

УДК 631.51.07

ВРЕДНОСНОСТЬ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

А. М. ТУЛИКОВ

Первые регулярные исследования в России по изучению вредоносности сорных растений относятся к началу прошлого века [27, 32, 33, 35, 54, 55, 56]. В академии опыты по изучению вредоносности сорных растений впервые были выполнены на льняной опытной станции и кафедре земледелия, в частности на посевах льна-долгунца [31]. Было установлено, что угнетение посевов льна сорными растениями не находится в строго пропорциональной зависимости от массы сорной растительности. Точнее говоря, скорость падения урожая культуры была меньше скорости увеличения обилия сорняков в посевах. Однако автор не представил эту зависимость математически в аналитической форме. Позднее [13] в трехлетних опытах отмечалось устойчивое снижение урожая льна-долгунца как по массе соломки, так и по массе семян с увеличением обилия сорняков. При этом повышение степе-

ни засоренности до 45—66% уменьшало общую надземную массу культуры на 65—94%.

В исследованиях [39] изучалось раздельное влияние рыжика льняного и плевела льняного при различной степени засоренности ими посевов на урожай льна-долгунца. Указывается, что рыжик льняной более вредоносный, чем плевел льняной. Вместе с тем, в этих опытах, пожалуй, впервые были получены данные о неодинаковой вредоносности сорняков в разные периоды развития культуры. Оказалось, что чувствительность льна-долгунца к присутствию в посевах сорняков сохраняется до конца вегетационного периода.

В последующие годы интерес к изучению вредоносности сорных растений значительно ослабел. И лишь со второй половины прошлого века вопросы вредоносности сорных растений начали вновь привлекать к себе вни-

мание ученых и специалистов по самым неожиданным аспектам программы борьбы с сорняками. Причины возродившегося интереса многообразны, но наиболее существенные состоят в следующем.

Прежде всего широкое применение гербицидов не только не решило проблему борьбы с сорняками, но, напротив, значительно обострило ее. Изменился флористический состав сорняков в посевах, возросло обилие устойчивых видов и появились резистентные популяции многих сорняков, что сопровождалось последовательным снижением экономической эффективности применяемых препаратов [8, 19 и др.]. И, во-вторых, согласно традиционным взглядам, в практике и теории земледелия популяции сорных растений воспринимались обычно как чуждый и посторонний компонент посевов сельскохозяйственных культур. И это несмотря на классические работы, в которых был заложен научный фундамент учения о полевых растительных сообществах или агрофитоценозах [11, 24, 26, 34, 38, 41, 42, 50].

Концепция фитоценотической интерпретации посевов сельскохозяйственных культур, развиваемая затем другими исследователями, позволила с 70-х годов рез-

ко повысить актуальность и расширить перспективы программы научных экспериментов по изучению биологии, вредоносности, ареала распространения сорных растений и совершенствованию мер борьбы с ними [3, 4, 7, 23, 28, 49]. С этого времени возрастающее внимание в исследованиях уделяется изучению взаимоотношений культурных и сорных компонентов в агрофитоценозах, как и количественной оценки влияния обилия сорных растений на продуктивность различных культур.

Интересна первая из таких работ, выполненная на кафедре земледелия В. А. Захаренко [16]. Используя дробно-линейную функцию, автор показал зависимость урожая яровой пшеницы от численности в ее посевах сорных растений овсюга. Позднее, изучая влияние отдельных видов сорняков (овсюга или мари белой) на посевах разных культур (пшенице, горохе, льне, кукурузе и картофеле), он установил, что с увеличением обилия сорняков снижение урожая культур более корректно описывается показательной функцией [17, 18].

Для описания количественной зависимости урожайности культур от обилия в их посевах сорных растений, которую далее для кратко-

сти будем называть зависимость «сорняки — урожай», предлагались также линейная, степенная, квадратическая и другие виды функций [21, 22, 25].

Разнообразие видов уравнений регрессии для количественного описания зависимости «сорняки-урожай» позволяет подобрать наиболее достоверное для каждого из конкретных экспериментальных или производственных условий, определяемых видом и сортом культуры, преобладающей видовой популяцией сорняков, уровнем минерального питания, особенностями вегетационного периода и т. п. Однако именно множественность видов уравнений регрессии, как и многообразие конкретных условий возделывания разных культур, вносят существенную неопределенность в математическую интерпретацию формы зависимости «сорняки — урожай». Важнейшие же цели математического моделирования состоят в поиске по возможности такой унифицированной и адаптированной формы зависимости «сорняки — урожай», которая позволяет статистически достоверно прогнозировать динамику урожайности культуры во всем интервале изменения обилия сорняков и как следствие качественно оценить

вредоносность сорняков и уровень возможных потерь урожая культуры.

Для изучения взаимоотношений между культурными и сорными растениями в агрофитоценозах различных культур нами с сотрудниками на Почвенно-агрономической станции им. В.Р. Вильямса в учхозе «Михайловское» Московской обл. была заложена серия полевых опытов, исследования в которых с 1972 г. осуществлялись по широкой и унифицированной программе (Методические разработки по схемам полевых опытов, 1979, 1982) [29, 30].

Выполненные нами исследования [47, 48] позволили установить, что для агрофитоценозов ячменя, льна-долгунца, кукурузы на силос и картофеля, выращиваемых при различных уровнях минерального питания, зависимость «сорняки — урожай» описывается экспоненциальным уравнением регрессии вида:

$$y = a \cdot \exp \{-bx\} + c, (1)$$

где: y — урожайность культуры, ц/га, % и т. п.; x — обилие сорняков, шт/м², % и т. п.; a — возможные потери урожая культуры при максимальном засорении посевов, ц/га, % и т. п.; b — коэффициент конкурентоспособности культуры, всег-

да $b > 0$; c — урожай культуры, сохраняющийся при максимальной засоренности посевов, ц/га, % и т. п.

Исходя из биологической природы исследуемых объектов областью изменения переменной (x) является полуинтервал $[0, p)$, где p - некоторое положительное ограниченное число, а областью существования функции (y) - интервал $[0 < c, a+c]$. В этой связи остановимся на рассмотрении результатов, которые были получены в процессе изучения лишь следующих вопросов:

- 1) проверить и оценить адекватность общего вида установленного уравнения регрессии (1) для описания количественного влияния сорных растений на динамику урожайности различных культур независимо от их биологии, условий возделывания, состава и структуры сорной синусии в агрофитоценозе;

- 2) выявить возможные прогностические модели количественной зависимости «сорняки — урожай» в аналитической форме для агроформаций различных культур и провести их статистическую оценку;

- 3) установить пороги вредности сорняков в посевах основных полевых культур.

Объекты и методика исследований

Для решения поставленных задач на широкой фактологической основе возникла необходимость воспользоваться экспериментальными данными, не только полученными в наших исследованиях, но и опубликованными различными авторами в открытой печати.

Привлекаемые для статистического анализа данные абсолютных значений количественного обилия сорняков и соответствующих абсолютных величин урожаев культуры с единицы площади обычно сильно различаются для отдельных агрофитоценозов даже одной культуры. Обобщение таких сильно варьирующих исходных данных по их абсолютным значениям оказалось практически невозможным. Чтобы преодолеть трудности, обусловленные сильной вариацией абсолютных значений соответствующих показателей по различным агрофитоценозам, возникла необходимость в нормировании этих фактических значений.

Сущность разработанной нами методики нормирования состоит в следующем. Урожайность любой культуры в чистом от сорняков посеве, независимо от абсолютной величины этого показателя,

вполне логично как максимальные в данных условиях принять за 100%. Тогда урожайность этой культуры в этих же условиях, но при других уровнях засоренности посевов будет выражаться обычно величиной меньше чем 100%.

Исходя из преобладающей плотности на 1 м^2 стеблей всех растений, формирующейся в травянистых сообществах полевых культур основных сельскохозяйственных районов страны и колеблющейся обычно от 100-300 до 700—2500 шт., принимаем часто наблюдаемую, но еще не максимальную численность сорняков в 1000 шт/м^2 за 100%.

Таким образом, нормированное значение урожайности культуры исходя из конкретных условий может принимать значения от 0 до 100%, а численности сорняков — от 0 до 100% и даже выше.

При статистической обработке, регрессионном и численном анализе обобщаемых экспериментальных данных использовались как известные пособия, так и специальные руководства, и научные публикации [10, 12, 15, 36, 40, 46, 52].

Если аналитическая форма уравнения регрессии (1) выражает качественную сторону закономерности взаимо-

связи между переменными x и y , то численные значения параметров такого уравнения открывают перспективу количественного прогноза величины и направление этой связи. Поэтому практическую ценность это уравнение начинает приобретать лишь с того момента, когда становятся известными численные значения входящих в него параметров a , b и c . И чем выше иерархическое положение (таксон) агрогруппировки растений, описываемый уравнением регрессии при установленных значениях параметров a , b и c , тем выше практическая значимость такой аналитической зависимости «сорняки — урожай».

В связи с изложенным была проведена обширная работа по сбору экспериментальных материалов как извлеченных из множества открытых публикаций различных авторов, так и полученных нами с сотрудниками в полевых исследованиях, последующему обобщению их по агроформациям конкретных полевых культур и статистическому анализу.

Обрабатываемые для статистического анализа исходные данные подвергли нормированию, чтобы по возможности ослабить посторонние для статистического анализа фоновые шумы,

обусловливаемые множеством не учитываемых или неизвестных внешних факторов (осадки, температура воздуха, флористический состав сорняков, сроки учета, виды и нормы удобрений, сорта, агротехника культур и т. п.), с тем, чтобы четче вычленили количественную зависимость между урожайностью культуры и обилием в ее посевах сорняков.

Результаты

Использование изложенной методики нормирования и статистического анализа данных из различных публикаций по засоренности посевов и соответствующей урожайности культур проиллюстрируем в общих чертах на примере агрофитоценозов озимой пшеницы. Прежде всего все первичные данные абсолютного обилия сорняков ранжируем в возрастающем порядке и выписываем соответствующие им значения урожайности культур. Поскольку первичные данные многих авторов не всегда содержат варианты полного отсутствия сорняков в посевах, то наиболее вероятное значение в нем урожайности культуры рассчитываем экстраполяцией.

Затем максимальное обилие культурного компонента, оцениваемого по уро-

жайности его основной продукции, наблюдаемое в совершенно чистых посевах, принимаем за 100%. А обилие культуры на участках (вариантах) с другим уровнем засоренности рассчитываем в процентах от максимального. Обилие сорняков по отдельным участкам (вариантам) выразим в процентах от условного участка с количеством сорняков в 1000 шт/м², приняв это обилие за 100%. Результаты нормирования, приведенными в табл. 1, воспользуемся для выявления зависимости «сорняки — урожай» по установленному уравнению регрессии (1).

Сгруппируем нормированные значения численности сорняков (x) так, чтобы каждому их интервалу соответствовало не менее 4-6 значений урожайности культуры. Ход построения статистических рядов значений X ; и y , ясен из табл. 2.

Исходя из установленного выше вида аналитической зависимости между обилием сорняков и урожайностью культуры и из эмпирических значений этих показателей, представленных в табл. 2, оцениваем значения параметров a , b и c в уравнении (1), используя методы численности анализа [9, 10]. В итоге получаем искомое уравнение криволинейной регрессии связи между численностью

Т а б л и ц а 1

Нормированные значения обилия сорняков (x — числитель) и урожайности зерна озимой пшеницы (y — знаменатель), %

Г.А.Чесалин А.П.Ширши- ков 1969 [51]	Г.А.Чесалин А.П.Ширши- ков 1969	В.С.Подопри- гора, 1973 [37]	Г.Г.Зайцева, 1974 [14]	Ю.Н.Геш- товт, Н.Я.Пашкин, 1976 [6]	А.М.Туликов, 1979-1981	В.П.Сутягин, 1983 [43]	
$\frac{0}{100}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{14,02}{46,2}$	$\frac{0}{100}$
$\frac{4,2}{93,7}$	$\frac{1,1}{94,4}$	$\frac{2,47}{92,8}$	$\frac{3,8}{90,3}$	$\frac{0,3}{94,4}$	$\frac{2,31}{92,2}$	$\frac{15,84}{67,2}$	$\frac{0,5}{83,4}$
$\frac{11,0}{91,5}$	$\frac{1,9}{91,9}$	$\frac{10,09}{78,4}$	$\frac{4,7}{80,5}$	$\frac{1,3}{92,3}$	$\frac{4,21}{77,4}$	$\frac{8,64}{64,0}$	$\frac{1,5}{71,7}$
$\frac{12,8}{85,6}$	$\frac{3,0}{88,8}$	$\frac{14,93}{66,7}$	$\frac{13,7}{78,6}$	$\frac{1,6}{79,7}$	$\frac{6,35}{67,2}$	$\frac{20,46}{31,4}$	$\frac{3,7}{61,5}$
$\frac{41,6}{78,0}$	$\frac{8,6}{85,5}$		$\frac{28,6}{71,1}$	$\frac{2,9}{85,3}$	$\frac{6,76}{46,2}$	$\frac{27,72}{38,4}$	$\frac{15,0}{51,7}$
				$\frac{13,6}{67,1}$	$\frac{6,76}{64,9}$	$\frac{32,34}{31,4}$	$\frac{20,0}{46,1}$
					$\frac{10,89}{38,4}$	$\frac{32,51}{41,0}$	
					$\frac{11,88}{46,2}$	$\frac{32,84}{19,4}$	

сорняков и урожайностью зерна озимой пшеницы следующего вида:

$$y = 52,9 \cdot \exp\{-0,0673 \cdot x\} + 42,6 \quad (2)$$

Проверим существенность различий между эмпирическими (y_i) и теоретическими (\tilde{y}_i) значениями урожайности озимой пшеницы, для чего воспользуемся критерием Пирсона χ^2 , одним из наиболее строгих и широко употребляемых в биологических

исследованиях. Как следует из расчетов, представленных в табл. (3), различия между y_i и \tilde{y}_i несущественны даже на повышенном 95% уровне вероятности [36,52].

Более того, теоретические (\tilde{y}_i) и эмпирические (y_i) значения полностью укладываются в границах соответствующих доверительных интервалов.

И, наконец, нормируя в уравнение (2) параметры a и c по условию, что при $x = 0$ $y = a + b = 100$, окончатель-

Таблица 2
Статистические ряды связи между численностью сорняков (x_i)
и урожайностью (y_i) озимой пшеницы

Интервалы факториального признака численности сорняков, %	Центральные значения интервала численности сорняков, % (x_i)	Сумма значений урожайности культуры в данном интервале, %	Частота наблюдений урожайности культуры в интервале (m_i)	Среднее значение результирующего признака урожайности культуры в % (y_i)
0	0	700,0	7	100
0,01-1,65	0,83	515,9	6	86,0
1,66-3,30	2,48	4521,0	5	90,2
3,31-6,60	4,95	470,6	6	78,4
6,61-13,20	9,90	533,8	8	67,0
13,21-26,40	19,80	519,0	9	57,7
26,41-52,80	39,60	279,3	6	46,6

Таблица 3
Оценка по критерию χ^2 различий между эмпирическими (y_i)
и теоретическими (\tilde{y}_i) значениями урожайности (%) озимой
пшеницы и их доверительные границы

Показатель	Численность сорняков в %, x_i						
	0	0,83	2,48	4,95	9,90	19,80	39,10
y_i	100	86,0	90,2	78,4	67,0	57,7	46,6
\tilde{y}_i	95,5	92,6	87,4	80,5	69,7	56,5	46,3
$h_i = \frac{y_i - \tilde{y}_i}{\tilde{y}_i}$	0,21	0,47	0,09	0,05	0,10	0,03	0
$(\tilde{y}_i) \pm d_i$	108,6- 82,4	105,5- 79,7	98,9- 74,9	92,5- 68,5	80,9- 58,5	66,5- 46,5	55,4- 37,2

* $v = 7 - 1 - 3 = 3$; $\chi_{3,0,05}^2 = 7,81$; $\chi_{\Phi}^2 = 0,95$; $\chi_{\Phi}^2 \ll \chi_{3,0,05}^2$

но получаем уравнение регрессии зависимости «сорняки — урожай» для агроформации озимой пшеницы:

$$y^1 = 55,4 \cdot \exp(-0,0673x + 44,6) \quad (3)$$

Изложенная методика была многократно использована нами для проверки зависимости «сорняки — урожай», описываемой уравнением (1) и для оценки его

параметров. Во всех случаях были получены результаты, которые по форме уравнения регрессии и по оценке их статистической достоверности соответствуют выводам, полученным для агроформации озимой пшеницы [48].

В табл. 4 представлены значения параметров a , b и c уравнений регрессии зависимости «сорняки — урожай» для агроформаций различных культур. Используя их, можно с высоким уровнем надежности решать многие вопросы взаимодействия культурных и сорных растений, в том числе количественно прогнозировать оби-

лие сорняков в посевах и соответственно динамику урожайности культур, оценивать пороги вредоносности сорняков и возможные при этом объемы потерь растениеводческой продукции.

Для оперативного использования количественных значений зависимости «сорняки — урожай» составлена табл. 5. Она позволяет практически мгновенно интерполицией оценить вредоносность сорных растений для различных культур, определить возможные при этом потери урожая и т. п. Она же используется для анализа и обратных ситуаций, когда, например, по прогнозируе-

Т а б л и ц а 4

Оценки нормативных параметров уравнений регрессии вида $y = a \cdot \exp\{-bx\} + c$ зависимости «сорняки — урожай» для агроформации различных культур

Культура	Параметры		
	a	b	c
Озимая пшеница	55,4	0,0673	44,6
Яровая пшеница	67,3	0,0530	32,7
Ячмень	47,1	0,0677	52,9
Гречиха	46,5	0,1345	53,5
Рис	65,4	0,0491	34,6
Лен-долгунец	76,3	0,0236	23,7
Кукуруза на силос	88,4	0,0670	11,6
Картофель	50,0	0,0982	50,0
Сахарная свекла	88,7	0,0686	11,3
Подсолнечник	59,9	0,0885	40,1
Соя	53,2	0,2640	46,8
Однолетние травы	84,0	0,0492	16,0
Многолетние травы	28,6	0,2209	71,4

Таблица 5

**Прогноз по функции $y = a \cdot \exp\{-bx\} + c$ урожайности
(% к чистому посеву) основной продукции культур
в зависимости от численности сорняков в их посевах**

Культура	Количество всех сорняков (шт./м ²)							
	0	5	10	25	50	100	200	500
Оз. пшеница	100	98,1	96,4	91,4	84,2	72,9	59,0	46,5
Яр. пшеница	100	98,2	96,6	91,7	84,3	72,4	56,1	37,5
Ячмень	100	98,5	96,9	92,6	86,5	76,8	65,1	54,6
Гречиха	100	97,0	94,2	86,8	77,2	65,6	56,7	53,6
Рис	100	98,4	96,2	92,5	85,8	74,7	59,1	40,2
Лен-долгунец	100	99,1	98,2	95,7	91,5	84,0	71,3	47,2
Кукуруза на силос	100	97,1	94,3	86,4	74,8	56,9	34,7	14,8
Картофель	100	97,6	95,3	89,1	80,6	68,8	57,0	50,9
Сахарная свекла	100	97,0	94,1	86,0	74,2	55,9	33,8	14,2
Подсолнечник	100	97,4	94,9	88,2	78,6	64,9	50,3	40,8
Соя	100	93,4	87,7	74,2	60,9	50,5	47,0	46,8
Одн. травы	100	98,0	96,0	90,3	81,7	67,4	47,4	23,1
Мн. травы	100	97,0	94,3	87,9	80,9	74,6	71,8	71,4

тому объему дополнительно полученной продукции или уровню рентабельности определяют такую численность сорняков, до которой необходимо снизить засоренность посевов [1, 5, 20 и др.].

Исходя из приведенных в табл. 5 данных и следуя нашим ранним методическим разработкам [47, 48], были рассчитаны пороги вредоносности для всей популяции сорных растений фитоценотически и экологически специфической для каждой конкретной агроформации культуры (табл. 6).

Экономический порог вредоносности (ЭПВ) определяется таким количеством сор-

няков на 1 м², полное уничтожение которых компенсирует хозяйству все понесенные дополнительные затраты.

Для расчета экономического порога вредоносности по конкретной культуре была использована полученная нами ранее формула [47, 48]:

$$x_{эп} = \frac{\ln a - \ln(a - y_n)}{b} \quad (4)$$

где: $x_{эп}$ — экономический порог вредоносности для конкретной культуры (н); a , b — параметры зависимости «сорняки — урожай» конкретной культуры (табл. 5); y_n — потери урожая культуры (%).

Таблица 6

Интервалы значений дополнительной прибавки урожая (%) основной продукции культур и соответствующие им пороги вредоносности сорняков (x , шт /м²)

Культура	Экономические пороги вредоносности			Экономические пороги целесообразности борьбы		
	интервалы прибавки урожая, %	x_{\min}	x_{\max}	интервалы прибавки урожая, %	x_{\min}	x_{\max}
Оз. пшеница	5-9	14	26	6,6-18	19	58
Яр. пшеница	5-9	15	27	6,6-18	20	59
Ячмень	5-9	16	32	6,6-18	22	71
Гречиха	5-8	8	14	6,6-16	11	32
Рис	5-8	16	27	6,6-16	22	42
Лен-долгунец	3-4	17	23	4,0-8	24	47
Кукуруза на силос	5-8	8	14	6,6-16	12	30
Картофель	4-6	8	13	5,3-12	12	28
Сахарная свекла	4-6	7	11	5,3-12	9	21
Подсолнечник	5-8	10	16	6,6-16	13	35
Соя	5-8	4	7	6,6-16	5	13
Одн. травы	9-12	23	32	11,9-24	31	69
Мн. травы	9-12	17	25	11,9-24	24	84

Но полностью уничтожить все сорняки обычно не удастся. Поэтому более актуально использование экономического порога целесообразности борьбы с сорняками (ЭПЦБ), который определяется таким количеством сорных растений (шт/м²), полное уничтожение которых обеспечивает получение дополнительной прибавки урожая, цена которой не только компенсирует все затраты на систему мер борьбы и уборку, транспортировку, подработку дополнительной продукции, но и обеспечивает получение планируемых

чистого дохода и нормы рентабельности. Этим, в частности, и определяется важное прикладное значение полученных результатов для земледелия. Но при этом, как выше уже отмечалось, полного уничтожения сорняков добиться невозможно. Поэтому исходим из того, что техническая эффективность (К) истребительных мероприятий обычно находится в пределах 70-95%. А норма рентабельности (R) этих мероприятий, как части растениеводческой отрасли, обычно не превышает 25-40%.

Приняв эти значения K и R за базовые, расчет экономического порога целесообразности борьбы был выполнен по полученной ранее формуле [5, 47, 48]:

$$X_{эц, п} = \frac{\ln a - \ln \left(a - \frac{R'}{K} \cdot \bar{y}_n \right)}{b} \quad (5)$$

где: $X_{эц, п}$ - экономический порог целесообразности борьбы (шт/м²) для конкретной культуры (n); a , b и Y_n - имеют то же значение, что и в формуле (4); $R' = 100 + R$ - планируемая норма рентабельности (%); K - техническая эффективность мероприятий по борьбе с сорняками (%).

Вместе с тем, анализируя ход изменения урожайности каждой культуры по соответствующему уравнению регрессии (см. табл. 4 и 5), можно констатировать четко выраженную закономерность: с увеличением численности сорняков скорость падения урожайности культуры замедляется. В этой связи введем понятие *удельная вредоносность*, под которой будем понимать величину потерь урожая культуры в расчете на единицу обилия сорняков (на одну особь, на один грамм массы, на один балл засоренности и т. п.) Отсюда следует, что с увеличением численности удельная вредоносность сорняков неуклонно снижается.

Ряд авторов рекомендуют вести расчет экономического порога вредных организмов (насекомых, фитопатогенов, сорняков) по линейной функции [2, 20, 44, 45, 53]. Но это адекватно признанию того, что удельная вредоносность сорных растений с увеличением их плотности остается неизменной и равносильно возвращению к непродуктивному положению о том, что зависимость «сорняки — урожай» описывается линейным уравнением регрессии. Поэтому при следовании линейной зависимости «сорняки — урожай» в расчетах как экономический порог вредоносности, так и экономический порог целесообразности борьбы оказываются сильно заниженными. А с другой стороны, некорректность таких расчетов приводит к завышенному ожиданию величины дополнительного урожая, что понижает фактический уровень экономической эффективности всей системы агротехнических мероприятий, обусловленной реализацией противосорняковых мер.

Выводы

1. Количественная зависимость «сорняки — урожай» между численностью сорняков в посеве (x , шт/м²) и урожайностью культуры (y , %) в любой агроформации

описывается экспоненциальным уравнением связи общего вида: $y = a \cdot \exp\{-bx\} + c$ (1), где параметры a , b и c имеют определенный биологический смысл.

2. Разработаны методы нормирования факториального (x) и результативного (y) признаков, которые позволили независимо от природных условий и технологии возделывания культуры установить частные уравнения связи типа (1). Их параметры a , b и c оценены для агроформаций основных полевых культур, что позволяет прогнозировать состояние и динамику зависимости «сорняки — урожай» на всем числовом промежутке аргумента x .

3. Удельная вредоносность сорных растений уменьшается в $\exp\{-bx\}$ раз при каждом увеличении численности сорняков на одно растение.

4. Определена сущность, разработана и выполнена количественная оценка порогов вредоносности сорняков, в том числе экономического порога целесообразности борьбы с сорняками (ЭПЦБ), для агроформаций основных полевых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баздырев Г. И., Лошаков В. Г., Пупонин А. И. и др. Земледелие. М.: Колос,

2000. — 2. Воеводин А. В., Зубков А. Ф., Корнилова Е. Н. Методические указания по оценке вредоносности сорных растений на зерновых культурах. Л.: ВАСХНИЛ. ВНИИЗР, 1983. — 3. Воробьев Е. Н. Основы агрофитоценологии. - МСХ СССР. Украинская СХА. - Киев. Изд. отдел УСХА, 1982. — 4. Воробьев С. А., Буров Д. И., Туликов А. М. Земледелие. Изд. 3-е перераб. и доп. М.: Колос, 1977. — 5. Воробьев С. А., Каишанов А. Н. и др. Земледелие. М.: Агропромиздат, 1991. — 6. Геитовт Ю. Н., Пашкин Н. Я. Гербициды и их применение в Казахстане. Алма-Ата: Кайнар, 1976. — 7. Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев: Наукова думка, 1965. — 8. Груздев Г. С. Проблемы борьбы с сорняками на современном этапе. — Научн. труды ВАСХНИЛ, 1980. — 9. Гутер Р. С., Овчинский Б. В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. М.: Наука, 1970. — 10. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. М.: Физматгиз, 1963. — 11. Деревицкий Н. Ф. О заглушении сорняков. — Советская агрономия, 1947, №4, с. 61-63. — 12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статисти-

- ческой обработки результатов исследований). - М.: Колос, 1973. — 13. *Дьяконов А.П.* К вопросу о влиянии сорных растений на урожай льна. — Из работ кафедры земледелия и льняной опытной станции при с.-х. академии им. К.А.Тимирязева. - Отдельн. оттиск (1928), с. 29-33. 14. *Зайцева Г.Г.* Озимые культуры в Марийской АССР. Йошкар-Ола, 1974. — 15. *Закс Л.* Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. — 16. *Захаренко В. А.* Тез. Моск. конф. молодых ученых-биологов. М.: МГУ, 1962, с. 61-62. — 17. *Захаренко В.А.* Изучение конкурентной способности сорных и культурных растений в связи с применением гербицидов. — Химия в сельск. хоз-ве, 1968, № 6, с. 47—52. — 18. *Захаренко В.А.* Использование показателей предельных уровней засоренности посевов для экономически обоснованного применения гербицидов. — Химия в сельск. хоз-ве, 1974, №2, с. 70-75. — 19. *Захаренко В.А.* Экономические аспекты применения гербицидов в растениеводстве. — Научн. тр. ВАСХНИЛ. - М.: Колос, 1980, с. 26-34. — 20. *Захаренко В.А., Груздев Г.С. и др.* Экономические пороги вредоносности сорных растений в посевах основных сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1989. — 21. *Зуза В.С.* Регрессионный анализ в изучении взаимоотношений культурных растений и сорняков. — С.-х. биология, 1974, т. IX, №6, с. 838-843.— 22. *Зуза В.С.* Научн. докл. высшей школы. Биологические науки, 1975, №6, с. 129 — 135. — 23. *Иванов В.П.* Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов. М.: Наука, 1973. — 24. *Камышев Н.С.* Пашенные сочетания как фитоценозы - Тр. Воронеж, ун-та. Ботан. отдел, 1939, т. XI, вып. 2, с. 33-62. — 25. *Коновалов Н.Ю.* Математические зависимости между засоренностью посева и урожаем. — Науч.-техн. бюл. по агрофизике, 1978, № 34, с. 24-27. — 26. *Короткий Н.Ф.* Пашенная растительность в отношении сообществ. Методика исследования сорной растительности. СПб., 1912. — 27. *Мальцев А.И.* Сорно-полевая растительность и меры борьбы с нею. М.-Л.: Сельхозгиз, 1931. — 28. *Марков М.В.* Агрофитоценология. Изд-во Казан, ун-та, 1972. — 29. Методические разработки по схемам полевых опытов (для слушателей ФПК). М.: 1979. — 30. Методические разработки по схемам полевых опытов (для слушателей ФПК). М.: 1982. 31. *Морозов В.* К вопросу о влиянии присутствия сорных растений в посевах льна. Тр. опытных стан-

- ций Московского с.-х. ин-та, 1916, вып. 2, с. 67-76. — 32. *Пачоский И.К.* О сорно-полевой растительности Херсонской губернии. — Тр. бюро по прикладной ботанике, т. IV, № 3, 1911. — 33. *Пачоский И.К.* Биологические особенности осота. — Тр. бюро по прикладной ботанике, т. 9, №1, 1916. — 34. *Пачоский И.К.* Основы фитосоциологии. Херсон, 1921. — 35. *Пачоский И.К.* О борьбе с сорно-полевыми растениями. Херсон, 1922. — 36. *Плохинский Н.А.* Биометрия, 2-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 37. *Подопригора В.С.* Разработка и обоснование приемов борьбы с сорняками в степи Украинской ССР. — Автореф. докт. дис. Харьков, 1973. — 38. *Попов И.В.* Из наблюдений над биологией сорно-полевой растительности опытной станции. — Тр. Воронеж, с.-х. опытной станции. №5, 1920. — 39. *Ритус И.Г.* К вопросу о влиянии сорных растений на урожай льна. — Изв. Акад. крупн. социалист. хоз-ва им. К.А.Тимирязева, кн. 5. М.: 1930. С. 86-95. — 40. *Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В.* Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений М.: Наука, 1969. — 41. *Струве В.П.* О биологическом воздействии на сорные растения некоторых культур. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XVI, № 3, 1926, с. 171-179. — 42. *Сукачев В.Н.* Растительные сообщества (Введение в фитосоциологию). М.-Л., 1926. — 43. *Сутягин В. Н.* Вредоносность сорных растений при различных уровнях минерального питания полевых культур в условиях центральных районов Нечерноземной зоны. — Канд. дис. М., 1983. — 44. *Танский В.И.* Определение экономических порогов вредоносности насекомых. — Защита растений, 1978, №2, с. 21-22. — 45. *Танский В. И.* Биологические основы вредоносности насекомых. — ВАСХНИЛ. М.: Агропроиздат, 1988. — 46. *Туликов А.М.* Закономерности количественной изменчивости и методика учета сорных растений в агрофитоценозах. — Изв. ТСХА, 1975, №4, с. 38-49. — 47. *Туликов А.М., Сутягин В.П.* Исследование взаимоотношений между сорными и культурными компонентами агрофитоценозов на различных уровнях минерального питания. — Отчет ТСХА. Номер гос. регистрации 81085546, инв. номер 0282.0073393. М., 1982. — 48. *Туликов А.М.* Количественное прогнозирование вредоносности сорняков и продуктивности культур в полевых фитоценозах. — Отчет ТСХА. Номер гос. регис-

- трации 01.87.0001050, инв. номер 0288.0007624. М., 1987. — 49. *Часовенная А.А.* Основы агрофитоценологии. JL: Изд-во Ленинград, ун-та, 1975. — 50. *Чернобривенко С.И.* Биологическая роль растительных выделений и межвидовые взаимоотношения в смешанных посевах. М.: Советская наука, 1956. — 51. *Чесалин Г.А., Ширишков А.П.* Совместное применение гранулированного бутилового эфира 2,4-Д и аммиачной селитры на озимых посевах. — Вест. с.-х. науки, 1969, № 4, с. 42-46. — 52. *Четыргкин Е.М., Каликман И.И.* Вероятность и статистика. М.: Финансы и статистика, 1982. — 53. *Чумаков А.Е., Захарова Т.И.* Вредоносность болезней с.-х. культур. М.: Агропромиздат, 1990. — 54. *Шевелев И.Н.* Изучение сорных растений на опытных участках. - Краткий отчет за 1913. Екатеринбург, 1913. — 55. *Шевелев И.Н.* Осот. Екатеринбург, 1917. — 56. *Шевелев И.Н.* Засоренность полей Украины и агротехнические меры борьбы с ними. — Сб. ст. Борьба с сорной растительностью, М.-JL: 1935.

SUMMARY

In the cycle of articles dedicated to 130 years of the chair of farming and technique of experimental work and to 90 years of long-term experiment conducted by Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev the main stakes and stages in formation and development of the chair and its Experimental field are shown, and achievements in scientific investigations and in pedagogical activity of the members of the chair and of its scientific subdivisions are considered. The main achievements during the last decade in the field of working out and designing adaptive-landscape farming systems, integrated protection of field crops from weeds, of solving the problems of reproducing fertility of soddy-podzolic soil, results of investigating crop rotations are shown.