

6. Ильин В.Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов (Mn, Cu, Mo, B) в южной части Западной Сибири / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1973. – 390 с.

7. Просьянников В.И. Тяжелые металлы в почвах Кемеровской области / В.И. Просьянников // Материалы межрегиональной научно-практической конфе-

ренции (Новостройка, 16 декабря 2004 г.). – Кемерово, 2004. – С. 5-7.

8. Просьянникова О.И. Ксенобиотики: характеристика, загрязнение плодово-овощного сырья тяжелыми металлами / О.И. Просьянникова, В.М. Позняковский, Т.И. Григорьева. – Кемерово: Кузбасвузиздат, 2008. – 219 с.



УДК 631.46:631.174:631.95

Т.Э. Шпис,
Ю.С. Ананьева

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ

Ключевые слова: чернозем, фитотоксичность почв, почвенные факторы, прогностические модели.

Введение

В системе агроэкологического контроля природной среды, опирающейся на концепцию экологического нормирования, определяющее значение придается биотическим показателям. Для экспресс-диагностики состояния, хозяйственной пригодности почв и ее продуктивности широко используют ряд простых диагностических показателей по реакции проростков семян тест-растений, которые позволяют быстро оценить фитотоксические свойства почвы [1-3].

В формировании фитотоксичности почв и снижении урожайности и качества сельскохозяйственной продукции немаловажную роль играют почвенные факторы, влияющие как на рост и развитие растений, так и на фитодоступность различных элементов, в том числе и загрязнителей [4]. Поэтому определение почвенных факторов, которые могут повышать или понижать фитотоксичность почв, имеет большое значение для прогнозирования и регулирования антропогенного изменения почв.

Объекты и методы исследований

Для изучения влияния различных почвенных факторов на фитотоксичность почв нами были проведены исследования в 1993-1995 гг. в условиях умеренно засушливой и колочной степи Алтайского края. Объектом исследований были чернозем-

ные почвы (слой 0-20 см) сельскохозяйственных угодий Шипуновского района.

Образцы почв отбирали на анализ весной перед посевом возделываемых культур. Определение свойств почв проводили общепринятыми методами. Суммарную фитотоксичность почв определяли методом почвенных пластинок, по изменению длины корней ($\Phi_{\text{нк}}$) и длины ростков ($\Phi_{\text{нр}}$) тест-растения салата латука относительно контрольного варианта [5]. Потенциальный микробный токсикоз почвы ($\Phi_{\text{гп}}$) определяли при иницировании развития копиотрофных микроорганизмов путем внесения в почву раствора глюкозы в концентрации 0,5% [6].

Выборки почвенных факторов и фитотоксичности почв группировали по рангам. Оценка фитотоксичности была разбита на четыре ранга: 1) < 20 – фитотоксичность не проявляется; 2) 20-40 – слабая фитотоксичность; 3) 40-60 – средняя фитотоксичность; 4) > 60 – сильная фитотоксичность.

Полученный массив данных обработан информационно-логическим методом анализа [7]. Основными параметрами информационного анализа являются общая информативность (Т, бит), коэффициент передачи информации (К), характеризующий тесноту связи между факторами явлением, неопределенность – (H ai/bj, бит).

Результаты исследований

Полученные данные позволяют выявить следующие закономерности связи фитотоксичности с изучаемыми почвенными факторами (табл. 1).

Фитотоксичность почв в зависимости от почвенных факторов

Фактор	Состояние фактора	Фитотоксичность			
		Фн _р (биотест по росткам)		Фн _к (биотест по корням)	
		%	ранг	%	ранг
Г, %	< 3	40->60	3-4	40 ÷ >60	3-4
	3-4	< 20-40	1-2	< 20-40	1-2
	> 4	< 20-40	1-2	< 20-40	1-2
Т, бит К		0,0816		0,1833	
		0,0538		0,1241	
рН _в	<6,5	20-60	2-3	> 60	4
	6,5-7,0	20-40	2	< 20	1
	7,0-7,5	40-60	3	40-60	3
	7,5-8,0	40-60	3	40-60	3
	> 8,0	40-60	3	40-60	3
Т К		0,0620		0,1062	
		0,0314		0,0533	
К ₂ О (по Чирикову), мг/100 г	< 20	< 20	1	40 ÷ >60	3-4
	20-30	20-40	2	20-40	2-3
	> 30	> 60-40	3-4	< 20-40	1-2
Т, бит К		0,0457		0,0457	
		0,0275		0,0307	
Р ₂ О ₅ (по Чирикову), мг/100 г	< 20	< 20-40	1-2	40 ÷ >60	3-4
	20-30	40-60	3	20-40	2
	> 30	40-60	3	< 20	1
Т К		0,0234		0,0284	
		0,0195		0,0200	
N/NH ₄ , мг/кг	< 5	< 20	1	< 20-40	1-2
	5-10	20-60	2-3	20-60	2-3
	10-15	< 20-40	1-2	20-40	2
	15-20	20-60	2-3	20-60	2-3
	> 20	40->60	3-4	20-40	2
Т, бит К		0,0887		0,0740	
		0,0395		0,0341	
N/NO ₃ , мг/кг	< 5	> 60	4	> 60	4
	5-10	40-60	3	20-60	2-3
	10-15	40->60	4	< 20-40	1-2
	> 15	< 20-40	1-2	< 20-40	1-2
Т К		0,0813		0,1203	
		0,0421		0,0616	
СО ₂ , %	< 1	< 20	1	40-60	3
	1,0-1,5	20-60	2-3	40 ÷ >60	3-4
	> 1,5	20->60	2-4	< 20-40	1-2
Т К		0,0245		0,0838	
		0,0178		0,0604	
Фг, %	< 30	> 60	4	> 60	4
	30-35	20-40	2	20-40	2
	35-40	< 20-40	1-2	20-40	2
	> 40	40->60	3-4	40 ÷ >60	3-4
Т, бит К		0,1746		0,0816	
		0,0931		0,0437	
Σпогл. Са + Мг, мг-экв/100 г	< 30	20-60	2-3	40-60	3
	30-35	20-60	2-3	20-40	2
	35-40	20-60	2-3	< 20-40	1-2
	> 40	20-60	2-3	< 20-40	1-2
Т, бит К		0,0411		0,0514	
		0,0225		0,0280	
Ф _{гп} , %	< 15	-	-	< 20-40	1-2
	15-40	-	-	20 ÷ >60	2-4
	40-60	-	-	20 ÷ >60	2-4
	> 60	-	-	> 60	4
Т, бит К				0,0701	
				0,0469	

Примечание. «-» – нет данных.

Фитотоксичность почв, определяемая по изменению длины ростков салата-латука, имеет более высокую информативность и степень связи с изученными почвенными факторами. За исключением содержания в пахотном слое аммонийного азота (N/NH_4) и глинистой фракции (Фгл), которые в большей степени влияют на фитотоксичность почв, определенную по изменению длины корней проростков тест-растения.

По величине коэффициента эффективности канала связи с $\Phi_{пк}$ все изучаемые почвенные факторы можно расположить в следующий убывающий ряд:

$$\Phi_{г} > Г > N/NO_3 > N/NH_4 > pH_{в} > > K_2O > \Sigma_{\text{погл.}} Ca+Mg > P_2O_5 > CO_2.$$

Наибольшее влияние на фитотоксичность почв (биотест по корням) оказывают содержание физической глины (Фг), гумуса (Г), азота нитратов (N/NO_3), обменного аммония (N/NH_4) и кислотность почвы ($pH_{в}$). Наименьшее влияние – содержание подвижного фосфора (P_2O_5) и углекислого газа карбонатов (CO_2).

По степени влияния на $\Phi_{п}$ почвенные факторы расположились в следующий ряд:

$$Г > N/NO_3 > CO_2 > pH_{в} > \Phi_{гн} > > N/NH_4 > K_2O > \Sigma_{\text{погл.}} Ca+Mg > P_2O_5.$$

Наиболее значимы: содержание гумуса, азота нитратов, кислотность и микробный токсикоз ($\Phi_{гн}$); наименее значимы: сумма поглощенных оснований ($\Sigma_{\text{погл.}} Ca+Mg$), подвижные формы фосфора и калия (K_2O).

Характер влияния содержания гумуса в почве на ее фитотоксичность (как по биотесту по росткам, так и по корням тест-растения) имеет обратную линейную зависимость. С увеличением содержания гумуса уменьшается фитотоксичность почв. Наименьшая фитотоксичность почв по росткам (< 20%) и по корням (20-40%) была при нейтральных значениях $pH_{в}$. При незначительном подкислении до 6,25 и подщелачивании до 8,27 фитотоксичность повышалась. Обратная линейная зависимость наблюдается между фитотоксичностью почв (биотест по росткам) и содержанием подвижного калия и фосфора. С увеличением K_2O и P_2O_5 более 30 мг/100 г почвы фитотоксичность снижается до минимальных значений. Сильная фитотоксичность почв более 60% наблюдается при пониженном содержании (< 20 мг/100г почвы) подвижных форм калия и фосфора. С повышением содержания нитратной формы азота до 15 мг/кг уменьшается фитотоксичность

почв (биотест по корням и по росткам) до < 20-40%. При низком содержании нитратного азота (< 5 мг/кг) фитотоксичность максимальная – более 60 %. Влияние содержания в почве физической глины на фитотоксичность по корням и по росткам характеризуется параболической кривой. Оптимальное значение содержания физической глины в почве – 35-40%, при котором фитотоксичность или не проявляется, или проявляется в слабой степени. Фитотоксичность почв (биотест по росткам) с увеличением количества поглощенного Ca и Mg более 35 мг-экв/100 г почвы значительно уменьшается.

Характер влияния микробного токсико-за почв на их фитотоксичность прямолинейный, с увеличением $\Phi_{гн}$ увеличивается общая фитотоксичность почв.

По данным информационно-логического анализа были получены специфические состояния урожайности в зависимости от фитотоксичности почв, определенной по изменению ростков салата-латука (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность пшеницы в зависимости от фитотоксичности почв

Фитотоксичность почв		Урожайность	
%	ранг	ц/га	ранг
< 20	1	> 10	3
20-40	2	5-10 > 10	2, 3
40-60	3	< 5	1
> 60	4	< 5	1

Влияние фитотоксичности почв на урожайность характеризуется обратной линейной связью. При очень сильной степени фитотоксичности почв формируется наименьшая урожайность менее 5 ц/га. Урожайность яровой пшеницы более 10 ц/га отмечена на почвах, где фитотоксичность не проявляется. Полученные данные показывают, что повышение фитотоксичности почв, обусловленной различными причинами, приводит к снижению урожайности яровой пшеницы.

Полученные информационно-логическим анализом данные позволяют выявить пределы состояния почвенных факторов, при которых возможна максимальная (Φ_{max} : 40-60, > 60%) и минимальная (Φ_{min} : < 20, 20-40%) фитотоксичность почв.

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{max}}: & Г < 3; pH_{в} < 6,5; K_2O < 20; \\ & P_2O_5 < 20; N/NH_4 > 20; N/NO_3 < 5; \\ & \Phi_{г} < 30, > 40; \Phi_{гн} > 60; \\ & \Sigma_{\text{погл.}} Ca+Mg < 30; \\ \Phi_{\text{min}}: & Г > 4; pH_{в} 6,5-7,0; K_2O > 30; \\ & P_2O_5 > 30; N/NH_4 < 5; N/NO_3 > 15; \end{aligned}$$

Φ_r 35-40; $\Phi_{rn} < 15-40$;

Σ погл. Са+Мg > 35.

Обобщение результатов исследований по влиянию почвенных факторов на проявление фитотоксичности почв с использованием информационно-логического анализа дает возможность судить об уровне фитотоксичности почвы, которую можно рассчитать по логической формуле фитотоксичности (биотест по росткам), включающей рассмотренные почвенные факторы.

$\Phi_{nr} = \Gamma \otimes (N/NO_3 \otimes CO_2 \otimes pH_v \otimes (\Phi_{gl} \otimes (N/NH_4 \otimes K_2O \otimes \Sigma$ погл. Са+Мg).

Зависимость между фитотоксичностью почв, определенную по изменению длины корней тест-растения и почвенными факторами, может быть выражена следующей логической формулой:

$\Phi_{nk} = \Phi_{gl} \otimes (\Gamma \otimes (N/NO_3 \otimes pH_v \otimes N/NH_4 \otimes (K_2O \otimes \Sigma$ погл. Са + Мg $\otimes (P_2O_5 \otimes CO_2),$

где Φ_{nr} , Φ_{nk} – расчетные ранги фитотоксичности почв;

\otimes – знак операции функции нелинейного произведения соответствующих рангов фитотоксичности в зависимости от почвенных факторов.

Проверка прогностической способности логических формул, т.е. способности реально отражать фитотоксичность почв при заданном состоянии почвенных факторов, проведена по проценту совпадений фактических значений фитотоксичности и теоретических, рассчитанных по предложенной формуле, и контролировалась критерием Колмогорова-Смирнова (λ), определенным по алгоритму Н.А. Плохинского [8]. Расчет логической формулы Φ_{nr} показал высокое подобие распределений ($\lambda = 0,32 < 1,36$). В 80% случаев формула дает безошибочный прогноз. Ошибка распознавания не более чем на 1 ранг проявляется в 20%.

Оценка достоверности между фактическими и теоретическими распределениями, рассчитанными по логической формуле Φ_{nk} , показала достаточно высокое подобие распределений ($\lambda = 1,89 < 1,95$). При этом безошибочный прогноз – в 50% случаев, с отклонением в 1 ранг 40%, что допустимо при оценке факторов.

Выводы

Повышение фитотоксичности почв, обусловленное различными причинами, приводит к снижению урожайности яровой пшеницы.

Максимальная фитотоксичность характерна для почв с низким плодородием и высоким проявлением потенциального микробного токсикоза.

Фитотоксичность почв, определяемая по изменению длины ростков салата-латука, имеет наиболее высокую информативность и степень связи с изученными почвенными факторами.

Для оценки и последующего регулирования фитотоксичности почв можно использовать логическую формулу фитотоксичности (Φ_{nr}), определенной по биотесту (по росткам тест-растения), включающей рассмотренные почвенные факторы.

Снижению фитотоксичности почв и повышению урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур способствует оптимизация ведущих факторов в формуле (при Φ_{min}), а именно содержания гумуса, нитратного азота, CO_2 карбонатов, кислотности почв, потенциального микробного токсикоза почв.

Библиографический список

1. Минеев В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
2. Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема / В.Ф. Вальков, С.И. Колесников, К.Ш. Казеев // Агрохимия. – 1997. – № 6. – С. 50-55.
3. Киреева Н.А. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.Г. Кузяхметов // Агрохимия. – 2001. – № 5. – С. 64-69.
4. Moreno A.M. Relaciones entre contenidos totales de Zn, Pb, Cu, Y, Cd en suelos y Planfias / M A. Moreno A.M., Perezl., J. Gonzalez J. // Suelo y Planta. – 1992. – № 4. – P. 757-771
5. Бабьева И.П. Практическое руководство по биологии почв / И.П. Бабьева, Н.С. Агре. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 140 с.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
7. Пузаченко Ю.Т. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях / Ю.Т. Пузаченко, А.В. Мошкин // Итоги науки (Сер. «Мед.-геогр.»). – М.: ВИНТИ, 1969. – Вып. 3. – С. 5-71.
8. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.