УДК 57.044; 504.05; 631.46

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ПОСЕВА

© 2017 Г.В. Мокриков, К.Ш. Казеев, Д.В. Борисенко, Ю.В. Акименко, С.И. Колесников

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

Проведено исследование влияния разных агротехнологий на эколого-биологическое состояние почв. На примере агропредприятий Ростовской области показано влияние 7-летнего применения технологии прямого посева по сравнению с традиционной обработкой земель. В результате динамических исследований в 2016 г. выявлено изменение физических и биологических свойств черноземов обыкновенных. Плотность почв и сопротивление пенетрации увеличиваются на опытных полях по сравнению с контрольными, обработанными по традиционной технологии. Температура почв отличается несущественно вне зависимости от системы обработки. Интенсивность продуцирования почвой углекислого газа и целлюлозолитическая активность почв на участках, обрабатываемых по технологии прямого посева, в большинстве случаев оказывается выше, чем на участках, обрабатываемых традиционными технологиями. Выявлена существенная сезонная динамика исследуемых показателей, независящая от способа обработки почвы, но проявляющая себя в разной мере на полях с разной обработкой. Влажность почв на полях прямого посева даже в засушливый период выше, чем на полях со вспашкой. Плотность почв и сопротивление пенетрации повышаются на всех исследуемых участках в сухой период года, но в большей степени на полях прямого посева. Интенсивность дыхания и целлюлозолитическая активность почв существенно зависит от сезона, но их вариабельность объясняется по большей части показателями температуры и влажности участков, нежели способом их обработки.

Ключевые слова: *No-Till, биодиагностика, чернозем, Ростовская область, биологическая активность*

Обработка почвы – это один из основных показателей, влияющих на ее плодородие. Традиционная вспашка почвы приводит к снижению плодородия почвы, что доказано многочисленными исследованиями почв [1-3]. Наряду с этим в последние годы опыт обработки почвы «без вспашки», называемые No-till, набирает все большие обороты. No-Till или технология прямого посева - это глобальный метод сохранения сельского хозяйства, принятый приблизительно на 155 миллионах гектаров в США, Аргентине, Бразилии и других странах мира [4]. Использование технологии прямого посева осуществляется и в некоторых регионах России. Механическое нарушение почвы, сопровождающее посев в системе No-till, ограничено применением удобрений и непосредственно посева. По сравнению с обработанными отвальной вспашкой почвами, отличается более высоким накоплением органического углерода [5], содержанием питательных веществ и большим почвенным биоразнообразием [6]. Эта технология применяется на юге России в последнее время, но сведения о ее воздействии на биоту, биологическую активность и экологическое состояние почв практически отсутствуют.

Цель исследования: диагностика экологического состояния почв Ростовской области при использовании технологии прямого посева.

Объекты и методы исследования. Полевые и лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием традиционных методов биологии, почвоведения, экологии, агрохимии в полевых условиях и лабораториях Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета [7]. Для выполнения работы были заложены мониторинговые площадки на полях ООО «Донская Нива» и ИП Мокриков В.И. (Октябрьский район Ростовской области). Проведены динамические наблюдения (3 раз в году) за опытными полями, сельскохозяйственными культурами и свойствами почв. Опытные поля возделываются по технологии прямого посева в течение 7 последних лет и заняты, преимущественно, озимой пшеницей. При технологии прямого посева минимизируется воздействие машин на почву и получаются такие же или более высокие урожаи по сравнению с соседними хозяйствами, которые используют традиционную (отвальную вспашку) или минимальную обработку почв. Традиционная технология с отвальной вспашкой, боронованием, культивациями применяется на контрольных полях, расположенных в

Мокриков Григорий Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник. E-mail: mgv1979@mail.ru
Казеев Камиль Шагидуллович, доктор географических наук, профессор. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru
Борисенко Данил Владимирович, студент
Акименко Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, ассистент. E-mail: akimenkojuliya@mail.ru
Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования. E-mail: kolesnikov@sfedu.ru.

непосредственной близости от опытных полей на расстоянии от 30 до 200 м. Это облегчает сравнение применяемых агротехнологий. Исследуемые почвы относятся к черноземам обыкновенным среднемощным малогумусным и слабогумусированным. Эти почвы широко распространены на юге России [1].

Для достижения поставленной цели в полевых условиях были исследованы следующие показатели: температура, влажность, плотность, сопротивления пенетрации и дыхание почв (выделение почвой углекислого газа). Температуру почв определяли послойно электронным термометром Hanna Checktemp. Влажность почвы определяли в полевых условиях влагомером с датчиков Dataprobe в 10-кратной повторности на каждом участке. Твердость почв (сопротивление пенетрации) исследовали в полевых условиях с помощью пенетрометра Eijkelkamp на глубину 45 см с интервалом 5 см в 10-кратной повторности. Определение интенсивности дыхания почв проведено в полевых условиях с помощью газоанализатора ПГА-7 в 4-8-кратной повторностях. Целлюлозолитическую активность определяли весовым методом по убыли в весе закопанных в почву на глубину 0-10 см на 20 (первый срок) -30 (второй-третий сроки) суток хлопчатобумажных полотен. Для максимального соприкосновения с почвой и удобства нахождения в полевых условиях полотнами обшивали пластиковые пластины шириной 5 см и высотой 30 см. Поверх ткани пластины обшивали синтетической сеткой для полноты извлечения из почвы разложившейся хлопчатобумажной ткани. Повторность 3-кратная.

Результаты исследования. Биота и биологическая активность почв в значительной степени зависят от экологических факторов среды. Исследование температурного режима показало достаточно равномерное распределение данных на всех исследуемых участках. Была выявлена сезонная динамика хода температуры, достаточно типичная для данной территории. В целом можно сказать, что первый срок был теплым, второй – жарким, третий – прохладным. Это относится не только к дневным температурам, но, особенно ночным. В первые два срока температура почвы благоприятствовала высокой скорости протекания биологических процессов. В сентябре вследствие снижения температуры биологические процессы должны быть менее интенсивными. Таким образом, по данному показателю не удается выявить достоверных различий между режимами нулевой обработки и традиционного культивирования.

Исследование температурного режима показало достаточно равномерное распределение данных на всех исследуемых участках. Была выявлена сезонная динамика хода температуры, достаточно типичная для данной территории. В целом можно сказать, что первый срок был теплым, второй – жарким, третий – прохладным. Это относится не только к дневным температурам, но, особенно ночным. В первые два срока температура почвы благоприятствовала высокой скорости протекания биологических процессов. В сентябре вследствие снижения температуры биологические процессы должны быть менее интенсивными, но сохранялась довольно высокая температура для данного времени года.

Сопротивление пенетрации почвы – это сопротивление почвы внедрению в нее зонда цилиндрической или конусообразной формы небольшого диаметра. Сопротивление пенетрации характеризует способность почвы противодействовать проникновению в нее не только агротехнических орудий, но и корней растений [7]. Значения сопротивления пенетрации (твердость почв) показывают сравнительно небольшие отличия исследуемых участков между собой. Сопротивление пенетрации нарастает от поверхности вниз по профилю. Существенные различия в значениях этого показателя установлены для различных выращиваемых сельскохозяйственных культур. Низкие значения показателя сопротивления пенетрации, только в одном случае превышающая критическую отметку в 5 МПа, обусловлена высокой влажностью почвы в первый срок наблюдения. Влажная почва обладает высокой пластичностью и низкой твердостью, хорошо проницаема сельскохозяйственными орудиями. Однако во втором сроке наблюдений в июле установлено значительное повышение твердости почвы на участках 2 и 4 опытных полей. Наблюдается общая тенденция к увеличению сопротивления пенетрации по сравнению с первым сроком исследования. Дальнейшее высыхание почвы в сентябре привело к еще большему повышению значений сопротивления пенетрации в сентябре до сверхвысоких значений 8-9 МПа. Твердость увеличилась как на контрольных участках, так и на опытных. Максимальная плотность в большинстве случаев отмечена на глубинах более 10 см на полях с пропашными культурами, независимо от обработки почвы. Верхние слои почв участков с традиционной обработкой на большинстве полей были разрыхлены в результате обработки (вспашки, боронования).

В течение первого срока влажность исследуемых почв существенно изменялась в зависимости от количества выпадающих атмосферных осадков непосредственно перед измерениями или, даже, во время исследований. Влажная весна и начало лета привели к высоким зарегистрированным значениям влажности на всех без исключения ключевых участках, независимо от способа их обработки. Однако большие значения были отмечены на опытных полях по сравнению с контрольными. В течение второго срока исследуемых почв существенно изменялась в зависимости от количества выпадающих атмосферных

осадков непосредственно перед измерениями. Второй срок наблюдения в целом был более сухим, хоть и относительно влажным для данного сезона. В сентябре влажность почвы была минимальна вследствие недостаточного выпадения атмосферных осадков. Достоверные отличия (P<0,05) были выявлены на участках 1о и 1к на протяжении всех трех сроков исследования, а также на всех участках второго срока исследования. В третьем сроке достоверное отличие выявлено в случае первой и третьей пары участков. Это свидетельствует о большей способности почвы на опытных полях к накоплению и удерживанию влаги. То же самое относится и к сухому периоду наблюдения в сентябре. В целом значительно более низкие значения влажности на опытных полях были выше, чем на контрольных участках.

Известным фактом является повышение плотности почв при использовании технологии прямого посева при сравнении с традиционными технологиями обработки. Это связано с прекращением механического воздействия на поверхностный слой почвы. Вспашка, боронование и культивации разрыхляют пахотный горизонт при традиционной технологии обработки почвы. Существенное влияние на значения плотности оказывают возделываемые культуры и влажность почвы [8].

Исследуемые почвы, в значительном большинстве, обладают оптимальными для растений параметрами плотности. Сравнение почв, обрабатываемых по технологии прямого посева, с расположенными рядом опытными участками с традиционной технологией обработки, показывают разные тенденции. Чаще всего на опытных полях отмечена такая же плотность, как на контрольных участках или незначительное повышение значений. Однако отмечены и обратные тенденции понижения плотности почвы на опытных полях (например, участок "1о"). Достоверные отличия (P<0,05) в плотности почв исследуемых участков были выявлены лишь на первой, второй и третьей парах участков первого срока исследования.

Выявлена существенная динамика плотности почв. Особенно это характерно для контрольных почв, где проводится рыхление почвы в результате механических обработок (вспашка, боронование, культивации). Максимальные значения плотности установлены в третий срок наблюдения. По сравнению с первым сроком (июнь), когда был самый влажный период, третий срок (сентябрь) был самым сухим, что привело к возрастанию плотности в среднем на 20% (при учете всех площадок). При этом плотность возросла на всех участках опытных и контрольных полей. Самыми плотными в сентябре были почвы на опытных участках под ячменем ("1о") и озимой пшеницей ("4о"). В этот период плотность была неблагоприятно высокой (1,23-1,51 г/см^3). Следует отметить, что повышение плотности относится только к поверхностным горизонтам почвы. Ниже по профилю плотность почвы была на уровне стандартных для черноземов значений.

Биологические параметры почвы широко используются в диагностике их экологического состояния. Особенно успешно методы биодиагностики применяют при оценке антропогенного воздействия [9-14]. Дыхание почв является одним из показателей биологической активности почв [7, 9]. Общая интенсивность дыхания почвы обусловлена всей ее биологической активностью и определяется количеством потребленного кислорода и количеством продуцированного диоксида углерода. Вспашка способствует увеличению выделения почвой углекислого газа. В течение всего года продуцирование почвой CO_2 были выше при традиционной обработке, чем при No-till и минимальной обработке почвы [15]. В первый срок наблюдения значения интенсивности дыхания почв были достаточно высокими, что характеризует исследуемые почвы как почвы с высокой биологической активностью. Это связано с применяемой технологией No-till, которая оставляет много органических остатков на поверхности почвы. Разложение этих остатков в почве и мульчирующем слое приводит к активизации микрофлоры и повышению интенсивности дыхания почв. Однако примерно такое же число вариантов было со значениями интенсивности дыхания почв ниже контрольных значений на полях с традиционной обработкой. Достоверные отличия между контрольными и опытными полями (P<0,05) были выявлены на участках "2о" и "2к" в первом сроке исследования, и на первой и второй паре опытных и контрольных участков второго срока. Исходя из этих результатов, нельзя однозначно утверждать, что технология прямого посева способствует интенсификации выделения почвой углекислого газа ввиду того, что данный показатель очень динамичен и зависит от крайне широкого спектра факторов. В последующие сроки наблюдения дыхание почв было подавлено при высыхании почвы. Биологические процессы в сухой почвы практически останавливаются, смещаясь в более глубокие и влажные горизонты почвы.

Растительные остатки на поверхности почвы способствуют развитию особого микробного сообщества, в котором важнейшую роль играют непосредственно целлюлозоразлогающие бактерии [16]. Проведенные в 2016 г. исследования показали, что целлюлозолитическая активность в разных вариантах опыта показывала, как повышение значений по сравнению с контрольными участками, так и их понижение. Размах значений в первый и второй период исключительно велик. В третий срок амплитуда значений показателя значительно снижается. На первом и втором сроке наблюдения прямой

посев чаще повышает значения этого показателя по сравнению с контрольными значениями. В сухом сентябре картина в значительной степени меняется. Достоверные отличия между вариантами были выявлены лишь в случае третьей и четвертой пары участков во втором сроке наблюдения.

С целью выявить взаимосвязь между различными показателями был проведен корреляционный анализ исследованных показателей. В результате была выявлена корреляция интенсивности продуцирования почвой углекислого газа с температурой и влажностью, во всех сроках исследования (r=0,62-0,71). Целлюлозолитической активность имела тесную отрицательную связь с плотностью почвы (r= -0,58-0,79) в первый и третий сроки исследований.

Выводы:

1. Физические свойства почв определяются системой их обработки. Плотность и сопротивление пенетрации увеличиваются на опытных полях по сравнению с контрольными, обработанными по традиционной технологии. Температура почвы практически не зависит от способа обработки.

2. Биологические свойства так же изменяются в зависимости от режима обработки почв. Дыхание и целлюлозолитическая активность почв на участках, обрабатываемых по технологии прямого посева, в большинстве случаев оказывается выше, чем на участках обрабатываемых традиционными технологиями.

3. Выявлена существенная сезонная динамика всех без исключения исследуемых показателей, не зависящая от режима обработки почвы, но проявляющая себя в разной мере на различных полях. Влажность почв на полях прямого посева даже в засушливые сезоны выше, чем на полях традиционной обработки. Плотность и сопротивление пенетрации почв от июня к сентябрю повышаются на всех исследуемых участках, но в большей степени на полях прямого посева. Дыхание и целлюлозолитическая активность так же существенно изменялись в зависимости от сезона, но их вариабельность объясняется по большей частью показателями температуры и влажности почв, нежели способа их обработки.

4. Технология прямого посева не приводит к ухудшению экологического состояния почв, а, по некоторым параметрам, улучшает их плодородие по сравнению с почвами полей, обрабатываемых по традиционным технологиям.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5735.2017/8.9) и Президента Российской Федерации (НШ-9072.2016.11, МК-326.2017.11)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Вальков, В.Ф.* Почвы Юга России / *В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников*. – Ростов-на-Дону: Изд-во Эверест, 2008. 276 с.
2. *Даденко, Е.В.* Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню / *Е.В. Даденко, М.А. Мясникова, К.Ш. Казеев* и др. // Почвоведение. 2014. №6. С. 724-733.
3. *Казеев, К.Ш.* Изменение гумусного состояния почв Предгорий Северо-Западного Кавказа при сельскохозяйственном использовании / *К.Ш. Казеев, С.Н. Алехин, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков* // Агрохимия. 1999. № 4. С. 18-23.
4. *Peigne, J.* Earthworm populations under different tillage systems in organic farming / *J. Peigne, M. Cannavaciuolo, Y. Gautronneau* et al. //. Soil Tillage Res. 2009. 104. P. 207–214.
5. *Lal, R.* The plow and agricultural sustainability // J. Sustainable Agric. 2009. V. 33. P. 66-84.
6. *Montanarella, L.* European soil protection strategies. In: Proc. 17th Conf. ISTRO, Kiel, Germany. 2006. P. 1586-1597.
7. *Казеев, К.Ш.* Методы биодиагностики наземных экосистем / *К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В Акименко, Е.В. Даденко* // Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. 356 с.
8. *Вальков, В.Ф.* Справочник по оценке почв / *В.Ф. Вальков, Н.В. Елисеева, И.И. Имгрунт* и др. – Майкоп: ГУРИПП, «Адыгея», 2004. 236 с.
9. *Звягинцев, Д.Г.* Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. №6. С. 48-54.
10. *Акименко, Ю.В.* Влияние технологии прямого посева на микробиологические свойства черноземов / *Ю.В. Акименко, Г.В. Мокриков, К,Ш. Казеев, С.И. Колесников*. – Ростов-на-Дону, изд-во ЮФУ, 2016. 96 с.
11. *Акименко, Ю.В.* Экологические последствия загрязнения чернозема антибиотиками / *Ю.В. Акименко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников*. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2013. 103 с.
12. *Денисова, Т.В.* Влияние переменного и постоянного магнитных полей на биоту и биологическую активность чернозема обыкновенного / *Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев* // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. Т. 47. №. 3. С. 345-348.
13. *Казеев, К.Ш.* Биологические особенности почв влажных субтропиков / *К.Ш. Казеев, В.К. Козин, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков* // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1474-1478.
14. *Колесников, С.И.* Влияние загрязнения фтором, бором, селеном, мышьяком на биологические свойства чернозема обыкновенного / *С.И. Колесников, А.А. Попович, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков* // Почвоведение. 2008. №4. С. 448-453.
15. *Lopez-Garrido, R.* Carbon losses by tillage under semi-arid mediterranean rainfed agriculture (SW Spain) / *R. Lopez-Garrido, A. Dıaz-Espejo, E. Madejon* et al. // Span. J. Agric. Res. 2009. 7. P. 706-716.
16. *Javurek, M.* Changes of biological activity in soil after 10 years of minimum and no soil tillage for stand establishment / *M. Javurek, O. Mikanova, M. Vach* // In: Proc. 17th Conf. ISTRO, 2006. Kiel, Germany. P. 1141–1147.

ECOLOGICAL STATE OF ROSTOV OBLAST SOILS AT USING THE TECHNOLOGY OF DIRECT SOWING

© 2017 G.V. Mokrikov, K.Sh. Kazeev, D.V. Borisenko, Yu.V. Akimenko, S.I. Kolesnikov

Southern Federal University, Rostov-on-Don

It was made the research the influence of different agrotechnologies on the ecological and biological state of soils. The influence of the 7-year application of No-Till technology is shown on the example of agricultural enterprises of Rostov oblast in comparison with traditional land cultivation. In 2016 the physical and biological properties of ordinary chernozems changed as a result of dynamic research. The soil density and penetration resistance increase in the experimental fields in comparison with the control ones, treated according to the traditional technology. The soil temperature differs insignificantly, regardless of the treatment system. The intensity of carbon dioxide production by the soil and cellulose activity of soils are higher in areas, treated by direct seeding technology than in areas, treated with traditional technologies in most cases. A significant seasonal dynamics of the studied parameters is revealed, independent of the soil treatment regime, but showing itself to varying degrees in fields with different treatments. Humidity in the fields of direct sowing is even higher in the drought period than in fields with plowing. Density and penetration resistance increase at all sites under study by the end of the season, but more on fields with No-Till technology. Respiration and cellulose activity also changed significantly depending on the season, but their variability is mainly due to the temperature and humidity of the sites, rather than the way they are processed.

Key words: *No-Till, biodiagnostics, chernozem, Rostov oblast, biological activity*

Grigoriy Mokrikov, Candidate of Agriculture, Research Fellow. E-mail: mgv1979@mail.ru
Kamil Kazeev, Doctor of Geography, Professor. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru
Danil Borisenko, Student
Yulia Akimenko, Candidate of Biology, Assistant. E-mail: akimenkojuliya@mail.ru
Sergey Kolesnikov, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Ecology and Nature Management Department. E-mail: kolesnikov@sfedu.ru.