

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ РАЗВИТИЯ ГЛОБОДЕРОЗА НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ

**А.А. ШЕСТЕПЕРОВ**

доктор биологических наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт гельминтологии  
им. К.И. Скрябина, 117218, Москва, Б. Черемушкинская, 28,  
тел. (499)124-56-55, e-mail: vigis@ncport.ru*

**Е.А. КОЛЕСОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук

*Российский государственный аграрный заочный университет*

(Одобрено Комиссией по нематодным болезням растений отделения защиты и биотехнологии растений РАСХН 9 октября 2012 г., протокол № 2)

### *Симптомы глободероза картофеля*

Первые признаки поражения растений картофельной нематодой можно наблюдать вскоре после появления всходов. Больные растения образуют немногочисленные хилые стебли, которые преждевременно желтеют. Хлороз начинается с нижних листьев, затем распространяется на верхние и постепенно охватывает весь куст. При сильном поражении растения, чтобы получить питательные вещества и воду для своего развития, образуют массу мелких клубней (так называемая «бородатость» корневой системы) (Шестеперов, Савотиков, 1995). При неблагоприятных условиях (засуха, низкое плодородие почвы) наблюдают полную гибель растений в так называемых «плешинах» (Ермакова и др., 2000).

Образование очагов глободероза можно наблюдать при монокультуре через пять–семь лет со времени заноса фитогельминта. После случайного заноса единичных цист образуются очаги с резким снижением численности фитогельминтов от центра к периферии и таким же резким снижением степени угнетенности растений картофеля. Узкоограниченные очаги характерны на участках, где обрабатывают почву вручную – лопатами

Очаги продолговатой формы образуются из-за разноса инвазии почвообрабатывающими механизмами. В этом случае сильное проявление глободероза наблюдают в местах низкого плодородия почвы (на склонах, при глубокой вспашке), а также на участках, где ощущается недостаток или избыток почвенной влаги.

Со временем плотность популяции картофельной нематоды возрастает на всей площади участка. Пораженные растения имеют всего 1–3 стебля; число клубней резко уменьшается; они становятся мелкими (15–45 г).

### *Диагностика глободероза картофеля*

Методы диагностики глободероза определяются наличием цист в почве и растительным материалом, загрязненным почвой, присутствием самок на корнях, симптомами больных растений.

Поражение растений золотистой картофельной нематодой (ЗКН) удобнее всего визуально выявлять в период, когда внешние признаки глободероза выражены наиболее отчетливо, а на корнях довольно прочно прикреплены самки, т. е. с начала до конца цветения картофеля. Позднее, в сентябре, самки заканчивают свое развитие, превращаются в темно-бурые цисты, которые легко отпадают от корней.

Обследование начинают с приусадебных участков и огородов, где картофель выращивают в монокультуре, и накопление инвазии идет значительно быстрее, чем на совхозных и колхозных полях. В первую очередь, обращают внимание на участки и растения с симптомами глободероза.

Подозрительные кусты выкапывают лопатой, почву осторожно отряхивают и внимательно осматривают с помощью лупы все корешки и клубни; обращают внимание на мочковатость корневой системы картофеля, на вздутия, образующиеся на корнях томатов. Выдергивать кусты не допускается, поскольку самки и цисты остаются в почве.

Отобранные образцы корневой почвы с этикетками пересылают в фитогельминтологическую лабораторию или карантинную инспекцию для идентификации. При обнаружении ЗКН в населенном пункте специалисты по карантину растений фитогельминтологических лабораторий проводят визуальное обследование всех участков, используя балльную шкалу для оценки поражения глободерозом посадок картофеля.

#### ***Факторы и показатели, определяющие глободероз картофеля***

Многие виды фитогельминтов вызывают болезни, которые влияют на продуктивность и урожайность растений, что не учитывает энергетическая теория вредоносности. В этом случае фитогельминты являются возбудителями болезни, или фитопатогенами. ЗКН является и вредителем и фитопатогеном и вызывает специфическое заболевание – глободероз. Болезнь растения – это отклонение от нормы, вызванное жизнедеятельностью фитогельминта, который нарушает обмен веществ и приводит к патологическим изменениям на уровне клеток, тканей, органов, целого растения. В корнях картофеля после проникновения личинок ЗКН развивается синцитий, состоящий из гигантских клеток, характеризующихся высокой синтетической активностью и являющихся своеобразным проводником питательных веществ от растений к фитогельминту. Механизм взаимодействия ЗКН с растениями весьма многообразен; качественно различные процессы протекают на всех уровнях: молекулярном, клеточном, тканевом, органном, организменном и популяционном (Шестеперов, Савотиков, 1995).

На уровне тканей и органов эти нематоды существенно влияют на рост и функцию корней, что приводит к значительному замедлению их роста и чрезмерному разветвлению корневой системы. Мочковатые корни не проникают глубже пахотного слоя из-за образования вторичных, фиброзных корней, на которых можно увидеть много шарообразных белых, желтых, коричневых самок ЗКН.

На уровне целого растения симптомы глободероза проявляются из-за ослабления функционирования корневой системы. В результате паразитирования ЗКН в корнях снижается вегетативная масса растения, и проявляются следующие симптомы:

- растение отстает в росте, его высота 25–60 см; куст имеет 1–3 стебля, цвет листьев светло-зеленый, зелено-желтый. Наблюдают пожелтение листьев нижнего яруса;

- при выращивании картофеля в монокультуре и увеличении численности ЗКН в почве симптомы глободероза усиливаются, растение угнетено, низкорослое (11–30 см), светло-зеленого, зелено-желтого, желтого цвета. Нижние листья желтые, коричневые, верхние измельченные, хлоротичные; 1–3 истонченных стебля. В засуху оно увядает первым;

- при высокой плотности популяции ЗКН в почве и неблагоприятных климатических факторах растения представляют собой карликовые кусты (2–8 см), мало облиственные, светло-зеленые, желтые усыхающие листья имеют бурый или коричневый цвет; один, реже два стебля. Листья увядают и опадают, начиная с нижних, что приводит к пожелтению и преждевременной гибели куста. Корневая система слабообразованная, «бородатая», буреет или загнивает. На корнях очень много самок.

На уровне популяции растений картофеля, который выращивают в монокультуре, глободероз проявляется на посадках картофеля через 5–7 лет после заноса цист ЗКН. Среди сплошного темно-зеленого или зеленого цвета расте-

ний наблюдают пятна светло-зеленого цвета, которые имеют концентрическую или вытянутую форму; размер пораженных растений составляет от 0,5 до 10 м. Со временем плотность популяции ЗКН возрастает на всей площади участка и глободероз проявляется очень сильно. Пораженные растения имеют 1–3 стебля, число образующихся клубней резко уменьшается, клубни мелкие (15–45 г) или совсем не образуются.

На проявление глободероза (ГЗ), его симптомы оказывают влияние плотность популяций ЗКН в почве, климатические, агрохимические и другие факторы, которые могут усиливать или уменьшать поражение растений.

### ***Шкала для наземной визуальной оценки поражения глободерозом посадок картофеля***

Для выявления и учета развития ГЗ, его вредоносности была разработана шкала для визуальной оценки поражений ГЗ посадок. Она характеризует, субъективно, степень поражения посадок картофеля ГЗ на основании роста и развития растений, их цвета, покрытия почвы травостоем и т.д. (Савотиков и др., 1989).

При обследовании стоит задача визуально с использованием шкалы оценить посадки картофеля на поражённость глободерозом. Это означает, что для определения развития глободероза только одного участка картофеля необходимо выделить, увязать между собой целую систему показателей и выдать количественный показатель развития глободероза в баллах. На практике субъективная оценка степени развития болезни зависит от опыта обследователя и качества шкалы. Поэтому нами поставлена задача количественно оценить показатели, которые характеризуют глободероз, и построить математическую модель прогноза развития глободероза картофеля в зависимости от основных количественных показателей состояния посадок картофеля.

Визуальная оценка развития глободероза, как болезни, кроме субъективной оценки обследователя, может характеризоваться количественными показателями: минимальной, средней, максимальной высотой растений, числом стеблей, фазой развития, цветом листьев, выравненностью, покрытием травостоя.

Развитие ГЗ от бессимптомной стадии через видимые симптомы к гибели растений зависит не только от начальной численности ЗКН в почве, но и от факторов окружающей среды, которые могут или усилить или ослабить проявление болезни. Визуальная оценка развития ГЗ в баллах или процентах зависит от способности обследователя субъективно учесть показатели, которые приведены в таблице.

На начальных этапах исследований использование вербальных моделей позволяет глубже понять взаимосвязи факторов в системе. Такой подход в значительной мере облегчает рассмотрение отдельных составных частей системы (Шестеперов, 2008).

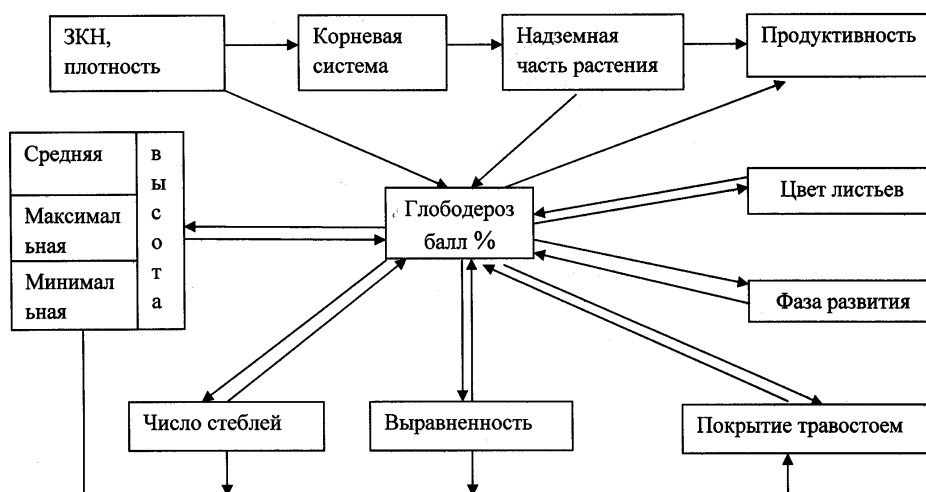
### ***Моделирование степени развития ГЗ картофеля в зависимости от показателей, характеризующих состояние посадок***

На рисунке показана графическая модель взаимодействия популяции ЗКН и растений картофеля, результатом которого является болезнь – глободероз. На модели схематично показано, что популяция ЗКН поражает корневую систему картофеля, блокирует поступление в подземные органы питательных веществ и воды. В результате растения болеют, и на посадках картофеля наблюдают развитие глободероза. Своеобразие растений картофеля состоит в том, что урожай клубней формируется при конкретном соотношении между ростом ботвы и клубней, а масса ботвы зависит от условий формирования корневой системы (Мальцев и др., 2002).

Развитие корневой системы определяется многими факторами. Одним из факторов, отрицательно влияющих на развитие корневой системы картофеля и, соответственно, надземных органов, является популяция ЗКН (Шестеперов, Савотиков, 1995).

Шкала для наземной визуальной оценки поражения глободерозом посадок картофеля в баллах и процентах (модифицированная, унифицированная)

Балл	Процент	Характеристика
0	0	Растения в посадках выровнены; их высота одинаковая или почти одинаковая; окраска листьев темно-зеленая, зеленая, равномерная; кусты сомкнуты или почти сомкнуты. Почва в междурядьях почти не видна. После окучивания междурядье просматривается одинаково на всей площади. Покрытие травостоем 80–100 %
1(1)	0,1–25	Среди сплошного темно-зеленого или зеленого цвета посадки наблюдают очаги (пятна) светло-зеленого и желтого цвета, которые имеют концентрическую или вытянутую форму. Растения в очагах отстают в развитии, невыравнены; их высота неодинакова. Площадь в очагах глободероза от 0,5 до 10 м; в их центре хорошо просматривается почва. После окучивания почва в междурядьях просматривается неравномерно. Покрытие травостоем 75–100 %
2(3)	25,1–50	Растения в посадке невыравнены; их высота значительно варьирует; фаза развития растений колеблется (от кущения до бутонизации и цветения); просматривается один большой или несколько соприкасающихся очагов плохого роста картофеля; растения светло-зеленого, желтого, бурого цвета. В центре очагов карликовые растения часто погибают. В междурядьях хорошо просматривается почва (от 26 до 50 % площади посадок). Покрытие травостоем 51–76 %
3(5)	50,1–75	Для большинства растений участка характерна невыравненность по фазе развития, высоте, числу стеблей, цвету (от зеленого, светло-зеленого, желтого до бурого, коричневого). Поверхность почвы преобладает над площадью закрываемой кустами картофеля. После окучивания и из-за плохого роста растений покрытие травостоем 26–50 %
4(7)	75,1–100	Для растений характерно сильное отставание в росте и развитии. На участке просматриваются карликовые и погибающие кусты; у других растений листья светло-зеленные, желтые. В отдельных местах участка встречаются растения, внешне не отличающиеся от нормальных (не пораженных) растений. Покрытие травостоем поверхности почвы 5–25 %



**Рис. 1.** Схема логической модели взаимодействия популяций ЗКН и растения-хозяина картофеля и структуры модулей показателей, определяющих развитие глободероза картофеля

Уровень развития глободероза на посадках картофеля восприимчивых сортов зависит от предпосадочной плотности популяции ЗКН в почве, агрохимических условий и других факторов. Для определения уровня развития глободероза используют балльную шкалу, в которую включены основные показатели (табл.1). Это означает, что определение развития глободероза в баллах необходимо выделить и увязать между собой целую систему показателей, другими словами – построить модель.

Для сравнения оценки значимости взаимосвязей каждого показателя, характеризующего протекание глободероза, с визуальной оценкой развития ГЗ проведен корреляционный анализ и рассчитаны коэффициенты корреляции между всеми полученными показателями. Нами установлено, что все используемые для визуальной оценки степени поражения посадок картофеля восприимчивых сортов показатели характеризовали нематодное заболевание. Показатели коэффициента корреляции между развитием ГЗ и симптомами, находились в диапазоне от  $R = 0,57$  (число стеблей) до  $IG = 0,97$  (проекционное покрытие травостоем почвы), т. е. связь между ними была от средней заметной до тесной.

При расчетах прогноза степени развития глободероза картофеля восприимчивых сортов на посадках во Владимирской области использовали уравнение:

$$y = 97,56 + (-0,39)x_1 + (-0,8)x_2 + 3,17x_3 + 0,18x_4 + (-1,41)x_5 + 0,49x_6 + (-0,12)x_7 + (-3,24)x_8$$

где  $x_1$  – покрытие;  $x_2$  – средняя высота;  $x_3$  – цвет;  $x_4$  – максимальная высота;  $x_5$  – фаза развития растения;  $x_6$  – выравнивание;  $x_7$  – минимальная высота;  $x_8$  – число стеблей.

Восьмифакторное уравнение характеризуется высокой достоверностью (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,985$ ).

Полученные математические модели, построенные на основе уравнений, продемонстрировали, что в показатели балльной оценки развития ГЗ карто-

феля должны быть включены покрытие травостоем почвы, его выравненность, цвет, высота растений.

На практике симптомы глободероза определяются в баллах и построенные нами математические модели оправдываемости прогноза развития глободероза картофеля в зависимости от показателей его определяющих, показали, что субъективная оценка обследователя посадок картофеля достаточно достоверна и объективна.

Таким образом, показатели (проекционное покрытие травостоем почвы, высота растений, фаза развития растений, выравненность растений, число стеблей), характеризующие интенсивность проявления глободероза, являются необходимыми при проведении визуальной балльной оценки развития глободероза на посадках восприимчивых сортов картофеля.

Субъективная балльная оценка основывается на учете модифицированной, унифицированной шкалы для наземной визуальной оценки поражения глободерозом; она достаточно объективна и может быть использована для установления фитогельминтологической ситуации и прогнозирования вредности глободероза.