

УДК 551.509+635.21

С.М. Свидерская, к.г.н.

Одесский государственный экологический университет

ВЛИЯНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ ФИТОФТОРЫ И ЕЕ ПОВРЕЖДАЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Представлены результаты численных экспериментов по оценке влияния агрометеорологических условий на развитие фитофторы и ее повреждающего воздействия на накопление биомассы отдельных органов растения картофеля и формирование урожайности в целом применительно к условиям Западного Полесья. В основу численных экспериментов положена модель А.Н. Полевого, в которой моделируется возникновение фитофторы и ее повреждающее воздействие на формирование урожайности картофеля в целом.

Ключевые слова: фитофтора, картофель, моделирование, вегетация, осадки, температура воздуха, влажность, биомасса.

Введение. Фитофтора – одна из самых вредоносных болезней картофеля. Фитофтора широко распространена и известна там, где разводят картофель.

Особенно большой ущерб причиняет болезнь в зонах с обильным выпадением осадков во вторую половину лета.

Возбудитель болезни – гриб *Phytophthora infestans de Bary*. Фитофтора поражает листья, стебли и клубни, иногда бутоны и ягоды картофеля.

Первые признаки болезни появляются на нижних листьях картофельного куста в виде темно-бурых мокнущих пятен. На нижней стороне листьев, на границе здоровой и пораженной ткани образуется белый налет, видный в дождливую погоду или утром до высыхания росы.

При благоприятных условиях (часто выпадающие осадки, умеренная температура) болезнь на поле распространяется очень быстро и в течение 7-10 дней может уничтожить всю ботву картофеля. Чем ближе к поверхности расположены клубни, тем быстрее и сильнее происходит их заражение. На пораженных клубнях появляются бурые твердые пятна. На разрезе таких клубней видно ржавое окрашивание мякоти.

Температура среды является одним из основных факторов, определяющих возможность возникновения заболевания растений и степень его вредоносности. Влияние этого фактора начинает проявляться уже на первых этапах инфекционного процесса, обуславливая жизнеспособность возбудителя болезни и возможность его сохранения к началу вегетационного периода. Сохранение жизнеспособности патогенна в значительной мере зависит от формы его существования в течение периода, когда прекращается вегетация растений. Наименее стойкими к воздействию среды в это время оказываются, так называемые, пропативные споры. При температуре выше 15⁰С значительно снижается активность прорастания зооспор возбудителя фитофтороза картофеля, оптимальной для них является умеренная температура (10-15⁰С) в сочетании с повышенной влажностью воздуха [3].

Кратковременное воздействие высоких температур (выше максимальных) конидии фитофторы могут переносить, не теряя жизнеспособности.

При температурах -1° и -2° C конидии фитофторы не прорастают, но и не утрачивают способности прорасти. Конидии фитофторы погибают при тех же отрицательных температурах, при которых отмирает ботва картофеля.

На развитие болезни в клубнях влияет температура воздуха. Особенно сильно гниют пораженные клубни в первый период хранения, когда температура в хранилищах довольно высокая. При температуре $3-5^{\circ}$ C симптомы болезни на зараженных клубнях проявляются медленно. Уже в декабре на большинстве клубней развивается сухая или мокрая гиль. Гифы внутри клубней сохраняются в течение всего периода хранения.

Влияние влагосодержания среды на появление и развитие болезни сказывается также на всех этапах патологического процесса. Оно начинает проявляться еще в период формирования заразного начала.

Влагообеспеченность среды в значительной мере определяет продолжительность сохранения жизнеспособности патогенна. Конидии фитофторы картофеля при влажности воздуха порядка 20-40% теряют жизнеспособность через 1-2 часа, при влажности воздуха 50-80% - только через 3-5 часов [3].

Конидии фитофторы особо чувствительны к влажности воздуха. В [3] отмечается быстрая потеря способности к прорастанию у конидий, находившихся в сухом воздухе, а также определяется гибель конидий после 84-часового действия температуры, превышающей 25° C. Конидии не прорастают после 6-часового пребывания зараженных листьев картофеля в сухом воздухе. При одной и той же температуре жизнеспособность конидий изменяется в зависимости от влажности воздуха. При температуре 20° C и относительной влажности воздуха 20-40% конидии теряют жизнеспособность через 1-3 часа, а при той же температуре, но при более повышенной относительной влажности воздуха, как 50-80%, жизнеспособность сохранялась 5-15 часов. После 7-ми часового пребывания во влажном воздухе (больше 90%) конидии фитофторы теряли способность прорасти.

Все это свидетельствует о малой вероятности длительного сохранения жизнеспособности у конидий фитофторы, рассеивающихся по воздуху в сухую и жаркую погоду.

Цель этой работы – оценить влияние разных сроков возникновения фитофторы на формирование урожая картофеля в Западном Полесье.

К **задачам** данной работы следует отнести проведение численных экспериментов по оценке влияния разных сроков возникновения фитофторы на формирование урожая картофеля в Западном Полесье.

Состояние проблемы. Первую модель для прогноза фитофтороза предложил Вагонер [5, 6]. Модель позволяет определить тенденцию развития этого заболевания в разных погодных условиях.

Хотелось бы подчеркнуть, что при оценке моделей главным фактором является не степень сложности и количество параметров, включенных в рассмотрение, а степень адекватности модели для решения поставленной задачи в конкретных условиях внешней среды. Адекватность несложных моделей во многом зависит от знания автором исследуемого объекта в контексте своей конкретной задачи.

Динамическую модель погода-урожай для картофеля как основу системы картофель – вредитель – болезнь - среда обитания разработали О.К. Устинова, Е.В. Абашина, В.В. Вольвач [1].

Посев в модели рассматривается как функционально дифференцированное целое, в котором выделено пять емкостей: листья, стебли, корни, материнский клубень, клубень нового урожая (l, s, r, c, R). Шаг расчетов по времени – сутки. Суточный прирост биомассы каждого органа растения определяется процессами роста G_p , дыхания D_p , распада q_p и опада отмерших тканей P_p

$$dm_p / dt = G_p - D_p - q_p - P_p, \quad (1)$$

где m_p – масса p -го органа, мг/см²;
 $p \in l, s, r, c, R$.

Под ростом в модели понимается новообразование структурной массы и предполагается, что весь сформировавшийся за сутки фонд углеводов преобразуется в структурную массу в процессе роста.

Для описания дыхания использована двухкомпонентная схема. Принято, что дыхание складывается из дыхания роста, прямо пропорционального скорости роста, и дыхания поддержания, определяемого величиной уже сформированной массы органа, влажностью и температурой среды

$$D_p = R_g G_p + [D_1(1 - \psi_Q) + D_2] m_p \varphi_Q, \quad (2)$$

где D_p – дыхание p -го органа, мг/мг·сут;
 R_g – коэффициент дыхания роста;
 D_1, D_2 – коэффициенты дыхания поддержания, мг/мг·сут;
 ψ_Q – влажностная функция дыхания;
 φ_Q – температурная функция дыхания.

Влияние режима увлажнения на образование новых тканей растения осуществляется через два канала: при недостатке влаги в почве – через устьично-катикулярное сопротивление потоку CO_2 , при избытке – через коэффициент переувлажнения.

Азотный режим влияет на фотосинтез и рост в модели через величину фотохимического сопротивления фотосинтеза.

Следует подчеркнуть, что в этой модели для учета болезней используются фактические данные о проценте повреждений, развитие болезней не моделируется. При наличии повреждений вводятся даты их наступления, количество поврежденных органов и процент повреждений. Таким образом, информация о повреждениях или болезнях, поступающая в модель, влечет за собой изменение масс и площадей органов картофеля. Такая информация может быть получена в результате расчетов по отдельной модели развития болезней.

Ю.А. Моргунов, В.В. Вольвач, О.К. Устинова разработали модель развития фитофторы картофеля [1].

Современная технология возделывания сельскохозяйственных культур предполагает контроль за состоянием посевов и коррекцию агротехнических мероприятий в зависимости от результатов этого контроля. Одна из характеристик состояния посевов – степень развития различных болезней, поражающих растения. В связи с этим представляет интерес проблема моделирования развития наиболее опасной болезни картофеля – фитофтороза.

Состояние посевов определяют следующие характеристики: $X_p(\tau, t)$ – площадь листовой поверхности, находящейся в τ -стадии латентного периода на момент времени t ; аналогичная величина для инфекционного периода $x_i(\tau, t)$; x_* – площадь погибшей листовой поверхности. Общая площадь зараженной листовой поверхности равняется

$$X_z = \int_0^1 x_p(\tau, t) d\tau + \int_0^1 x_i(\tau, t) d\tau + x_*, \quad (3)$$

Материалы и методы исследования. В основу работы положенная нами модель формирования урожая картофеля, которая включает описание влияния разных сроков возникновения фитофторы на формирование урожая картофеля в условиях Западного Полесья [2, 4]. Численные эксперименты выполнены с использованием материалов многолетних агрометеорологических наблюдений за условиями формирования продуктивности картофеля.

Динамика хода показателей фотосинтетической продуктивности посевов значительно изменяется при развитии заболевания.

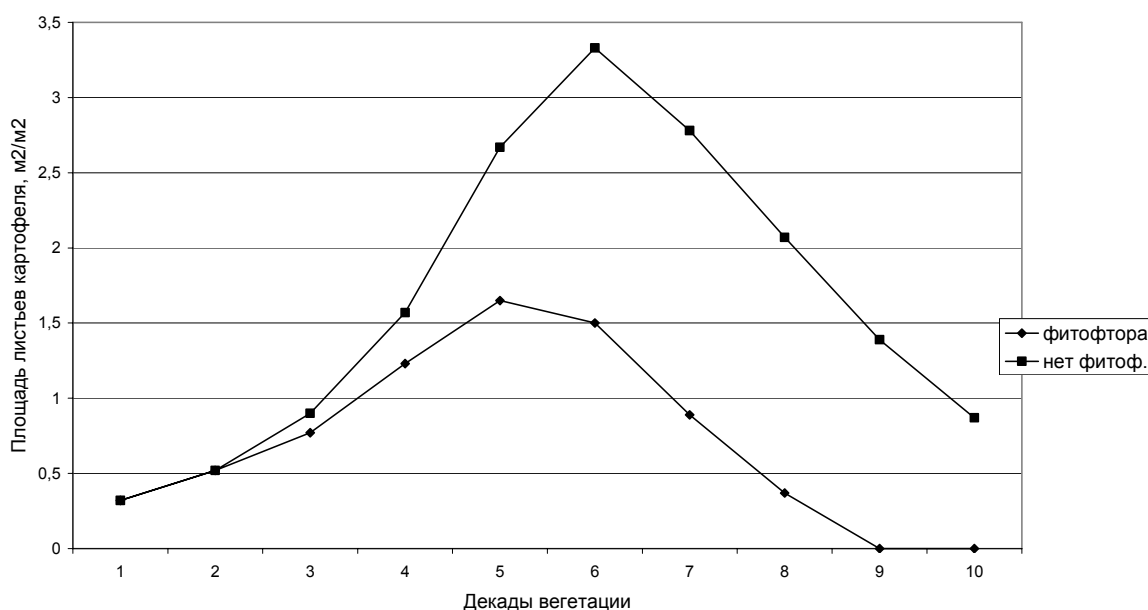


Рисунок 1 - Динамика площади листьев картофеля при наличии и при отсутствии фитофторы в условиях Западного Полесья.

На рис. 1 дана сравнительная характеристика площади листьев картофеля при наличии и при отсутствии заболевания. Из рисунка видно, что при отсутствии заболевания площадь листьев картофеля значительно больше, чем при наличии заболевания. У растений, не пораженных фитофторой, площадь листьев картофеля достигает максимума в шестую декаду вегетации и составляет $3,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Когда заболевание присутствует, площадь листьев картофеля значительно ниже, максимум наблюдается в пятую декаду вегетации и составляет $1,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Можно сделать вывод, что при отсутствии заболевания площадь листьев картофеля в условия Западного Полесья почти в три раза больше, чем при наличии болезни.

На рис. 2 представлена интенсивность фотосинтеза, когда болезнь наблюдалась и при отсутствии заболевания. Из рисунка видно, что при отсутствии фитофторы интенсивность фотосинтеза стремительно увеличивалась и при сравнении значительно больше, чем при наличии заболевания.

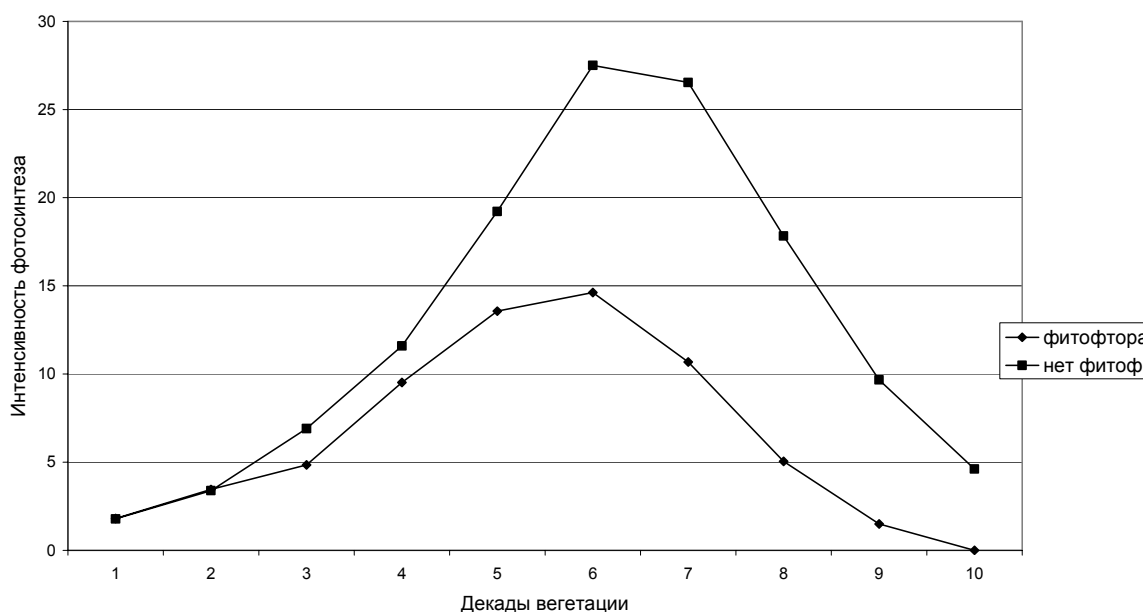


Рисунок 2 - Интенсивность фотосинтеза при наличии и при отсутствии заболевания в условиях Западного Полесья.

На рис. 3 дана биомасса клубней картофеля в условиях Западного Полесья при наличии и при отсутствии фитифторы. Биомасса клубней картофеля начала свое развитие с пятой декады вегетации при отсутствии заболевания, а при наличии фитифторы с четвертой декады вегетации. Начиная с четвертой декады вегетации при наличии заболевания, биомасса клубней картофеля начала набирать массу до десятой декады вегетации и биомасса клубней картофеля к концу вегетации составила $386,1 \text{ г/м}^2$. При отсутствии заболевания биомасса клубней картофеля с начала вегетации увеличивалась и достигла максимума в десятую декаду вегетации и была равна $889,4 \text{ г/м}^2$. Из рисунка можно сделать вывод, что биомасса клубней картофеля в условиях Западного Полесья при отсутствии заболевания почти в три раза больше, чем при наличии болезни.

Рассмотрим, динамику биомассы листьев, стеблей, корней и целого растения при отсутствии фитифторы. Из данных табл. 1 видно, что максимальная биомасса листьев, стеблей и корней наблюдалась в шестую декаду вегетации и составила у листьев – $156,5 \text{ г/м}^2$, у стеблей – $150,7 \text{ г/м}^2$, у корней – $98,6 \text{ г/м}^2$. Масса целого растения увеличивалась в течение всей вегетации и максимум приходится на десятую декаду вегетации и составляет $1153,6 \text{ г/м}^2$.

При воздействии фитифторы происходят значительные изменения динамики биомассы отдельных органов и растения в целом. Из табл. 2 видно, что максимальная биомасса листьев, стеблей и корней наблюдалась в шестую декаду вегетации и составила у листьев – $98,8 \text{ г/м}^2$, у стеблей – $95,1 \text{ г/м}^2$, у корней – $62,2 \text{ г/м}^2$. Масса целого растения увеличивалась в течение всей вегетации, максимум приходится на десятую декаду и составляет $579,5 \text{ г/м}^2$.

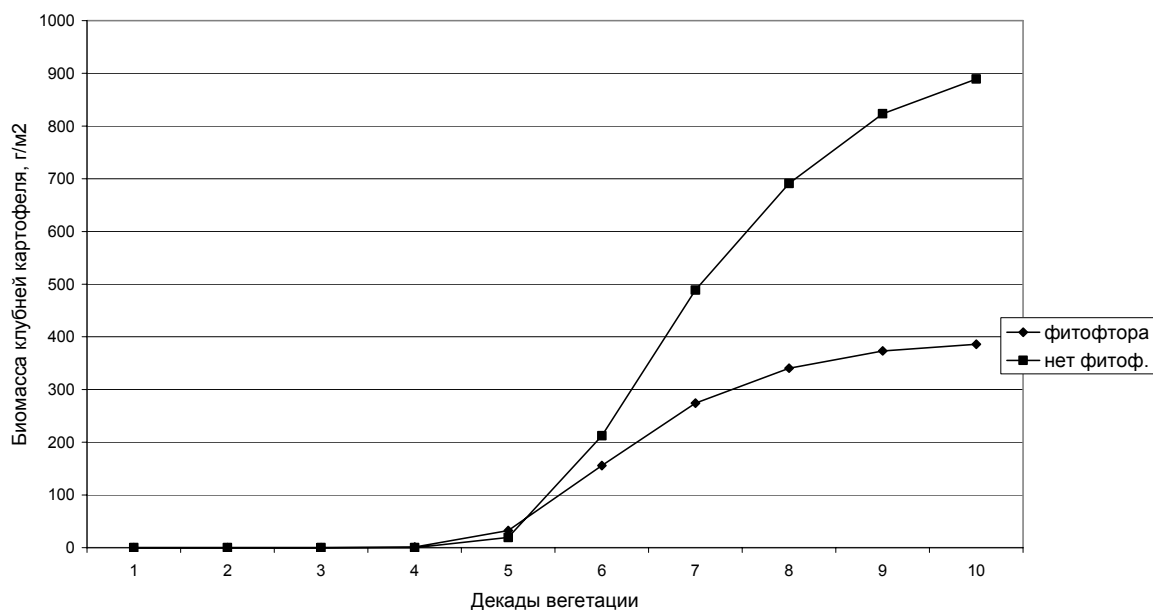


Рисунок 3 - Биомасса клубней картофеля при наличии и при отсутствии заболевания в условиях Западного Полесья.

Таблица 1 – Ход биомассы листьев, стеблей, корней и целого растения в условиях Западного Полесья при отсутствии фитофторы

Декады вегетации	Биомасса, (г/м ²)			
	Листьев	Стеблей	Корней	Целого растения
1	6,1	5,8	3,9	0,3
2	16,1	15,4	10,1	15,8
3	35,1	33,8	22,1	41,6
4	68,8	66,3	43,4	91,1
5	123,6	119,1	77,9	178,6
6	156,5	150,7	98,6	340,1
7	148,3	142,8	93,4	618,1
8	137,7	132,6	86,7	873,3
9	127,4	122,6	80,2	1048,2
10	119,6	115,1	75,3	1153,6

Выводы. В численных экспериментах с моделью выполнена оценка влияния агрометеорологических условий на развитие фитофторы и определено ее повреждающее воздействие на биомассу отдельных органов растения картофеля и формирование урожайности картофеля в целом. Оценено повреждающее воздействие фитофторы применительно к условиям Западного Полесья. Таким образом, нами получен комплекс количественных показателей, характеризующих влияние агрометеорологических условий на формирование фитофторы.

Таблица 2 – Ход биомассы листьев, стеблей, корней и целого растения при воздействии фитофторы в условиях Западного Полесья

Декады Вегетации	Биомасса, (г/м ²)			
	Листьев	Стеблей	Корней	Целого растения
1	6,1	5,9	3,971	0,395
2	16,3	15,7	10,3	16,1
3	29,1	27,9	18,3	42,3
4	57,1	54,8	35,9	75,4
5	89,4	86,1	56,3	149,1
6	98,8	95,1	62,2	264,1
7	92,5	89,1	58,3	411,8
8	85,9	82,7	54,1	514,2
9	79,5	76,5	50,1	563,4
10	74,5	71,8	47,1	579,5

Список литературы

1. *Математическое моделирование* в агрометеорологии // Труды ВНИИСХМ. -1990. –Вып. 26. 77 с.
2. *Полевой А.Н.* Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. –Л.: Гидрометеоздат, 1988. -186 с.
3. *Руденко А.И., Белозор Н.И.* Влияние климата на распространение колорадского жука, рака и фитофторы картофеля // Прогноз в защите растений от вредителей и болезней. –Рига, 1964. –с.35-64.
4. *Свидерская С.М.* Оценка влияния агрометеорологических условий на развитие колорадского жука с помощью модели экологических взаимодействий в системе «среда – инфекция – вредитель - растение» // Метеорология, климатология и гидрология. -2001. -№43. –с.116-127.
5. *Waggoner P.* Weather and the rise and fall of fungi. //Biometeorology. –Ed. W.P.Lowry. Oregon State University Press, 1968.
6. *Waggoner P.E.* Defoliation, disease and growth // Theoretical production ecology hindsight and perspectives. – Wageningen Agricultural University, Department of theoretical Production Ecology. -1989. – P. 14-15.

Вплив агрометеорологічних умов на розвиток фітофтори і її ушкоджувальна дія на врожайність картоплі. Свидерська С.М.

Були представлені результати чисельних експериментів за оцінкою впливу агрометеорологічних умов на розвиток фітофтори і її ушкоджувальної дії на накопичення біомаси окремих органів рослини картоплі і формування врожайності в цілому стосовно умов Західного Полісся. В основу чисельних експериментів була покладена модель А.М. Польового, в якій моделюється виникнення фітофтори і її ушкоджувальна дія на формування врожайності картоплі в цілому.

Ключові слова: фітофтора, картопля, моделювання, вегетація, опади, температура повітря, вологість, біомаса.

Influence of agrometeorological terms on development of fitoftora and its damaging influence on productivity of potato. Sviderskaya S.M.

The results of numerical experiments on the evaluation of agrometeorological conditions impact on fitoftora development and its damaging influence on accumulation of biomass of potato plant separate organs and forming the productivity as a whole applying to the West Polesie conditions are presented. A. N. Polevoy's pattern modeling fitoftora origin and its damaging influence on potato productivity forming as a whole are in the basis of these numerical experiments.

Keywords: fitoftora, potato, modeling, vegetation, precipitation, temperature of air, humidity, biomass.