УДК.635.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ ГЛОБОДЕРОЗА И ОТДЕЛЬНЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Лукьянова Е.А **, Бондарев А.А.**, Шестеперов А.А.*
*ФГБНУ «Всероссийский НИИ фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений им. К.И. Скрябина»
**Российский государственный аграрный университет

Введение. На современном этапе изучения глободероза картофеля, вызываемого золотистой картофельной нематодой, математические и компьютерные модели дают широкие возможности для усовершенствования элементов интегрированной системы защиты картофеля и применения их для прогностических целей [3]. Основа компьютерных моделей – это строго формализованная система записи исходных данных о глободерозе, картофельной нематоде и экологических факторах в форме, соответствующих математических уравнений. Такая формализация позволяет проанализировать все важнейшие следствия, которые вытекают из исходных представлений об изучаемом объекте. Сравнивая эти следствия с наблюдаемыми в эксперименте или в реальной жизни, со свойствами моделируемого объекта, можно судить о том, насколько верны те или иные теоретические представления, используемые при построении математической и компьютерной моделей [2].

Компьютерные модели позволяют изучать такие свойства глободероза картофеля, которые часто не могут быть изучены прямыми экспериментальными методами из-за карантинных или экономических ограничений. Адекватные компьютерные модели, отражающие сущность развития глободероза и его эпифитотического процесса, позволяют дополнять экспериментирование, экономя много средств и времени. При решении ряда практических задач (особенно в карантине растений), такая «заменительная» функция моделей исключительно важна.

Целью работы является моделирование влияния развития глободероза и отдельных агрометеорологических факторов на урожайность картофеля в очаге золотистой картофельной нематоды.

Материалы и методы. Сбор почвенных и растительных образцов проводили с 1979 по 1993 годы на посадках картофеля в личных подсобных хозяйствах Дзержинского района Калужской области. Фенологические и фитогельминтологические учеты на посадках картофеля, оценку продуктивности растений проводили согласно общепринятым методам [1, 3].

Опыты проведены на приусадебных участках при выращивании картофеля в монокультуре на суглинистой почве с различной степенью поражения глободерозом и различными уровнями агротехники и плодородия (низкое, среднее, высокое) в ЛПХ Калужской области. Объектами

исследований служили растения восприимчивого сорта Синеглазка, а также цисты, яйца, личинки *G. rostochiens.*

При разработке математических моделей использовали методы анализа временных рядов и анализа панельных данных. Первые позволяют идентифицировать зависимость значений тех или иных рядов от своих прошлых значений (влияние автокорреляции на динамический процесс), вторые позволяют оценивать зависимость для нескольких участков одновременно и идентифицировать общую зависимость и индивидуальные особенности участков (фиксированный эффект). Регрессионный анализ был проведен в программе Stata 11, разработанной для анализа панельных данных и программе для обработки статистических данных в форме временных рядов Eviews 7.0.

Для моделирования долгосрочной плотности популяции использовали нелинейные однопериодные модели, которые не могут быть оценены стандартными регрессионными методами. Математическое моделирование проводилось с помощью пакета поиска решения по методу НМНК, корреляционный анализ полученных данных был проведен в программе Microsoft Office Excel 2010. Модель временных рядов является усложненной версией регрессионной модели, включая как текущие значение внешних факторов, так и прошлые значение самой объясняемой переменной и внешних факторов. После построения такой максимальной модели производился последовательный отбор значимых переменных на основании статистических показателей t-статистики Стьюдента.

Результаты. Наибольшее практическое значение для сельского хозяйства, несомненно, имеет выход конечной продукции, а именно урожайность. Рассмотрим варианты моделирования с включением урожайности картофеля, как объясняемой переменной. Для моделирования мы располагаем данными по урожайности на двух участках со средним и низким уровнем агротехники и плодородия в период с 1979 по 1989 годы. За этот период нам известны проявления глободероза в процентах, плотность популяции паразита и агрометеорологические факторы.

Таблица

Урожайность и проявления глободероза в период с 1979 по 1989 г.

Год	Глободероз в %		Урожайность в ц/га	
	Участок №1	Участок №3	Участок №1	Участок №3
1979	92	12,5	68,4	179,2
1980	24	56	120,6	102
1981	22,6	50,3	117,9	110,8
1982	45,8	79,7	128,25	97,2
1983	72,5	80	94,5	63,2
1984	94,1	16,1	87,75	153,4
1985	100	36,6	30,15	107,9

1986	78,2	30	92,25	237,3
1987	51	33,3	263,7	178,3
1988	20	26,6	251,55	209,3

Исходя из результатов анализа в программе Eviews, и предыдущих результатов моделирования взаимосвязи проявлений глободероза и климатических данных, для дальнейшего построения математической модели используем данные, значимые для развития глободероза. Это осадки июня и мая [Лукьянова Е.А., Бондарев А.А., Шестеперов А.А., в печати].

Модель демонстрирует связь урожайности с развитием глободероза и уровнем осадков мая и июня.

Для участка с низким уровнем плодородия и агротехники:

Prod=22.7-1.7GLOB_JUN+0.7PR_JUNE+3.7PR_MAY Ркв=0.86.

Для участка со средним уровнем плодородия и агротехники:

Prod=4.9-1.7GLOB_JUN+0.7PR_JUNE+3.7PR_MAY Ркв=0.86.

Где:

PROD - урожайность;
GLOB_JUN - проявления глободероза в июне в процентах;
PR_JUNE - уровень осадков июня;
PR_MAY - уровень осадков мая.

Модели имеют достаточно высокую достоверность - 86%. Однако нам известно, что проявления глободероза сами по себе зависят от климатических факторов, что не позволяет полностью исключить фактор так называемой эндогенности в данной модели. Включение в модель нескольких факторов, которые связаны друг с другом, а не только с зависимой переменной (урожайностью) приводит к смещенным и недостоверным статистическим оценкам, так что корректнее включить в модель плотность популяции ЗКН. На конечном этапе анализа мы попробуем избавиться от эндогенности переменной описывающей глободероз через подстановку вместо этой переменной ее выражения через плотность популяции ЗКН и климатические факторы. В данной подстановке мы используем тот факт, что плотность популяции от климата зависит незначительно.

Заключение. Разработаны математические модели прогноза урожайности восприимчивого сорта картофеля в зависимости от интенсивности развития глободероза и количества осадков в мае и июне с достаточно высокой достоверностью.

Литература: 1. Шестеперов А.А. //Тр. Всеросс. ин-та гельминтологии. 2003. - Т.39. - С. 401-412. 2. Шестеперов А.А. //Защита и карантин растений. - 2013. - №12.- С. 28-34. 3.Шестеперов А.А., Савотников Ю.Ф. Карантинные фитогельминтозы. Кн. 1. М. Колос. 1995. - 463с.

Modeling of the effects of Globodera rostochiensis infection and some agrometeorological factors on potato yield. Lukyanova E.A., Bondarev A.A.,

Shesteperov A.A. All-Russian K.I. Skryabin Scientific Research Institute of Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plants; Russian State Agrarian University.

Summary. Mathematical models for prognosis of yields of susceptible potato variety in dependence on the intensity of G. rostochiensis infection and rainfalls in May and June with sufficiently high degree of confidence were developed.