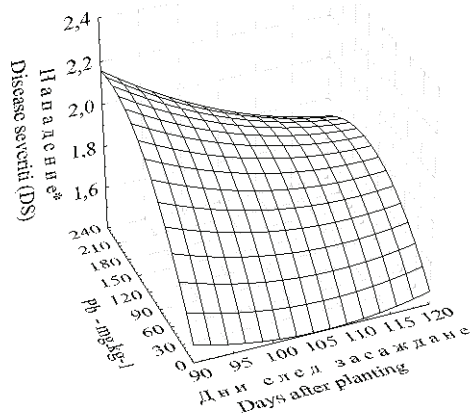
(+++ – $P < 0,001$)

$$z = 5,07 - 0,07 \cdot x + 0,012 \cdot y - 5,856e-5 \cdot x \cdot y - 1,474e-5 \cdot y^2$$

А: Модел в рамките на изследването

$$z = 5,07 - 0,07 \cdot x + 0,012 \cdot y - 5,856e-5 \cdot x \cdot y - 1,474e-5 \cdot y^2$$

В: Прогностичен модел



Фиг. 4. Комбинирано влияние на количеството олово в почвите и продължителността на развитие на домати растения върху степента на нападение от FORL

Fig. 4. Combined effect of soil Pb content (mg.kg^{-1}) and duration of plant vegetation (days after planting) on the level of FORL infection of the tomato plant roots

(*) – степен на нападение на корените на домати растения с FORL, $R = 0,972$, $P < 0,001$.

(z) – степен на нападение, (x) – дни на отглеждане на растенията след засаждането,

(y) – съдържание на Pb в почвата.

(*) – disease severity (0-5), $r = 0.972$, $P < 0.001$; (z) – disease severity, (x) – days after planting, (y) – Pb content in the soil.

Таблица 1. Характеристики на параметрите на регресионното уравнение, описващо изменението на степента на нападение на корените на домати растения с FORL при изменени промени на съдържанието на Pb в почвите

Table 1. Statistical estimations of the parameters of regression model describing the level of FORL disease severity of tomato plants root under different soil Pb contents

	Параметри на регресионното уравнение Parameters of the regression equation		
	A1	A2	A3
Стойност/Estimation	-0,000021	0,00646	1,44
Стандартна грешка/ StdError	0,000001	0,0001	0,0053
t (12)	-4,41	5,29	26,98
P<	0,0014	0,00001	0,00001

на експерименталните. При ниските дози на почвено замърсяване увеличаването на времетраенето на отглеждане до 110 – 120 дни след засаждането води до намаляване на степента на нападение. След този период интензивността на инфекцията показва нарастване. Нарастването на замърсяване на почвите с Pb при по-краткотрайно отглеждане води до нарастване на степента на нападение на корените. При развитие повече от 110 – 120 дни повишаването на дозите Pb в почвата до 160 mg.kg⁻¹ води до повишаване на степента на нападение, а по-високите от тази доза олово намалява интензивността на инфекцията. При полученото уравнение само променливата у (съдържание на Pb в почвата) е от втора степен, което показва, че зависимостта на степента на нападение от променливата x (дни на отглеждане на растенията след засаждането) е по-скоро линейна, а също така показва, че фактор у оказва по-голямо влияние на описвания процес.

Някои от получените от изследването резултати съвпадат с тези, установени от други изследвания, но с двуфакторното разглеждане на проблема резултатите допълват постигнатото. Gildon and Tinker (1983) установяват, че повишаването на количествата на Zn, Ni, Cu или Cd в почвата води до понижаване на степента на инфекция на лук, причинена от *Glomus mosseae* и дори може да доведе до пълното й елиминиране. Според Đukić et al. (2007) тежките метали, в частност Cd, инхибират развитието на широка група почвени гъбни патогени. Повишените почвени концентрации от Cd, Co, Cu, Pb, U и Zn засилват инфекцията от абускулар-

микоризни гъби при *J. procera*, докато повишаването на Cr и Ni я редуцират (Al-Ghamdi and Jais, 2012). Не открихме публикации, обсъждащи влиянието на повишените дози олово в почвите върху развитието на инфекцията от FORL по домати, както и моделно представяне на проблема. Резултатите от нашето изследване показват, че ефектът зависи от количеството на Pb в почвата, както и продължителността на отглеждане на растенията в инфектирана почва. Stroinski and Floriszak-Wieczorek (1990) установяват негативна корелация между почвеното съдържание на кадмий и интензивността на нападение от *Phytophthora infestans* при два сорта домати. Настоящото изследване показва, че има добра корелативност между съдържанието на Pb в почвата, но тя не е линейна. Степента на инфекцията нараства до концентрация на оловото 157 – 158 mg.kg⁻¹ и намалява при по-високите дози (240 – 250 mg.kg⁻¹). Каква ще е степента на инфекцията зависи и от времевия период, през който корените на растението са били в контакт със заразената с FORL почва. При най-високата експериментална доза на почвения замърсител (240 mg.kg⁻¹) степента на нападение спрямо тази при концентрация 160 mg.kg⁻¹ е по-ниска, но въпреки това тук се установяват най-много растения с по-висока степен на нападение (бал от 3 до 5) в сравнение с по-ниските концентрации. Това дава основание да се допусне, че над определена концентрация на Pb в почвата замърсителят потиска гъбната инфекция на корените на домати растения, но също така той отслабва и естествените съпротивителни механизми на растението.

Изводи

Повишаването на количеството на олово в почвите влияе нееднозначно върху проявите на нападение от фузариено кореново и базично гниене по домати с причинител *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Степента на нападение по корените и основата на стъблата на растенията нараства при нарастването на концентрацията на Pb до 157 – 158 mg.kg⁻¹ и намалява при високи нива на почвено замърсяване.

Нарастването на периода за развитие на растенията до 110 – 120 дни след засаждане в инфектирана почва води до намаляване на степента на инфекция.

Разработеният от нас прогностичен модел показва, че ако отглеждането на домати в растенията в инфектирани с патогена и замърсени с олово почви надхвърля 120 дни, интензитетът на заболяване ще нараства с удължаване на вегетационния период.

Разликата между прогностичните и получените експериментално данни, която е в рамките на допустимата грешка (0,08, 0,25) и добрите регресионни коефициенти ($R = 0,899$ за еднофакторния модел и $R = 0,972$ за двуфакторния модел) показват, че избраните математически модели имат добри прогностични свойства.

Литература

- Байков, Б.:** <http://www.elo.org/UserFiles/File/Baiko.pdf?PHPSESSID=b96d7ab24363df471d5351009416f610>
- Въчев, Ц.** 1995. Проучвания върху почвените патогенни гъби по оранжерийните домати. Дисертация. Костинброд, 192 с.
- Генчев, Г., Е. Маринов, В. Йовчева, А. Огнянова.** 1975. Биометрични методи в растениевъдството, генетиката и селекцията. *Земиздат*, София, 322 с.
- Динев, Н. С.** 2011. Екологичен мониторинг и ремедиационни стратегии при замърсени с тежки метали почви. Автореферат. ИП „Н. Пушкин“, София, 76 с.
- Манева, С.** 2007. Математически модели в растителната защита. Дисертация. ИЗР Костинброд, 201 с.
- Akinci, I. E., S. Akinci, K. Yilmaz.** 2010. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to lead toxicity: Growth, element uptake, chlorophyll and water content. *African Journal of Biotechnology*, 9: 4589-4594
- Al-Ghamdi, A. A. M., H. M. Jais.** 2012. Interaction between arbuscular mycorrhiza and heavy metals in the rhizosphere and roots of *Juniperus procera*. *Int. Journal of Agricultural Biology*, 14: 69-74
- Angelone, M., C. Bini.** 1992. Trace element concentrations in soils and plants of Western Europe. In: Adrianop D. C. (ed.) Biogeochemistry of trace metals. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, p. 19-60
- Bai, J. F., X. G. Lin, R. Yin, H. Y. Zhang, J. H. Wang, X. M. Chen and Y. M. Luo.** 2008. The influence of arbuscular mycorrhizal fungi on As and P uptake by maize (*Zea mays* L.) from As contaminated soils. *Applied Soil Ecology*, 38: 137-145
- Bishnon, N. R., Garima.** 2005. Fungus – an alternative for bioremediation of heavy metal containing wastewater: A review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 64: 93-100
- Đukić, D. P., L. G. Mandić, V. Sumanov, S. Raketić.** 2007. Anthropogenic effects of soil micromycetes. Zbornik Matice srpske za prirodne nauke / Proc. Nat. Sci., Matica Srpska Novi Sad, 113: 179-191
- Eun, S. O., H. S. Youn, Y. Lee.** 2000. Lead disturbs microtubule organization in the root meristem of *Zea mays*. *Physiologia Plantarum*, 98: 611-620
- Gildon, A., P. B. Tinker.** 1983. Interaction of vesicular–arbuscular mycorrhizal infections and heavy metals in plants. I. The effects of heavy metals on the development of vesicular–arbuscular mycorrhizas. *New Phytologist*, 95: 247-261
- Jurkiewicz, A.** 2006. Role of mycorrhizal fungi in phytoremediation and toxicity monitoring of heavy metal rich Industrial wastes in southern Poland. *Soil and Water Pollution Monitoring, protection and remediation*, 2: 533-551
- Liao, J. P., X. G. Lin, Z. H. Cao, Y. Q. Shi, M. H. Wong.** 2003. Interactions between arbuscular mycorrhizae and heavy metals under sand culture experiment. *Chemosphere*, 50: 847-853
- Maneva, S., D. Hristova, N. Bogatzevska, E. Miteva.** 2007. Effect of heavy metal excess on the development of some economically important phytopathogens in tomatoes. Second Workshop on Biological Activity of Metals and Metal Compounds, 19-20 November, Sofia, 40-41
- Meggeson, T. P., N. W. Hall.** 1999. An investigation into the spatial and temporal distribution of lead, cadmium and zinc in contemporary soils and paleosols in a high arctic and an arctic alpine environment.

In: Abstracts of 'European Perspectives on Land Contamination Conference' Soc. of the Chem. Ind., London. Land Contamination and Reclamation 7(4).

Miteva, E., S. Maneva, M. Tsakova. 1996. Heavy metal contents in left vegetables of regions near to Zlatiza mill. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 2:689-696.

Nriagu, J. O. 1978. Lead in soils, sediments and major rock types. In: Nriagu, J. O. (ed.). The biogeochemistry of lead in the environment. Part A. Elsevier, Amsterdam, p. 15-72

Sharma, P., R. S. Dubey. 2005. Lead toxicity in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17(1): 35-52

Stroinski, A., J. Floriszak-Wieczorek. 1990. Effect of cadmium on the host-pathogen system. Influence of cadmium and *Phytophthora infestans* on membrane

permeability of potato leaves. *Biochem. Physiol. Pflanzen*, 186: 417-421

Turnau, K., E. Orlowska, P. Ryszka, S. Zubek, T. Anielska, S. Gawronski, A. Vatchev, T., E. Ilieva. 1999. Soil-born fungi associated with crown and root rot disease of tomato in Bulgaria. First Balkan Conference of Microbiology, October, Plovdiv, Bulgaria, 5-9

Vatchev, T. 2003. Crown and root rot disease complex triggers social and economic uncertainty in tomato greenhouse production. *Rastitelna zashtita*, 8-9: 26-29 (BG)

Zhaop, S., X. Ye, J. Zhenge. 2011. Lead-induced changes in plant morphology, cell ultra structure, growth and yields of tomato. *African Journal of Biotechnology*, 10 (50): 0116-10124