

Коэффициенты парной корреляционной зависимости показателей фосфатного фонда луговой черноземовидной почвы

Показатель	P _{общий}	P _{рыхл.св.}	P-Al	P-Fe	P-Ca	P ₂ O ₅ (по Кирсанову)	P ₂ O ₅ (0,03 Н K ₂ SO ₄)
(при n-2 = 4, r _{критическое} = 0,811)							
P _{общий}		0,931	0,972	0,915	0,778	0,933	0,901
P _{рыхл.св.}	0,931	-	0,891	0,811	0,677	0,866	0,858
P-Al	0,972	0,891	-	0,967	0,819	0,974	0,947
P-Fe	0,915	0,811	0,967	-	0,738	0,982	0,962
P-Ca	0,778	0,677	0,819	0,738	-	0,768	0,760

Заключение

Длительное систематическое внесение удобрений изменяет структуру фосфатного фонда луговой черноземовидной почвы. Увеличивается содержание валовых его форм относительно контроля на 34-45 мг/100 г почвы, за счет повышения доли рыхлосвязанных фосфатов и фосфатов алюминия. Фосфатный фонд луговой черноземовидной почвы изменился в сторону увеличения доли активных и подвижных минеральных форм фосфора. На величину содержания подвижных форм и подвижности фосфатов сильное влияние оказывали фракции P-Fe (r = 0,982 и 0,962) и P-Al (r = 0,974 и 0,947).

Библиографический список

1. Ковшик И.Г., Наумченко Е.Т. Фосфор в почвах Амурской области и эффективность удобрений // Фосфор в почвах Сибири. – Новосибирск, 1983. – С. 139-147.
2. Наумченко Е.Т., Ковшик И.Г., Кондратова А.В. Результаты длительного применения системы удобрений под сою в стационарном соево-зерновом севообороте: сб. ст. координационного совещания 8-9 сентября. – Краснодар, 2004. – С. 164-169.
3. Макаров М.И., Недбаев Н.П., Курмышева Н.А., Ефремов В.Ф. Трансформация органических соединений фосфора в дерново-подзолистой почве при длительном использовании различных систем удобрений // Агрохимия. – 1997. – № 7. – С. 5-11.



УДК 631.453:631.445.24:631.51:631.8

**Е.В. Чебыкина,
С.С. Сивкова,
А.М. Труфанов,
Т.А. Виноградова**

ТОКСИЧНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ И УДОБРЕНИЙ

Ключевые слова: система обработки почвы, система удобрений, токсичность почвы, микробный токсикоз, микромицеты, тяжелые металлы, урожайность полевых культур.

Токсичность почвы проявляется в торможении роста корней, хлорозе растений, нарушении обмена веществ, задержке поступления питательных веществ, подавлении дыхательного процесса и как следствие снижении урожайности сельскохозяйственных культур. Принято считать почвы токсичными, если они вызывают снижение или угнетение проростков и корней не менее чем на 20-30% [1].

В формировании фитотоксичности почв и снижении урожайности немаловажную роль играют почвенные факторы. Известно, что дерново-подзолистые глееватые почвы об-

ладают высоким уровнем токсичности. Причинами его проявления могут быть закисные соединения алюминия, железа и марганца, образующиеся при анаэробных условиях в результате кратковременного избыточного увлажнения. Кроме того, свою негативную роль могут сыграть и загрязнители (тяжелые металлы). Попадая в почву, тяжелые металлы действуют на почвенные организмы, последние, в свою очередь, реагируют изменением биохимических показателей [3].

Поэтому поиск сочетания агроприемов возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих сдерживание фитотоксического воздействия, сохранение повышения плодородия почвы и получение высоких урожаев, имеет большое значение.

В связи с этим **цель исследований** заключалась в изучении эффективности применения систем обработки почвы, сочетающих

отвальные и поверхностные приемы и их влияние на фитотоксичность почвы при различных фонах питания.

Методика

Экспериментальная работа проводилась в 2008 и 2010 гг. в полевом многолетнем стационарном трехфакторном (4x6x2) опыте, заложенным под руководством профессора Б.А. Смирнова в 1995 г. на опытном поле ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА» методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта четырехкратная. Площадь элементарной делянки 63 м².

Наши исследования проводились на 2 системах обработки почвы:

1. Отвальная: вспашка на 20-22 см с предварительным лушением на 8-10 см, ежегодно, «О₁».

2. Поверхностно-отвальная: вспашка на 20-22 см с предварительным лушением на 8-10 см 1 раз в 4 года + однократная поверхностная обработка на 6-8 см в остальные 3 года. Вспашка на глубину 20-22 см проводилась осенью 2008 г., «О₃».

Из систем удобрений изучались два варианта: без удобрений, «У₁» и солома 3 т/га + NPK (норма минеральных удобрений, рассчитанная на прибавку урожая), «У₃». Осенью 2008 г. под посев однолетних трав вносилась солома озимой ржи.

Почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая слабоглееватая средне-суглинистая на карбонатной морене. Перед закладкой опыта почва пахотного горизонта содержала: гумуса – 3,29%, легкодоступного фосфора – 356,5; обменного калия – 71,5 мг/кг почвы, сумма обменных оснований составляла 22,15, гидролитическая кислотность – 1,38 мг экв/100 г почвы, pH солевой вытяжки – 6,13.

Все элементы технологии выращивания культур, кроме изучаемых, были использованы как рекомендованные для региона.

Результаты

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от большого количества факторов, главными из которых считается ландшафтные особенности территории, метеорологические условия периода выращивания, особенности сорта и применяемые технологии возделывания. Все вышеперечисленные факторы могут являться причиной появления фитотоксического эффекта и привести к снижению урожайности возделываемых культур.

Полученные нами результаты свидетельствуют о ведущей роли в формировании урожая метеорологических условий периода вегетации.

Начиная с третьей декады июня 2010 г. на территории Ярославской области установилась жаркая и сухая погода, которая сохранялась до 19 августа. Среднесуточная температура воздуха в этот период превышала средние многолетние значения на 5-11°C и была в пределах от 21-26 до 27-29°C. Количество выпавших осадков за июль составило 5% от средней многолетней нормы. Длительное (третья декада июня – первая половина августа) отсутствие осадков на фоне высоких температур воздуха привело к иссушению почвы и создало неблагоприятные условия для роста и развития озимой ржи.

В среднем по опытному участку наблюдалось снижение урожайности озимой ржи почти в 4,5 раза по сравнению с более благоприятным 2008 г. (табл. 1).

Из изучаемых элементов технологии выращивания озимой ржи наибольшее влияние оказала система удобрений. Внесение полной нормы минеральных удобрений на фоне последствий соломы обеспечивало существенную прибавку урожайности вне зависимости от системы обработки и метеорологических условий.

Между системами обработки значительных различий в 2008 г. не наблюдалось. Следует отметить благоприятные условия для формирования урожая, сложившиеся в 2010 г. при проведении поверхностно-отвальной обработки и внесении полной нормы удобрений.

Изменения урожайности озимой ржи можно объяснить результатами анализа общей токсичности почвы. В 2008 г. фитотоксического эффекта в среднем по опыту не отмечалось, наоборот, наблюдалось увеличение всех показателей роста и развития тест-культуры (озимой ржи), за исключением отдельных вариантов, на которых наблюдалось незначительное торможение развития корневой системы. В 2010 г. проявился фитотоксический эффект. Так, снижение всхожести тест-культуры в среднем по опытному участку составило 19,5%. При этом в оба периода исследований более благоприятные условия для развития растений складывались при проведении поверхностно-отвальной обработки по фону последствий соломы и внесении минеральных удобрений (О₃У₃Г₁).

Появление фитотоксического эффекта часто связывают с накоплением в почве фитотоксинов. Это вещества различной природы, продуцируемые почвенными микроорганизмами. В наших исследованиях определение микробной токсичности проводилось параллельно с анализом общей токсичности по методу Гузеева с использованием тест-культуры – редис.

Несмотря на отсутствие проявления общей токсичности почвы, в 2008 г. наблюдался микробный токсикоз. Его действие проявилось в торможении развития проростка и корневой системы тест-культуры (редис), особенно при проведении ежегодной отвальной обработки. Применение удобрений сдерживало процесс накопления токсинов. В 2010 г. микробный токсикоз был менее интенсивным, но прослеживался по всем учитываемым показателям, при этом тенденции изменения всхожести и развития тест-культуры в зависимости от изучаемых факторов сохранялись.

К микроорганизмам, способным вырабатывать токсические вещества, относятся микромицеты родов *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium* [2].

В почве опытного участка преобладали грибы рода *Penicillium*, их количество достигало 80%. В меньшем количестве были обнаружены грибы родов *Aspergillus*, *Mucor*,

Fusarium, *Trichoderma*, а также единично встречаемые *Mortierella* *Phialophora*.

В 2008 г. складывались более благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, чем в 2010 г., что связано с метеорологическими условиями вегетационного периода (рис.).

Проведение в течение трех лет поверхностных обработок на вариантах с поверхностно-отвальной системой (O₃) привело к увеличению численности вышеуказанной почвенной микрофлоры в сравнении с отвальной (O₁), особенно в верхнем слое пахотного горизонта.

В 2010 г. через один год после проведения вспашки в системе поверхностно-отвальной (O₃) произошло некоторое снижение количества микроорганизмов. Внесение удобрений сглаживало изменения показателей. Однако все вышеуказанные изменения не имели достоверных различий.

Таблица 1

Влияние изучаемых систем обработки и удобрений на урожайность озимой ржи и показатели плодородия почвы

Изучаемые показатели		Варианты				
		отвальная «O ₁ »		поверхностно-отвальная «O ₃ »		
		без удобрений «У ₁ »	солома + NPK «У ₅ »	без удобрений «У ₁ »	солома + NPK «У ₅ »	
Урожайность зерна озимой ржи, т/га		2008	1,05	3,91*	1,15	3,89**
		2010	0,29	0,69**	0,29	1,03**
Токсичность, % отклонения от контроля	всхожесть	2008	+7,80	+16,60	+12,20	+23,30
		2010	-24,80	-11,50	-16,90	-5,90
	длина проростка	2008	+4,70	+38,70	+18,40	+28,40
		2010	-16,90	-1,40	-8,40	-8,40
	длина корней	2008	-5,50	+2,20	+4,60	-12,40
		2010	-18,70	-18,00	1,40	-27,00
Микробный токсикоз, % отклонения от контроля	всхожесть	2008	+6,15	+4,80	0,0	-1,64
		2010	-2,30	-2,20	-4,50	1,10
	длина проростка	2008	-5,69	-10,30	-17,78	-4,50
		2010	-0,10	0,90	1,00	0,30
	длина корней	2008	-44,80	-21,30	-26,90	-8,50
		2010	-0,20	0,30	0,40	0,10
рН		2008	5,7	5,8	5,7	5,6
		2010	5,9	5,8	5,8	5,7

Примечание. Здесь и во всех других таблицах: * различия существенные на 5%-ном уровне значимости по всем системам обработки почвы; ** то же по фоновым питаниям.

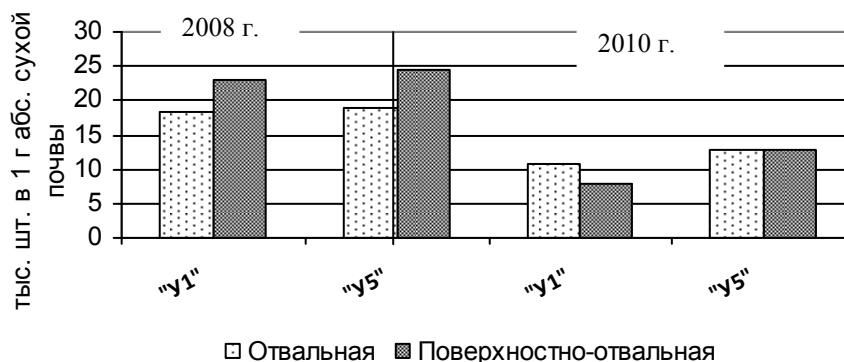


Рис. Численность микромицетов в зависимости от разных систем обработки и удобрений, тыс. шт. в 1 г абсолютно сухой почвы

Тяжелые металлы обладают высокой токсичностью для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способностью к биоаккумуляции и биомгнификации. Практически все металлы активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов. Нами были проведены исследования динамики содержания подвижных форм некоторых тяжелых металлов в почве и зерне озимой ржи (табл. 2).

Первый анализ (2001 г.) тяжелых металлов в почве показал, что содержание практически всех изучаемых элементов превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК) в 1,5-3,5 раза. Подобный естественный фон загрязнения можно связать с расположением опытного участка, рядом с железнодорожной магистралью и асфальтовым заводом.

Наиболее сильное загрязнение наблюдалось на вариантах с проведением поверхностно-отвальной обработки, особенно при внесении минеральных удобрений совместно с соломой. Следует отметить, что заделка удобрений под отвальную обработку снижала концентрацию всех тяжелых металлов, что подтверждает существующую гипотезу о том, что оборот пласта способствует очищению почвы от тяжелых металлов.

Исследования, проведенные через 2 ротации поверхностно-отвальной системы обработки в 2008 г., свидетельствуют о снижении содержания тяжелых металлов ниже уровня ПДК. При этом значительных различий между изучаемыми системами обработки не наблюдалось. Подобные изменения можно связать с чередованием культур, выращиваемых на опытном участке: озимая рожь – однолетние травы (вико-овсяная смесь), а, как известно, бобовые растения способствуют усиленному отчуждению тяжелых металлов из почвы [4].

В 2010 г. наметилась тенденция к увеличению содержания никеля, цинка и свинца, особенно по поверхностно-отвальной системе, количество кадмия и меди продолжало снижаться, что можно объяснить изменением направленности миграционных потоков при чередовании отвальной и поверхностной обработок, а также метеорологическими условиями вегетационного периода, отличавшимся высокими среднесуточными температурами и длительным отсутствием осадков.

Можно отметить закономерность, проявившуюся в 2008 и 2010 гг.: внесение соломы совместно с полной нормой минеральных удобрений увеличивало концентрацию тяжелых металлов в почве в независимости от способа их заделки, что вполне можно объяснить более интенсивным развитием корневой системы растений и подтягиванием тяжелых металлов из глубоких слоев почвы.

Накопления тяжелых металлов в продукции не наблюдалось, по всем изучаемым элементам содержание тяжелых металлов в зерне озимой ржи не превышало предельно допустимых концентраций, исключение составила только медь (табл. 3).

На содержание тяжелых металлов в зерне оказывала влияние система обработки. Проведение поверхностно-отвальной обработки усиливало поступление этих элементов в растения по сравнению с отвальной. Внесение удобрений под комбинированную систему обработки (О₃) несколько сдерживало этот процесс.

Повышение токсичности почвы и содержания подвижных форм тяжелых металлов часто связано с увеличением кислотности почвы, однако значительных изменений этого показателя в наших исследованиях не отмечалось.

Таблица 2
Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/кг, слой 0-20 см

Вариант		Год	Кадмий	Никель	Медь	Цинк	Свинец
Система обработки «О»	система удобрений «У»						
Отвальная «О ₁ »	Без удобрений «У ₁ »	2001	0,3	3,1	9,2	14,6	8,2
		2008	0,05	0,42	0,29	0,75	0,05
		2010	0,02	0,44	0,12	1,90	0,58
	Солома + NPK «У ₅ »	2001	0,1	1,6	3,6	7,4	3,8
		2008	0,06	0,32	0,23	0,97	1,62
		2010	0,05	0,55	0,14	2,55	0,58
Поверхностно-отвальная «О ₃ »	Без удобрений «У ₁ »	2001	0,6	15,5	13,3	36,6	9,4
		2008	0,04	0,34	0,24	0,85	1,32
		2010	0,04	0,47	0,25	2,82	0,58
	Солома + NPK «У ₅ »	2001	0,6	18,2	17,3	42,5	11,5
		2008	0,05	0,48	0,31	1,24	1,64
		2010	0,04	0,56	0,18	3,01	0,58
по НД			-	4,0	3,0	23,0	6,0

Содержание тяжелых металлов в зерне озимой ржи, мг/кг, 2010 г.

Вариант		Кадмий	Никель	Медь	Цинк	Свинец
Система обработки «О»	система удобрений «У»					
Отвальная «О ₁ »	без удобрений «У ₁ »	0,038	0,38	3,25	24,8	0,14
	солома + NPK «У ₅ »	0,043	0,38	2,28	24,6	0,18
Поверхностно-отвальная «О ₃ »	без удобрений «У ₁ »	0,043	0,38	3,90	36,6	0,18
	солома + NPK «У ₅ »	0,038	0,38	3,25	24,9	0,09
по НД		0,1	0,5	3,0	50,0	1,0

Проведенный корреляционный анализ не выявил тесной взаимосвязи между урожайностью и изучаемыми показателями: токсичность почвы $r = 0,23$; $p = 0,38$; $y = 65,3620404 + 1,62009875 x$ (2008); $r = 0,30$; $p = 0,25$; $y = 61,4359059 + 0,431755091 x$ (2010); микробная токсичность: $r = -0,1253$; $p = 0,6981$; $y = -0,7644 - 0,91824x$ (2008); $r = 0,34$; $p = 0,1903$; $y = 2,636505155 + 0,932553019 x$ (2010).

Вывод

Проведение системы поверхностно-отвальной обработки на дерново-подзолистой глееватой почве и заделка соломы в качестве органического удобрения совместно с полной нормой минеральных удобрений снижают проявление фитотоксического эффекта и накопление тяжелых металлов в продукции, обеспечивают получение урожая на уровне отвальной системы.



Библиографический список

1. Коржов С.И., Маслов В.А., Орехова Е.С. Изменение микробиологической активности почвы при различных способах ее обработки // АГРО XXI. – 2009. – № 1-3. – С. 22-23.
2. Жалиева Л.Д. Грибы р. Trichoderma – регуляторы численности возбудителей корневых гнилей пшеницы // Защита и карантин растений. – 2008. – № 11. – С. 17-18.
3. Фокина А.И. Биологическая активность дерново-подзолистой пахотной почвы, загрязненной ацетатом свинца // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – № 7 (45). – С. 37-42.
4. Шафронов О.Д., Полухин В.Н. Тяжелые металлы в почвах реперных участков Нижегородской области // Плодородие. – 2007. – № 2 (35). – С. 7-9.



УДК 631.445.4:631.452:551.509:001.891.573

**Е.Г. Пивоварова,
Д.А. Андресен,
С.В. Усенко,
А.А. Щербакова**

**ОЦЕНКА ПРОГНОЗОВ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ
ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Ключевые слова: климатические изменения, прогнозирование урожайности, яровая пшеница, черноземы, моделирование, агротехнология.

В работе Jeffrey W. Whitea и др. дана методологическая оценка исследованиям в

области прогнозов продуктивности различных культур под действием климатических изменений [1]. Так, за последнее время опубликовано около 170 статей, предлагающих модели урожайности пшеницы, кукурузы, сои и риса. Это необходимо для того, чтобы предсказать потенциальные