

РОССИЯ ВПЕРВЫЕ СТАЛА ЭКСПОРТЁРОМ САХАРА. МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕВАЛИДНЫХ АГРОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Перевертин К.А.¹

¹*Центр паразитологии ФГБНУ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова
РАН, Москва, Россия*
perevertink@mail.ru

Аннотация: Интенсивное производство сахара в последние годы предполагает возрастание опасности эпифитотий, одной из важнейших из которых для сахарной свёклы является коэволюционно связанный с ней гетеродероз. Предложена модель, позволяющая экономически и экологически оценить последствия агрономических решений при отклонении от научно-рекомендованных схем севооборота (равно как и при их соблюдении). Моделирование реализовано на конкретном примере хозяйно-паразитной системы: сахарная свёкла-свекловичная цистообразующая нематода.

Хозяйственная самостоятельность субъектов природопользования – в первую очередь, сельхозпредприятий неминуемо предполагает поиск компромисса между экономической рентабельностью и экологическими ограничениями. Со времён древнейших земледельческих культур, пожалуй, первые антропогенно детерминированные экологические катастрофы были связаны с деградацией почв (в т.ч. падением почвенного плодородия). Простейшим, но эффективным агротехническим приёмом, препятствующим истощению почв, являются севообороты. С античных времён до Средневековья в европейской аграрной традиции практиковалось, как минимум трёхполье.

Интенсификация земледелия вплоть до «зелёной революции» явила разнообразие многозвенных севооборотов. В какой-то мере это условное биоразнообразие (набора возделываемых культур) в соответствии с информационным принципом К.Шеннона характеризует устойчивость агроэкосистемы. Крайне важна роль севооборотов в предотвращении эпифитотий. Именно «биологический порядок» (сдерживание вредных организмов) Д.Н. Прянишников ставил первой причиной необходимости чередования сельхозкультур. Рассмотрение севооборота, как краеугольного камня, основы, базиса земледелия является, и по сей день, классическим. Исключение – высокотехнологичные монокультуры с балансом по выносу биофильных элементов за счёт удобрений и применением других средств агротехники с контролем множества параметров, не допускающих деградации агробиоценоза. Однако на практике нередко примеры примитивной монокультуры, когда целевая функция – прибыль намеренно не связывается экологическими ограничениями. Хрестоматийным примером агроэкологической катастрофы является феномен «свеклоутомления (Zuckerrubenmudigkeit)» в Германии в последней четверти 19 века, когда бессменное возделывание рентабельнейшей сахарной свёклы вокруг сахарозаводов привело к нематодному заражению почв и закрытию этих самых заводов. В текущем году Россия впервые в своей истории стала экспортёром сахара. Этому способствует экономическая конъюнктура (слабый рубль), что делает свекловодство крайне рентабельным.

Сиюминутные экономические соображения подвигают ряд хозяйственников к принятию невалидных агрономических решений с игнорированием проверенных временем научных рекомендаций. Имеются даже «теоретические» обоснования отказа от севооборота – «укороченные звенья», «динамическое планирование выбора культуры», за которыми легко угадывается стремление к монокультуре.

Чтобы не повторить ошибок «свеклоутомления» предлагается модель, позволяющая агрономам (менеджерам хозяйств) оценить последствия принимаемых ими решений на сколь угодно лет вперёд.

Собственно, модель базируется на двух зависимостях:

$Y(P_i)$ – выход урожая в зависимости от допосевной плотности популяции нематод;

$P_f(P_i)$ – зависимость послеуборочной плотности нематод от допосевной.

Важным допущением является равенство послеуборочной плотности допосевной на следующий год.

Выражение для первой зависимости, известной за рубежом, как critical point model

$$Y(P_i) = m + (1 - m) \times Z^{(P_i - T)}; \text{ для } P_i > T, \quad (1)$$

где параметры имеют биологический смысл - m минимальный урожай ниже которого Y не опускается даже при максимальных инвазионных нагрузках P_i ; T – порог толерантности tolerance limit -- плотность нематод ниже которой потерь урожая не происходит, Z – параметр меньше 1, характеризующий конкретную систему паразит-хозяин.

Достаточно частым заблуждением среди практиков является неполное представление о природе $P_f(P_i)$. Скорость размножения a связывает допосевную и послеуборочные плотности $P_f = a \times P_i$. Если $a > 1$, то растение является хозяином для данного паразита, если $a < 1$, то культура хозяином не является. При этом упускается простой факт, что a не может быть независимым от P_i . Основное уравнение динамики популяции нематод было рассмотрено еще Сейнхорстом (Seinhorst, 1972):

$$\frac{dP}{dt} = rP - \frac{P}{E}. \quad (2)$$

Полученные решения достаточно известны. В нашей модели мы использовали линейную аппроксимацию кривой вполне адекватно описывающей систему до сверхвысоких инвазионных нагрузок. Что касается зависимостей для «нехозяев», то они по определению линейны и лежат ниже линии равновесной плотности ($P_f = P_i$). Фактографический материал (параметры урожайной экспоненты и линейных регрессий для непоражаемых культур) взят нами из совместных работ с нематологами Казахстана и Германии. Разумеется, адаптация

параметров к конкретным условиям, например, Черноземья очень желательна, но принципиальной разницы нет. На рисунке 1 приведено графическое изображение принципа работы модели.

Нижняя часть графика имитирует посев свёклы или непоражаемых культур с дискретизацией по годам. Из набора культур можно легко составить любую схему севооборота на сколько угодно лет. Верхняя часть графика – зависимость выхода урожая от плотности нематоды. Заметим, что вместо Y используется функция условного дохода $D = Y_k Z_k$, путем умножения урожая каждой культуры на её закупочную цену Z_k . Имитация севооборотов позволяет использовать не только простые звенья – картофель, овёс, подсолнечник, но например трёхлетнее звено люцерны с подсевом ячменя. Пар на нижнем графике также выглядит, как непоражаемая культура, но в экономический блок войдёт с отрицательным значением по затратам.

Таким образом, предложенная модель адекватно оценивает последствия любых агрономических решений и даёт их экономическую оценку по условному доходу, а также экологическую характеристику заражённости почв.

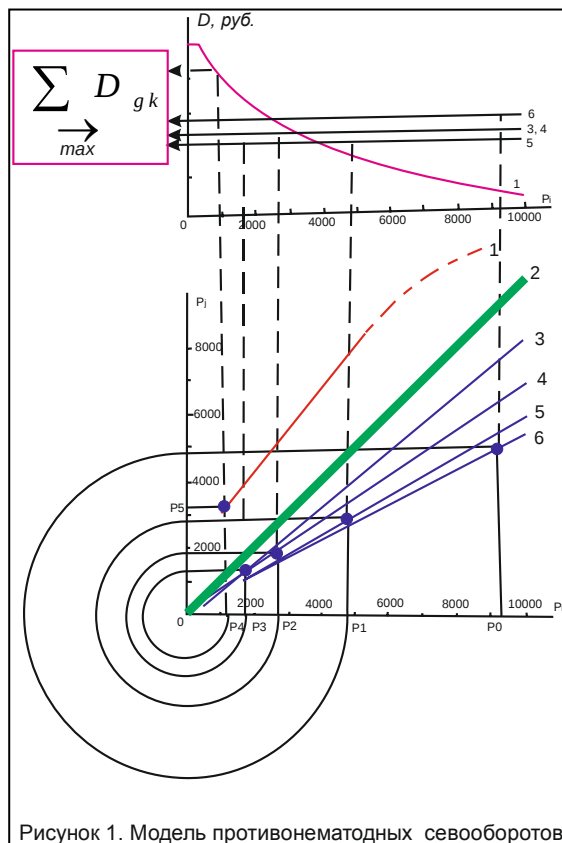


Рисунок 1. Модель противонематодных севооборотов