

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ УРОЖАЯ ОТ ЦИСТООБРАЗУЮЩИХ НЕМАТОД

А.Г. БАБИЧ

кандидат сельскохозяйственных наук

А.А. БАБИЧ

кандидат биологических наук

А.В. ТИМЧЕНКО

студент

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
г. Киев, ул. Героев Оборона, 15, e-mail: babich200@yandex.ru*

Уточнены экономические пороги вредоносности для энергосберегающих технологий выращивания основных сельскохозяйственных культур. Предложены пути повышения достоверности прогноза вредоносности и адекватности оценки потенциальных потерь урожая от цистообразующих нематод.

Ключевые слова: цистообразующие нематоды, экономические пороги вредоносности, прогноз потерь урожая.

В последние два десятилетия произошли радикальные изменения в растениеводческой отрасли Украины. Переход на рыночные отношения привел к резкому сокращению посевных площадей льна, кукурузы на зеленый корм и силос, гороха, свеклы сахарной, однолетних и многолетних трав при существенном увеличении площадей под подсолнечник, кукурузу на зерно, сою и рапс. Возделывание ограниченного видового состава культур в преимущественно короткоротационных севооборотах предопределяет массовое размножение и высокую вредоносность специализированных фитофагов. При современной тенденции к минимизации обработки почвы, резкому сокращению норм внесения традиционных органических, ограниченному использованию минеральных удобрений, упрощению в целом технологий выращивания культур, необходимо уточнение ранее установленных экономических порогов вредоносности.

Главными преимуществами разработки достоверного прогноза вредоносности цистообразующих нематод является уникальная способность потомства до 10 и более лет находиться в анабиозе при различных неблагоприятных условиях и отсутствии кормовых ресурсов, минимальная активная миграция инвазионных личинок, седентарный способ корневого паразитирования, а также ограниченный круг растений-хозяев.

Среди разработок предыдущих лет в данной области наибольшее признание нематологов получила линейная модель голландского ученого Oostenbrink [7] и экспонциальная – Seinhorst [8]. Ряд модификаций прогностических моделей, в том числе и более совершенных, предложено отечественными учеными [2–5].

Достижение линейной зависимости снижения урожайности культур от уровня допосевной заселенности почвы в модели Остенбринка достигается логарифмическим преобразованием исходных численностей нематод. Однако, игнорируя нелинейную, S-образную зависимость, концептуальным недостатком модели является программируемое завышение порога толерантности, а также недостаточно адекватное отображение прогнозированной вредонос-

ности в сравнении с фактической в одном из интервалов исходной заселенности почвы цистообразующими нематодами [2].

Экспоненциальная модель Сейнхорста совершеннее линейной. В ней предусмотрены факторы саморегуляции плотности нематод (внутренний контур отрицательной обратной связи) и влияние растений-хозяев на популяцию нематод (внешняя обратная связь). Недостатком модели следует считать идеализированно жесткую зависимость прогнозируемых потерь урожая сельскохозяйственных культур только от уровня допосевной (исходной) заселенности почвы. В случае изменения какого-либо показателя среды воздействующий фактор рассматривается как качественно новый, соответственно требуется внесение уточнений в параметры модели [2, 4]. Поэтому, перенесение их в другие регионы, без адаптации к местным почвенно-климатическим условиям, может привести к неадекватности прогнозируемых потерь урожая и ошибкам при выборе экономически обоснованных защитных мероприятий.

В условиях Казахстана было установлено, что снижение продуктивности сахарной свеклы не происходит пропорционально увеличению численности свекловичной нематоды, а является более сложным процессом с наличием «скачков» в потерях урожая при определенных уровнях заселенности почвы. Для моделирования этого процесса выделены участки зависимости: 1 – зона толерантности, 2 – замедленное снижение продуктивности, 3 – ускоренное, 4 – относительная стабилизация, 5 – потери урожая, близкие к полной гибели растений [3, 4]. Вместе с тем, чрезмерная детализация затрудняет практическое использование прогностических моделей. Поэтому, в последние годы, ученые сочли возможным использование упрощенных модификаций [2, 6].

Целью наших исследований было усовершенствование прогноза вредоносности основных видов цистообразующих нематод.

Материалы и методы

Вредоносность цистообразующих нематод изучали в 1991–2012 гг. в условиях опытно-селекционных станций, а также хозяйств различных форм собственности Винницкой, Киевской, Полтавской, Черниговской и других областей Украины.

Исследовали образцы растений, почвы, цисты, яйца, личинки, взрослые особи нематод доминирующих видов. Цисты из почвы выделяли флотационным методом. Изготовление временных и постоянных препаратов, определение видового состава нематод осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками [1].

Математические, графические и компьютерные модели разрабатывали согласно методическим положениям в области нематодологии и защиты растений [2, 4, 5].

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования указывают на предпочтительное выделение в моделях следующих участков зависимости потенциальных потерь урожая от уровня допосевной численности цистообразующих нематод:

1. Зона толерантности – при низкой исходной заселенности нематодами активация защитных функций растительного организма обеспечивает быстрое восстановление пораженных корней без существенного нарушения роста и развития растений, а соответственно и снижения потенциальной продуктивности культур.

2. Зона вредоносности – при превышении критической численности урожайность вначале снижается постепенно, далее с возрастанием плотности популяции – линейно-пропорционально, а затем снова замедленно. На данном участке зависимости для каждого вида нематод необходимо установление порога толерантности (выносливости) культур – уровня исходной численности, вызывающей начальное снижение продуктивности, а также эконо-

мического порога вредоносности, когда применение защитных мероприятий обеспечивает прибыль, повышает рентабельность и снижает себестоимость продукции.

3. Зона стабилизации – при очень высоких исходных численностях нематод наблюдают явление десенсибилизации. Конкурентные отношения нематод за трофические ресурсы предопределяют уменьшение потенциальных потерь урожая в пересчете на каждую отдельную особь по мере увеличения их общей численности.

Резкое угнетение растений в сильно заселенных очагах оказывает также отрицательное воздействие на процессы питания нематод, а соответственно и их размножение. В структуре популяции отмечают тенденцию к преобладанию самцов и снижению плодовитости самок.

Экономические пороги вредоносности, рассчитанные на 5%-ный уровень потерь урожая от цистообразующих нематод, для энергосберегающих технологий выращивания основных сельскохозяйственных культур приведены в таблице 1.

**1. Экономические пороги вредоносности (ЭПШ)
основных видов цистообразующих нематод**

Цистообразующая нематода	Сельскохозяйственные культуры	ЭПШ (яиц + личинок в 100 см ³ почвы)
<i>Зерновые колосовые</i>		
Овсяная	Овес	100–125
	Пшеница яровая	200–225
	Пшеница озимая	275–300
	Ячмень яровой	225–250
	Ячмень озимый	325–350
	Рожь озимая	300–325
<i>Свекла</i>		
Свекловичная	Сахарная, кормовая, столовая	175–225
<i>Картофель</i>		
Золотистая картофельная	Восприимчивые сорта	500–600
	Устойчивые сорта	2400–2500
<i>Клевер луговой</i>		
Клеверная	Зеленая масса	350–400
	Семена	200–250
<i>Люцерна посевная</i>		
Люцерновая	Зеленая масса	450–550
	Семена	300–350

Для повышения адекватности прогноза эмпирических моделей необходимо внесение корректирующих поправок на доминирующие абиотические факторы, непосредственно или косвенно оказывающие влияние на популяции седентарных фитопаразитов. Так, оптимальная или повышенная влажность почвы способствует продлению сроков выхода личинок из цист, обуславливая более высокий уровень инвазированности ими растений-хозяев. Поэтому, при аналогичных исходных численностях потери урожая были выше в годы с достаточным увлажнением в начале первой и засушливой (ГТК 0,4–0,9) второй половиной вегетационного периода и, наоборот, вредоносность цистообразующих нематод снижалась при незначительном выпадении осадков весной и благоприятном режиме увлажнения и прохладной погоде в летне-осенние месяцы (табл. 2).

2. Коэффициенты пересчета потенциальных потерь урожая в очагах распространения цистообразующих нематод в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода

Гидротермический коэффициент		Поправочный коэффициент
IV–VI	VII–X	
0,4–0,9	0,4–0,9	1,1–1,0
	1,0–1,6	0,9–0,8
	1,7–2,2	0,8–0,7
1,0–1,6	0,4–0,9	1,2–1,1
	1,0–1,6	1,0–0,9
	1,7–2,2	0,9–0,8
1,7–2,2	0,4–0,9	1,3–1,2
	1,0–1,6	1,1–1,0
	1,7–2,2	1,0–0,9

Следовательно, комплексная оценка гидротермических условий за отдельные периоды органогенеза растений повышает достоверность прогноза вредоносности цистообразующих нематод в сравнении со средним показателем уровня влагообеспеченности всего вегетационного сезона.

Внесение дополнительных (корректирующих) поправок на сортовые особенности, сроки посева и погодные условия позволяет достичь еще более высокой адекватности прогноза вредоносности.

В классическом варианте математической модели [8] потенциальную урожайность (Y , %) рассчитывают по формуле:

$$Y = m + (1 - m) 0,95 P/T - 1,$$

где m – минимально возможный урожай при самых высоких численностях фитопаразитических нематод; T – порог толерантности культуры к вредоносному организму (без снижения продуктивности); P – исходная (допосевная) численность цистообразующих нематод (яиц + личинок в 100 см³ почвы).

Пример расчета урожайности для свеклы кормовой сорта Екендорфский желтый ($m = 20$ %, $T = 125$ яиц + личинок в 100 см³ почвы, $P = 340$ яиц + личинок в 100 см³ почвы):

$$Y = (20 + (100 - 20) 0,95 \times 340/125 - 1 = 20 + 80 \times 0,953 = 20 + 80 \times 0,857 = 20 + 68,6 = 88,6 \text{ \%}.$$

Потенциальные потери урожая ($Пн$, %) с внесением соответствующих поправок рассчитываем по формуле:

$$Пн = (100 - Y + Kс + Kв) \times Kn,$$

где $Kс$ – поправка на сортовые особенности, %; $Kв$ – потери, обусловленные отклонением (в нашем случае на 7 дней) от оптимальных сроков сева, %; Kn – коэффициент пересчета на засушливые погодные условия.

При аналогичной исходной заселенности разница между потерями урожая сортов Екендорфский желтый и Уманский составляет ($Kс = 6$ %; $Kв = 11,7$ %; (ГТК – 0,9) – $Kn = 1,1$):

$$Пн = (100 - 88,6 + 6 + 11,7) \times 1,1 = 32,01 \text{ \%}.$$

Фактические потери урожая корнеплодов свеклы подтвердили высокую корреляционную зависимость прогноза не только от уровня исходной заселенности почвы, но и от комплекса основных абиотических и антропогенных

факторов. Аналогичная закономерность влияния доминирующих факторов на потенциальную урожайность в очагах распространения цистообразующих нематод отмечена также и для других сельскохозяйственных культур.

Таким образом, при существенном отклонении метеоусловий вегетационного периода от среднесезонных, использовании сортов, резко отличающихся по морфо-биологическим характеристикам, а также при запаздывании со сроками посева культур от зонально-рекомендованных, внесение корректирующих поправок повышает достоверность прогноза потенциальных потерь урожая от цистообразующих нематод в сравнении с традиционной методологией.

Литература

1. Кирьянова Е.С., Кралль Э.Л. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. – Л., 1969. – Т. 1. – 447 с.
2. Прикладная нематология. Под ред. С.В. Зиновьевой и В.Н. Чижиова. – М.: Наука, 2006. – 350 с.
3. Сагитов А.О. Научные основы интеграции противонематодных мероприятий на важнейших полевых и овощных культурах Казахстана: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1988. – 35 с.
4. Сагитов А.О., Перевертин К.А. Фитогельминтология – сельскохозяйственному производству. – Алма-Ата: Кайнар, 1987. – 183 с.
5. Шестеперов А.А., Савотиков Ю.Ф. Карантинные фитогельминтозы. – М.: Колос, 1995. – 463 с.
6. Cooke D. The relationship between numbers of *Heterodera schachtii* and sugar beet yields on a mineral soil, 1978–81 // Ann appl. Biol. – 1984. – V. 104, № 1. – P. 121–129.
7. Oostenbrink M. Major characteristics of relation between nematodes and plants // Meded. Landbouwhogeschool. – Wageningen, 1966. – S. 1–46.
8. Seinhorst J.W. The relation between nematode distribution in a field a different average nematode density // Nematologica. – 1973. – V. 19. – P. 421.

Theoretical and applied problems of forecasting of crop losses from the cyst nematodes

A.G. Babich, A.A. Babich, A.V. Timchenko

It was précised economic thresholds of harmfulness for the current energy-saving technologies of cultivation of major crops and suggested ways to improve the reliability of the forecast of harmfulness and the adequacy of the estimates of potential losses of crop yield cyst nematodes.

Keywords: cysts nematodes, economic thresholds of harmfulness, forecast of crop losses.