

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР – ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

А.Н. Власенко, акад. РАН, Н.Г. Власенко, чл.-корр. РАН, СибНИИЗиХ

Проведено сравнение основных параметров агроценозов яровой пшеницы, формирующихся по технологии на основе глубокого безотвального рыхления и технологии No-Till, на черноземе выщелоченном в условиях лесостепи Западной Сибири. Результаты исследований показали, что создание на поверхности почвы постоянного слоя мульчи вместе с корневыми остатками улучшает некоторые показатели почвенного плодородия. При оптимизации минерального питания и фитосанитарной ситуации посевов яровой пшеницы в отношении вредителей, болезней и сорняков существенных различий по урожайности между No-Till и традиционной технологиями не выявлено.

Ключевые слова: технология No-Till, яровая пшеница, плодородие почвы, урожайность.

Экологизация земледелия на современном этапе сопряжена с разработкой и освоением наукоемких технологий, направленных на максимальное ресурсо- и энергосбережение, сохранение почвенного плодородия, экологической безопасности и охраны окружающей среды на основе минимизации обработок почвы и перехода на технологии No-Till. Их отличительные особенности – отсутствие механических обработок почвы, накопление и постоянное сохранение растительных остатков на ее поверхности (и корневых в почве) и узкорядный посев, что дает как преимущества, так и некоторые риски при освоении No-Till из-за радикального изменения средообразующих факторов [1]. Во всем мире эта технология наиболее эффективна, отличается самым экономичным способом контроля ветровой и водной эрозии, делает возможным устойчивое производство продовольственных культур. Необходимо помнить о важности постоянного покрова почвы мульчей из растительных остатков, в том числе за счет полного отказа от какой-либо механической обработки почвы. Именно наличие растительных остатков на поверхности почвы предотвращает ее эрозию, уменьшает испарение влаги, защищает от перегрева в период засухи и от переохлаждения в экстремальных зимних условиях, способствует восстановлению плодородного слоя. Без формирования постоянного мульчирующего покрова из растительных остатков прямой посев культур по необработанной стерне ведет, как правило, к снижению урожайности [2]. Имеется достаточно данных, свидетельствующих о том, что система No-Till позитивно влияет на химические, физические и биологические свойства почвы. Так, при использовании No-Till наблюдалось, например, увеличение содержания органических веществ, азота, фосфора, калия, повышение уровня рН и т.д. в сравнении с традиционной обработкой почвы [3-5]. Отмечено также увеличение инфильтрации воды, что способствует увеличению содержания влаги в почве и прочности ее агрегатов [6, 7]. В качестве негативного влияния наблюдается повышение плотности почвы [8]. Благодаря отсутствию механического воздействия на почву при No-Till, выявлен более

высокий уровень биологической активности почвы, в том числе за счет того, что микроорганизмы имеют постоянный источник питания и благоприятные температурные условия и влажность. Здесь больше земляных червей, членистоногих, микроорганизмов [6, 9]. В то же время следует отметить, что идеальная ситуация с максимумом преимуществ этой технологии для почв достигается после 20 лет ее использования [10].

Освоение ресурсосберегающих технологий, основанных на минимизации обработки почвы, вплоть до «нулевой», нашло широкое применение и в земледелии Сибири [11]. В целом по Сибири технологии возделывания зерновых на основе вспашки занимают 15%, на основе плоскорезных разноглубинных обработок – 34, а «нулевых», включая прямой посев – 51% площадей, занятых под сельскохозяйственные культуры. При этом технология No-Till, в ее классическом понимании, занимает не более 100 тыс. га. Стремление к расширению освоения этих технологий зачастую заканчивается неудачей из-за недостаточной подготовленности исполнителей, а также слабой научной проработки этого вопроса.

Цель исследований – сравнение основных параметров агроценозов яровой пшеницы, возделываемой по технологиям на основе глубокого безотвального рыхления и технологии No-Till на начальной и переходной фазах освоения последней.

Методика. В 2008 г. на черноземе выщелоченном среднесуглинистом в условиях лесостепи Западной Сибири был заложен стационарный опыт по изучению технологии No-Till в сравнении с традиционной на основе глубокого рыхления стойками СИБИМЭ. Испытания СибНИИЗиХ показано, что именно эта технология наиболее эффективна в условиях лесостепи Приобья [11]. Обе технологии, изучаемые в опыте, являются ресурсосберегающими почвозащитными. В опыте заложено два трехпольных севооборота, включающих овес и горчицу сарептскую в качестве фитосанитарных культур (последняя оказывает еще и рыхлящее действие на почву). Фоны удобрённости и система защиты растений от вредных организмов идентичны при обычной и No-Till технологиях, что позволяет провести объективное сравнение. Уровни применения средств химизации включают контроль (до 2009 г. без удобрений и пестицидов, с 2010 г. без удобрений + гербицид противодульный) и комплексное использование агрохимикатов – средств защиты растений и минеральных удобрений в дозе N₆₀P₂₀. Последние вносят локально – в виде аммиачной селитры и аммофоса. Защита растений осуществляется в соответствии с фитосанитарной ситуацией и включает: протравливание семян зерновых фунгицидом, в фазе кушения зерновых обработку пшеницы граминцидом и дикотицидом, овса – только противодульным гербицидом, в фазе флаг-лист – нача-

ло колошения зерновых – баковой смесью фунгицида и инсектицида против листостебельных инфекций и пшеничного трипса. На горчице проводят опрыскивание в фазе всходов против земляных блошек инсектицидом, в фазе розетки – начала стеблевания граминцидом. В первые два года освоения технологий в опыте предусмотрены контрольные варианты, где не применяли удобрения и средства защиты, чтобы проследить особенности формирования сорной растительности в посевах. Однако в дальнейшем были проведены некоторые корректировки: исключен вариант без гербицидов, так как освоение технологии No-Till, как и других технологий на основе минимизации обработки почвы, без применения гербицидов практически невозможно.

Результаты и их обсуждение. До закладки стационарного опыта по переходу к технологии No-Till на поле два года выращивали пшеницу по интенсивной технологии по глубокому безотвальному рыхлению, которая обеспечивала урожайность зерна на уровне 4 т/га. При этом при уборке поверхность почвы мульчировали измельчённой соломой. Исследования показали, что мульчирующий слой на поверхности поля образуется не сразу – на 5-й год освоения технологии. В среднем за годы второй ротации севооборотов на No-Till весной накапливалось 200,2 г/м² воздушно-сухой биомассы, в вариантах глубокого рыхления – в 1,6 раза меньше из-за частичной заделки её при осенней обработке почвы. Больше растительных остатков было на фоне применения удобрений и средств защиты растений – в среднем 256 г/м² на No-Till и 145 г/м² – при технологии на основе глубокого рыхления. Чуть выше масса растительных остатков была в вариантах, где пшеницу выращивали в севообороте с горчицей сарептской – в среднем по опыту на 5%. К началу третьей ротации севооборотов содержание гумуса составило на технологии No-Till 4,2%, на традиционной технологии – 3,8%.

В севообороте, где горчица предшествовала пшенице, количество агрономически ценных агрегатов в слое 0-20 см было больше, независимо от технологии возделывания: после овса в зависимости от условий года количество частиц 10-0,25 мм составило 53,4-61%, после горчицы – 56,9-63,8%. Методом сухого просеивания (образцы отбирали во второй половине вегетации культуры) показано, что в острозасушливый год (2012) в слое почвы 0-20 см была высока доля частиц <0,25 мм во всех вариантах опыта, что определило невысокий коэффициент структурности (в среднем по опыту 1,23) и удовлетворительное агрегатное состояние изучаемого чернозема. Содержание водопрочных агрегатов (определяемое методом мокрого просеивания) в этих условиях было очень низким – 22%. В год с достаточным увлажнением (2014) эти показатели изменились – количество пыли снизилось в 2,4 раза, агрономически ценных агрегатов возросло на 7-8%. Это обусловило повышение коэффициента структурности в среднем по опыту до 1,67. Водоустойчивость ценных агрегатов повысилась до 33,1%. Структура верхнего слоя почвы, независимо от условий года, была немного лучше в вариантах с No-Till: в засуху на пшенице после овса коэффициент структурности составил 1,18, после горчицы – 1,35 по сравнению с 1,10 и 1,28 при традиционной технологии; во влажный год – 1,70 и 1,81 по сравнению с 1,44 и 1,73 соответственно.

Содержание продуктивной влаги перед посевом в метровом слое почвы в среднем за две ротации севооборотов составило 115 мм и практически не различалось в зависимости от технологии возделывания: 111 мм при No-Till и 119 мм при традиционной технологии. В условиях дефицита вневегетационных осадков (2011-2012 гг.) в варианте без обработок почвы этот показатель был ниже на 38%. Меньшее количество продуктивной влаги в вариантах с No-Till обусловлено снижением водопроницаемости почвы из-за ее уплотнения. Отмечено, что почва на фоне с технологией No-Till обладает более низкой пропускной способностью воды. Коэффициент фильтрации здесь варьировал от 0,39 до 0,42 мм/мин (56-60 см/сут), тогда как при технологии с глубоким рыхлением интервал его изменения составил 0,52-0,62 мм/мин (75-89 см/сут). Все эти значения входят в диапазон средних величин коэффициентов фильтрации суглинистых почв (20-100 см/сут) и одновременно соответствуют пятому классу данного показателя (40-100 см/сут), характеризующему скорость фильтрации как высокую. В то же время следует отметить, что почва при технологии No-Till более экономно расходовала влагу, что подтвердили учеты содержания продуктивной влаги под посевами пшеницы, приуроченные к фазам цветения и молочно-восковой спелости зерна.

Перед закладкой опыта в 2008 г. плотность сложения слоя почвы 0-30 см составляла в среднем 1,25 г/см³. В первую ротацию севооборотов (2008-2010 гг.) в вариантах с пшеницей, возделываемой по пшенице, плотность пахотного горизонта перед посевом при No-Till была максимальной и достигала 1,3 г/см³, в то время как на фоне традиционной технологии она составляла 1,21 г/см³. Введение в севооборот овса способствовало разуплотнению почвы, независимо от технологии возделывания, – плотность почвы колебалась от 1,12 до 1,14 г/см³. В слое 0-30 см перед посевом пшеницы после горчицы, возделываемой по традиционной технологии, она составляла 1,13 г/см³, по No-Till – 1,24 г/см³. За годы второй ротации севооборотов (2011-2013 гг.) плотность почвы в слое 0-30 см перед посевом пшеницы в вариантах с прямым посевом была в среднем 1,1 г/см³ (варьируя по годам от 1,09 до 1,12 г/см³), в вариантах с традиционной технологией – 1,02 г/см³ (от 1,0 до 1,07). Достоверных различий по данному показателю ни по предшественникам, ни по уровню применения удобрений и средств защиты растений от вредных организмов не установлено. Такое сложение не выходит за рамки допустимого диапазона плотности (1,0-1,3 г/см³) для возделывания сельскохозяйственных растений [12].

В первые годы вхождения в севообороты содержание нитратов в слое почвы 0-100 см учитывали перед посевом пшеницы на фоне без внесения удобрений. На этом этапе сравнительных исследований в вариантах осеннего рыхления содержалось 80 кг/га нитратного азота. Накопление нитратов на фоне оставленной без обработки с осени стерни шло менее активно, их здесь было ниже на 17% в сравнении с обработкой почвы. Начиная со второй ротации севооборотов, количество нитратного азота было заметно выше при технологии No-Till: в вариантах, где не вносили удобрения, в среднем за 2011-2014 гг. в метровом слое почвы перед посевом их содержание составило 66,2±24,6 кг/га, в варианте комплексного внесения агрохимикатов – 87,5±44,2

кг/га, тогда как при рыхлении почвы, соответственно, $55,4 \pm 21,1$ и $66,5 \pm 28,8$ кг/га. Следует также отметить, что, независимо от технологии возделывания, нитратного азота перед посевом пшеницы в севообороте с горчицей было больше в среднем на 25%, чем в севообороте с овсом.

Большее накопление азота при технологии No-Till связано, вероятно, с более высокой микробиологической активностью почвы. Результаты, полученные во вторую ротацию севооборотов, позволили выявить ряд особенностей в интенсивности разложения целлюлозы под посевом яровой пшеницы, выращиваемой по двум изучаемым технологиям. Биологическая активность почвы при технологии No-Till была на 6,5% выше, чем при технологии, основанной на глубоком рыхлении почвы. При выращивании пшеницы по технологии No-Till наблюдалось усиление биологической активности почвы в севообороте с горчицей сарептской в сравнении с овсом: здесь убыль массы полотна в слое почвы 0-20 см была выше на 5,9%. При внесении удобрений и средств защиты растений разложение целлюлозы увеличивалось на 9,8%. Не выявлено влияния размещения пшеницы в севообороте и дифференциации биологической активности почвы по слоям 0-10 и 10-20 см. При выращивании пшеницы по технологии, основанной на глубоком рыхлении, внесение средств интенсификации привело к усилению биологической активности почвы в слое 0-20 см в среднем по опыту на 6,7%. В севообороте с горчицей сарептской интенсивность разложения полотна была ниже на 3,2%, чем в севообороте с овсом и на 2,4% при размещении пшеницы по пшенице.

Результаты анализа почвенных образцов перед закладкой стационарного опыта в 2008 г. показали, что в слое почвы 0-40 см содержалось подвижного калия и фосфора по Чирикову в среднем 96 и 280 мг/кг почвы соответственно. Степень подвижности последнего элемента (по Карпинскому, Замятиной) была на уровне 0,072 мг/л, или 0,36 мг/кг почвы, что соответствует границе между низкой и средней обеспеченностью почв легкоподвижным фосфором [13]. В среднем за вторую ротацию севооборотов содержание подвижного фосфора (по Чирикову) перед посевом пшеницы в слое 0-40 см составило 296,9 мг/кг почвы при традиционной технологии и 282,1 мг/кг почвы при технологии No-Till. Не отмечено существенных различий между изучаемыми технологиями и по содержанию легкоподвижного фосфора (по Карпинскому, Замятиной) – 0,49 и 0,45 мг/кг почвы соответственно. Этот показатель достоверно изменялся при внесении средств химизации. В среднем по опыту перед посевом пшеницы в слое почвы 0-40 см на контроле (без внесения удобрений) фосфора было 0,40 мг/кг почвы, на фоне внесения удобрений и применения комплекса средств защиты от вредных организмов – 0,50 мг/кг почвы. В слое 0-20 см эти различия были более резкими – 0,57 и 0,79 мг/кг почвы соответственно. Содержание подвижных форм калия в слое почвы 0-40 см перед посевом пшеницы не зависело от севооборота и уровня применения агрохимикатов. В среднем за вторую ротацию севооборотов подвижного калия при No-Till было 89,3 мг/кг почвы, при традиционной технологии – 93,7 мг/кг почвы.

Следует подчеркнуть, что при переходе к минимальным обработкам почвы, вплоть до «нулевых», но с применением предпосевных обработок, без использования гербицидов в условиях Западной Сибири усили-

вается засоренность посевов примерно в 1,5-2 раза в сравнении со вспашкой, в основном за счет однодольных видов. Применение гербицидов сглаживает эти различия [14]. Такая же ситуация наблюдается и при переходе к технологии No-Till, но с изменением вида состава сорняков в сторону увеличения количества двудольных видов, особенно многолетников, что обуславливает их доминирование в структуре агрофитоценозов. В то же время, при оптимизации пищевого режима и контроле сорняков с помощью гербицидов проблема засоренности посевов яровой пшеницы решается в любых технологиях, в том числе и No-Till – их доля в общей надземной массе фитоценоза не превышает 2-5% (порог вредности 10%).

Несмотря на то, что на поверхности почвы остается большое количество растительных остатков, ухудшения фитосанитарной ситуации в посевах в отношении вредителей и болезней не отмечено [15].

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о том, что уже на первом этапе освоения No-Till улучшаются некоторые показатели почвенного плодородия чернозема выщелоченного, связанные с насыщением пахотного горизонта растительными остатками и благоприятным, рыхлящим почву, влиянием стержневой корневой системы вводимой в зерновой севооборот горчицы. В отношении фитосанитарного состояния посевов значительные различия с технологией, основанной на глубоком безотвальном рыхлении, наблюдаются лишь в формировании сорного компонента агроценозов. Однако ни в том, ни в другом случае нельзя получить высокий гарантированный урожай зерна без применения агрохимикатов – удобрений и средств защиты. В среднем за годы исследований, урожайность зерна яровой пшеницы на контроле лишь немного превышала 1,0 т/га. Что касается интенсивного фона, то в среднем по опыту, сбор зерна с 2008 по 2014 гг. при выращивании по технологии No-Till был выше, либо на уровне традиционной технологии, и лишь в сильную засуху 2012 г. уступил ей по этому показателю (рис.).

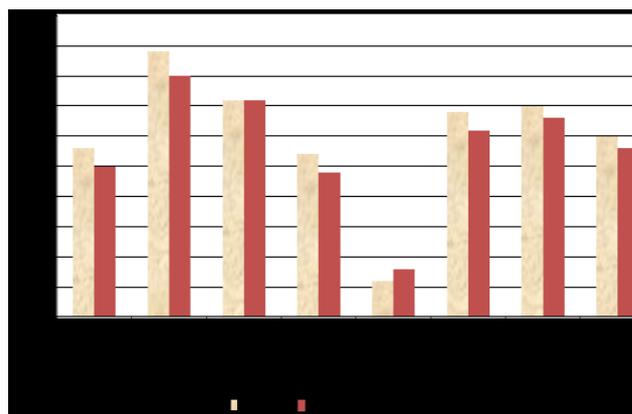


Рис. Урожайность зерна пшеницы на фоне комплексного применения средств химизации в зависимости от технологии возделывания

Необходимо подчеркнуть, что нельзя ожидать, что при No-Till технологиях урожайность сельскохозяйственных культур будет всегда самой высокой по сравнению с другими технологиями. Как показывают наши исследования и многочисленные данные других исследователей, ее колебания примерно такие же как и при других технологиях возделывания [14], здесь важны

экологический и экономический аспекты. Учитывая, что при прочих равных затратах на возделывание яровой пшеницы, при технологии No-Till исключаются затраты на обработку почвы (это примерно 20-25% общих затрат), её экономический эффект очевиден. Исключение механических обработок почвы существенно повышает устойчивость её поверхности к эрозии.

Литература

1. Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Li H. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits // *J. Agricultural and Biological Engineering*, 2010, v. 3, p. 1-25. 2. Wall P. Experiences with crop residue cover and direct seeding in the Bolivian highlands // *Mountain Research and Development*. – 1999. – Vol. 19. – № 4. – P. 313-317. 3. Mahboubi A.A., Lal R., Faussey N.R. Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1993. – V. 57, – P. 506-512. 4. Ismail I, Blevins R.L., Frye W.W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields // *Soil Sci Soc. Am. J.* – 1994. – V. 58. – P. 193-198. 5. Crovetto C. No Tillage: The Relationship between No Tillage, Crop Residues, Plants and Soil Nutrition. Hualpen, Chile: Trama Impresores, 2006. – 216 p. 6. Kemper B., Derpsch R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil // *Soil and Tillage Research*. – 1981. – V.1. – P. 253-267. 7. Freebairn, D.M., Boughton W.C. Hydrologic effects of crops residue management practices // *Australian Journal of Soil Research*. – 1985. – V. 23. – P. 23-55. 8. Lal R.,

Mahboubi A.A., Faussey N.R. Long term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1994. – V. 58. – P. 517-522. 9. Alvear M., Rosas A. Rouanet J.L., Borie F. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from Southern Chile // *Soil and Tillage Research*. – 2005. – V. 82. – P. 195-202. 10. Birkas M., Jolankai M., Gyuricza C., Percze A. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary // *Soil and Tillage Research* – 2004. – V. 78. – P. 185-96. 11. Rainbow R., Derpsch R. Advances in No-Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems / *Rainfed Farming Systems*. – London. New York: Springer, 2011 – Ch. 39. – P. 991-1014. 12. Власенко А.Н., Филимонов Ю.П., Каличкин В.К., Иодко Л.Н., Усолкин В.Т. Экологизация обработки почвы в Западной Сибири. – Новосибирск, 2003. – 268 с. 13. Абрамов Н.В., Ионин П.Ф., Ситников А.М., Сулимова Н.М., Федоткин В.А. Земледелие Западной Сибири – Омск: Изд-во ОмГАУ, 1998. – 304 с. 14. Берхин Ю.И., Чагина Е.Г., Янцен Е.Д. Проблема диагностики фосфатного питания в условиях интенсивного земледелия // *Почвенно-агрохимические проблемы интенсификации земледелия: науч. тр. СибНИИЗХим.* – Новосибирск, 1989. – С. 128-137. 15. Власенко А.Н. Научные основы минимализации обработки почвы в лесостепи Западной Сибири. – Новосибирск, 1994. – 76 с. 16. Власенко Н.Г., Коротких Н.А., Кулагин О.В., Слободчиков А.А. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы при технологии No-Till // *Защита и карантин растений*. – 2014. – №1. – С. 18-22.

ECOLOGIZATION OF CROP CULTIVATION TECHNOLOGIES IS AN IMPORTANT FACTOR OF IMPROVING SOIL FERTILITY

A.N. Vlasenko, N.G. Vlasenko

Siberian Researches Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture

Krasnoobsk, Novosibirsk oblast, 630591 Russia,

E-mail: vlas_nata@ngs.ru

The main parameters of spring wheat agrocoenoses formed using deep subsurface tillage and no-till technology on leached chernozem in the forest-steppe of Western Siberia were compared. The results showed that the creation of a constant layer of mulch together with root remains on the soil surface improves some parameters of soil fertility. No significant differences in yield between the no-till and traditional technologies were revealed at the optimization of mineral nutrition and phytosanitary state of spring wheat plantations with respect to pests, diseases, and weeds.

Keywords: no-till technology, spring wheat, soil fertility, crop yield.