

## ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL

© 2019 г. А. Н. Власенко<sup>1,\*</sup>, Н. Г. Власенко<sup>1</sup>, П. И. Кудашкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН  
630501 Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, Россия

\*E-mail: anatoly\_vlasenko@ngs.ru

Поступила в редакцию 01.04.2019 г.

После доработки 23.05.2019 г.

Принята к публикации 10.09.2019 г.

В длительном стационарном опыте в черноземе выщелоченном лесостепи Приобья в течение 10 лет не выявлено существенной разницы накопления продуктивной влаги и нитратного азота в метровом слое почвы, а также легкоподвижного фосфора и подвижного калия в слое 0–40 см при использовании технологий No-Till и глубокого рыхления. Отмечено небольшое уплотнение слоя 0–10 см почвы при выращивании культур по технологии No-Till. Введение в севооборот культур со стержневой корневой системой (рапса, горчицы, редьки масличной) улучшило структурное состояние почвы при применении технологии No-Till, что свидетельствовало о поэтапном улучшении свойств почвы на основе длительного использования технологии. Сохранение и накопление растительных остатков на поверхности почвы способствовало постепенному запуску механизмов восстановления почвенных агрегатов, улучшению структуры почвы, созданию оптимальной плотности сложения, питательного режима.

**Ключевые слова:** технология No-Till, плотность сложения почвы, структура почвы, продуктивная влага, нитратный азот, подвижные фосфор и калий, Приобье.

**DOI:** 10.1134/S000218811912010X

### ВВЕДЕНИЕ

No-Till-технологии основываются на 3-х ключевых позициях – постоянном покрытии (мульчировании) поверхности почвы пожнивными растительными остатками – основной опорой системы; отказе от всех видов механической обработки почвы не только под отдельные культуры, но и в ротации севооборотов, расширении ассортимента возделываемых культур на основе диверсификации растениеводства [1].

Очевидно, что использование No-Till-технологии может вызвать существенные изменения механических, физических, химических и биологических свойств почвы [2]. Растительные остатки (стерня и измельченная солома), которые сохраняются на поверхности почвы, способствуют задержанию снега, уменьшению процессов эрозии, снижению испарения влаги, увеличению количества органического вещества в почве [3, 4]. При длительном применении No-Till улучшается агрегатное состояние почвы [5, 6], увеличивается ее общая порозность [7] и водоудерживающая

способность [8], происходит обогащение почвы питательными веществами как из растительных остатков, так и из удобрений [9], что в конечном итоге приводит к устойчивой продуктивности сельскохозяйственных культур [10]. Несмотря на сообщения о положительном влиянии этой технологии на плодородие почвы, некоторые исследователи показали и отрицательное ее воздействие на почву и растения, например, повышение объемной массы почвы [11], замедление роста растений [12], ухудшение азотного питания [13].

В связи с вышеизложенным, цель работы – изучение влияния длительного использования No-Till-технологии на некоторые показатели плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Приобья.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в длительном стационарном опыте, заложенном в 2008 г. в лесостепи Приобья, с целью оценки реальных преимуществ и недостатков No-Till-технологии возделывания

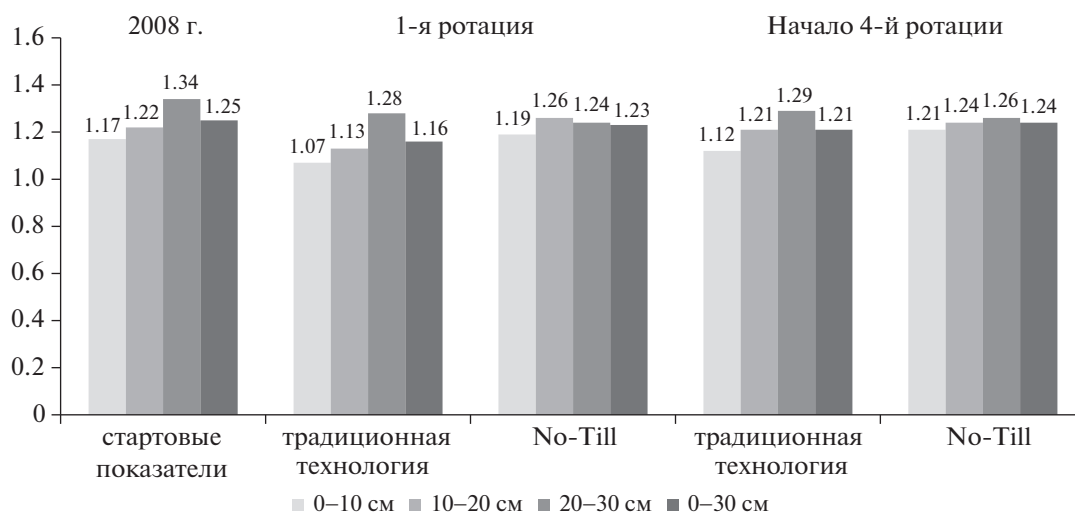


Рис. 1. Плотность сложения почвы перед посевом пшеницы, возделываемой по разным технологиям (2008–2017 гг.), г/см<sup>3</sup>.

зерновых культур в сравнении с традиционной технологией на основе безотвального глубокого рыхления. Почва опытного участка – среднеспелый выщелоченный чернозем среднесуглинистого гранулометрического состава, с содержанием гумуса в слое 0–30 см – 4.4%. Обе технологии, изученные в опыте, являются ресурсосберегающими почвозащитными. Первая (на основе безотвального рыхления) ориентируется на максимально возможное сохранение пожнивных остатков, вторая (No-Till) сохраняет растительные остатки на поверхности почвы, что является одним из ее основополагающих принципов. В опыте изучали фактор А – обработку почвы с соответствующим способом посева: 1 – осеннее рыхление стойками СибИМЭ на глубину 25–27 см, предпосевная культивация на глубину заделки семян и посев сеялкой СЗП-3.6 – традиционная технология, 2 – технология No-Till, посев по оставленной с осени стерне сеялкой с анкерными сошниками шириной 2 см; фактор В – севооборот (пшеница – пшеница – овес; пшеница – пшеница – полевые капустные (рапс, горчица, с 2015 г. – редька масличная)). В обеих технологиях применяли удобрения (N60P20) и комплекс средств защиты растений по единой схеме: протравливание семян зерновых фунгицидом, в фазе кушения зерновых обработка посева пшеницы баковой смесью граминицида и дикотицида, посева овса – только дикотицидом, в фазе флагового листа – начало колошения зерновых посевы пшеницы обрабатывали баковой смесью фунгицида и инсектицида против листостебельных инфекций и пшеничного трипса. Семена редьки масличной обрабатывали инсектицидным протравителем, в фазе

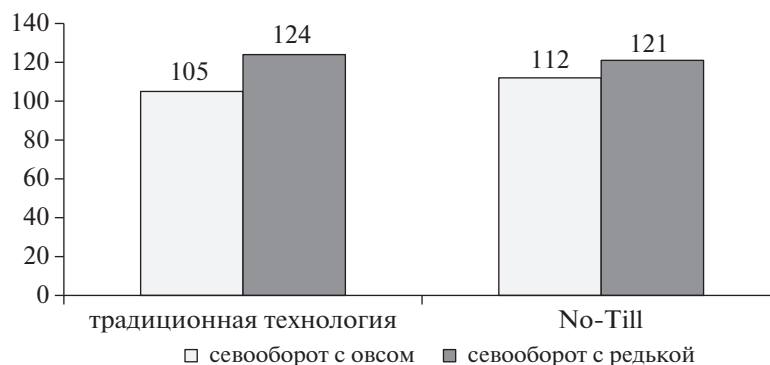
розетки листьев посев обрабатывали баковой смесью граминицида и дикотицида. Посев культур осуществляли до массового появления сорняков. Повторность опыта трехкратная. Размер опытной делянки 360 м<sup>2</sup>.

Плотность сложения почвы определяли перед посевом пшеницы в слоях 0–10, 10–20 и 20–30 см, запасы продуктивной влаги измеряли перед посевом культур. Структурно-агрегатный анализ почвы осуществляли методом фракционирования по Саввинову, на основе просеивания почвенных образцов на колонке сит в воздушно-сухом состоянии и в воде [14, 15].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Перед закладкой опыта в 2008 г. плотность сложения слоя 0–30 см почвы в среднем составляла 1.25 г/см<sup>3</sup> (рис. 1). В течение 1-й ротации севооборотов при технологии No-Till плотность сложения почвы была больше в среднем на 0.07 г/см<sup>3</sup> в сравнении с вариантами, где почву рыхлили, в основном за счет более высокой уплотненности слоев 0–10 и 10–20 см.

В начале 4-й ротации севооборотов перед посевом культур плотность сложения слоя 0–30 см почвы составила при традиционной технологии 1.21, при технологии No-Till – 1.24 г/см<sup>3</sup>, при этом в слоях 0–10, 10–20 и 20–30 см плотность сложения почвы при традиционной технологии различалась и составила 1.12, 1.21 и 1.29 г/см<sup>3</sup>, при технологии No-Till показатели были близкими – 1.21, 1.24 и 1.26 г/см<sup>3</sup>. Следует отметить, что при выращивании пшеницы по традиционной техно-



**Рис. 2.** Содержание продуктивной влаги в слое 0–100 см почвы под посевами пшеницы в зависимости от технологии возделывания и севооборота, мм.

логии в севообороте с овсом плотность сложения почвы в слое 0–30 см составила 1.25, а с редькой масличной – 1.16 г/см<sup>3</sup>, при технологии No-Till – 1.25 и 1.23 г/см<sup>3</sup> соответственно. И в первом, и во втором случае более высокие показатели плотности сложения определяло уплотнение слоя почвы 20–30 см почвы – до 1.33 г/см<sup>3</sup> в севообороте с овсом против 1.25 г/см<sup>3</sup> в севообороте с редькой масличной при традиционной технологии и соответственно 1.29 против 1.24 г/см<sup>3</sup> при технологии No-Till. Таким образом, при технологии No-Till наблюдали небольшое уплотнение пахотного слоя почвы, что в целом не выходило за рамки допустимых величин плотности (1.0–1.3 г/см<sup>3</sup>) для возделывания сельскохозяйственных растений. В то же время при этой технологии не отмечено выраженной дифференциации пахотного слоя по показателям плотности сложения почвы.

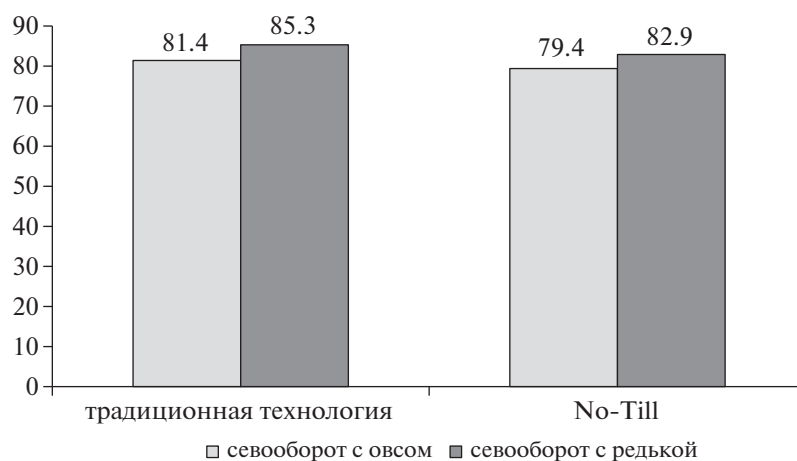
Было также установлено, что отказ от механических обработок почвы, обуславливающий в 1.5–1.7 раза большее накопление растительных остатков на поверхности поля (при традиционной технологии на основе глубокого рыхления часть растительных остатков заделывают в верхний слой почвы при осенней обработке) наряду с сохранением ненарушенного сложения почвы и введением в зерновые севообороты культур со стержневой корневой системой улучшает почвенную структуру. К концу 3-й ротации севооборотов коэффициент структурности слоя 0–20 см почвы при технологии No-Till был немного больше: в среднем в опыте – 1.84 против 1.68 при традиционной технологии и составил в первом случае 1.75 под посевами пшеницы после овса и 1.88 – под посевами пшеницы после редьки масличной, во втором случае – 1.60 и 1.80 соответственно. В севообороте, где редька предшествовала пшенице, количество агрономически ценных агрега-

тов было больше независимо от технологии возделывания, после овса количество частиц 10–0.25 мм составило 59.5–63.9%, после редьки масличной – 61.0–65.1%. При этом содержание водопрочных агрегатов, определенное методом мокрого просеивания, в вариантах традиционной технологии варьировало от 30.5 до 43.4%, No-Till-технологии – от 43.1 до 50.0%.

Содержание продуктивной влаги перед посевом в 1-метровом слое почвы в среднем за первые 2 ротации севооборотов составило 115 мм и практически не зависело от технологии возделывания: 111 мм при No-Till-технологии и 119 мм – при традиционной технологии. В начале 3-й ротации севооборотов под посевами пшеницы при традиционной технологии влаги накапливалось на 20% больше, чем в вариантах No-Till-технологии – 145.3 и 120.2 мм соответственно. Влияния предшественников на этот показатель выявлено не было. Перед посевом пшеницы в 4-й ротации севооборотов в среднем в опыте в 1-метровом слое почвы в вариантах No-Till-технологии накопилось 116.5 мм продуктивной влаги, в вариантах традиционной технологии – 114.5 мм, в севообороте с овсом – 108.5, с редькой масличной – 122.5 мм (рис. 2).

При этом следует отметить, что различия по содержанию продуктивной влаги в зависимости от севооборота были больше при выращивании пшеницы по традиционной технологии – 15%, чем по технологии No-Till – 7%.

В первые годы вхождения в севообороты содержание нитратного азота в слое 0–100 см почвы в вариантах осеннего рыхления было равно ≈80 кг/га. При применении технологии No-Till накопление нитратов проходило менее активно, их количество было меньше на 17% в сравнении с механической обработкой почвы. В начале 3-й ротации севооборотов содержание нитратного азота под



**Рис. 3.** Содержание нитратного азота в слое 0–100 см почвы под посевами пшеницы в зависимости от технологии возделывания, кг/га.

посевами пшеницы, выращенной по традиционной и No-Till-технологиям, не различалось и составило 68.1 и 67.9 кг/га соответственно. Не было отличий этого показателя и в зависимости от вида севооборота: в севообороте с овсом содержание азота в 1-метровом слое почвы было равно 64.3, с редькой масличной – 68.1 кг/га. Те же закономерности были установлены и перед посевом культур 4-й ротации севооборотов: количество нитратного азота в 1-метровом слое почвы при традиционной и No-Till-технологии составило 83.4 и 81.2 кг/га, в севообороте с овсом и редькой масличной – 80.4 и 84.1 кг/га соответственно (рис. 3).

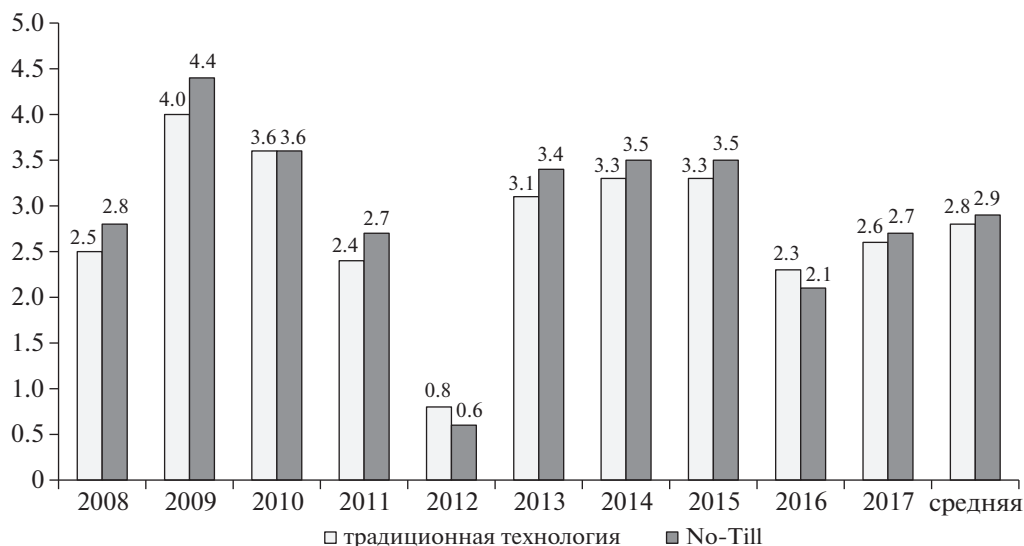
Результаты анализа почвенных образцов перед закладкой стационарного опыта в 2008 г. показали, что в слое 0–40 см почвы содержалось в среднем подвижного калия и фосфора (по Чирикову) – 96 и 280 мг/кг почвы соответственно. Степень подвижности последнего элемента (по Карпинскому–Замятиной) была на уровне 0.072 мг/л или 0.36 мг/кг почвы. В среднем за 2-ю ротацию севооборотов содержание подвижного фосфора (по Чирикову) перед посевом пшеницы в слое 0–40 см составило 297 мг/кг почвы при традиционной технологии и 282 мг/кг почвы – при технологии No-Till. Не было отмечено существенных различий содержания легкоподвижного фосфора (по Карпинскому–Замятиной) между изученными технологиями – 0.49 и 0.45 мг/кг почвы соответственно. Содержание подвижных форм калия в слое 0–40 см почвы в среднем за 2-ю ротацию севооборотов при No-Till-технологии было равно 89.3 мг/кг почвы, при традиционной технологии – 93.7 мг/кг почвы. В начале 3-й ротации севооборотов существенно больше легкоподвижного

фосфора было в слое 0–40 см при традиционной технологии (в среднем 0.51 мг/кг почвы), в основном за счет варианта с пшеницей, выращенной после горчицы, где его количество достигало 0.78 мг/кг почвы. При No-Till-технологии его содержание снизилось до 0.35 мг/кг почвы. Содержание подвижного калия было равно 80 и 72 мг/кг почвы при традиционной и No-Till-технологии соответственно.

Анализ почвы перед 4-й ротацией севооборотов не выявил существенного влияния технологий на содержание легкоподвижного фосфора: при No-Till-технологии оно было равно 0.42, при традиционной технологии – 0.38 мг/кг почвы, что соответствовало средней обеспеченности почвы этим элементом. Обеспеченность почвы подвижным калием составила 83.7 мг/кг почвы при технологии No-Till и 95.5 мг/кг почвы при обычной технологии, т.е. была повышенной.

Отсутствие существенных различий основных показателей почвенного плодородия под посевами яровой пшеницы подтверждено данными урожайности зерна (рис. 4).

Как правило, в опыте не наблюдали достоверных отличий этого показателя в зависимости от технологии возделывания культур. В зависимости от условий года урожайность зерна могла быть больше при выращивании пшеницы по той или другой технологии, либо вообще не различалась. В среднем за 10 лет опыта урожайность зерна при выращивании пшеницы по No-Till-технологии была больше, чем по традиционной, всего на 0.1 т/га.



**Рис. 4.** Урожайность зерна яровой пшеницы, выращиваемой по традиционной и No-Till-технологии, т/га;  $HCP_{05}$ : 2008 г. – 0.3, 2009 г. – 0.4, 2010 г. – 0.4, 2011 г. – 0.3, 2012 г. – 0.2, 2013 г. – 0.3, 2014 г. – 0.3, 2015 г. – 0.3, 2016 г. – 0.2, 2017 г. – 0.2 т/га.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обе технологии возделывания, изученные в опыте (и No-Till, и на основе безотвального рыхления почвы), обеспечивая максимально возможное сохранение растительных остатков, оказались близкими по своему влиянию на старопашотный выщелоченный чернозем лесостепи Приобья. Не выявлено существенной разницы 10-летнего использования технологий в накоплении продуктивной влаги в 1-метровом слое почвы, нитратного азота, а также легкоподвижного фосфора и подвижного калия в слое 0–40 см почвы. Отмечено небольшое уплотнение слоя 0–30 см почвы при выращивании культур по No-Till-технологии за счет уплотнения в основном слоя 0–10 см. Кроме того, при No-Till-технологии, особенно когда в севооборот вводили культуру со стержневой корневой системой, наблюдали улучшение структурного состояния почвы. Таким образом, полученные результаты подтвердили выводы зарубежных исследователей об эволюционном, поэтапном улучшении свойств почвы на основе длительного использования технологии No-Till [16]. Сохранение и накопление растительных остатков на поверхности почвы способствовало постепенному запуску механизмов восстановления почвенных агрегатов, улучшению структуры почвы, созданию оптимальной плотности сложения, изменению питательного режима. Однако для достижения стабильности земледелия, улучшения водного и питательного режимов при от-

казе от почвенных обработок требуется больший период времени (более 20 лет).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дернш П.* Степень принятия почвозащитного земледелия по всему миру: последствия и влияние // V Международ. конф. “NT-CA”: сб. докл. Днепропетровск, 2006. С. 222–241.
2. *Lal R., Elder J.W.* Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of north central Ohio // Soil Till. Res. 2008. V. 98 (2). P. 208–210.
3. *Dick W.A., McCoy E.L., Edwards W.M., Lal R.* Continuous application of no-tillage to Ohio soils // Agron. J. 1991. V. 83. P. 65–73.
4. *Jacinto P.A., Lal R., Kimble J.M.* Carbon budget and seasonal carbon dioxide emission from a central Ohio Luvisol as influenced by wheat residue amendment // Soil Till. Res. 2002. V. 67. P. 147–157.
5. *Martinez E., Fuentes J.P., Silva P., Valle S., Acevedo E.* Soil physical properties and wheat root growth as affected by no-tillage and conventional tillage system in a Mediterranean environment of Chile // Soil Till. Res. 2008. V. 99. P. 232–244.
6. *Filho C.C., Lourenco A., Guimaraes M.D.F., Fonseca I.C.B.* Aggregate stability under different soil management systems in a red Latosol in the state of Parana, Brazil // Soil Till. Res. 2002. V. 65. P. 45–51.
7. *Bhattacharyya R., Prakash V., Kundu S., Gupta H.S.* Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay loam soil of the Indian Himalayas // Soil Till. Res. 2006. V. 86. P. 129–140.
8. *McGarry D., Bridge B.J., Radford B.J.* Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid subtropics // Soil Till. Res. 2000. V. 53. P. 105–115.

9. *Malhi S.S., Nyborg M., Goddard T., Puurveen D.* Long-term tillage, straw management and N fertilization effects on quantity and quality of organic C and N in a Black Chernozem soil // *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 2011. V. 90. P. 227–241.
10. *Martin-Rueda I., Muñoz-Guerra L.M., Yunta F., Esteban E., Tenorio J.L., Lucena J.J.* Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calcioritic Haploxeralf // *Soil Till. Res.* 2007. V. 92. P. 1–9.
11. *Moret D., Arrue J.L.* Dynamics of soil hydraulic properties during fallow as affected by tillage // *Soil Till. Res.* 2007. V. 96. P. 103–113.
12. *Vyn T.J., Raimbault B.A.* Long-term impact of five tillage systems on corn response and soil structure // *Agron. J.* 1993. V. 85. P. 1074–1079.
13. *Rice, C.W., Smith M.S., Blevins R.L.* Soil nitrogen availability after long-term continuous no-tillage and conventional tillage corn production // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1986. V. 50. P. 1206–1210.
14. *Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М.* Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
15. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. С. 62–66.
16. *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.

## Change of Fertility Indicators of the Leached Chernozem of Forest-Steppe of Ob Region when Using Technology No-Till

A. N. Vlasenko<sup>a,#</sup>, N. G. Vlasenko<sup>a</sup>, and P. I. Kudashkin<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Siberian Research Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture SFSCA RAS  
Novosibirsk region, Krasnoobsk 630501, Russia*

<sup>#</sup> *E-mail: anatoly\_vlasenko@ngs.ru*

It was established that on the leached chernozem of forest-steppe of Ob region of an essential difference of 10 years' use of technology No-Till in comparison with technology on the basis of deep loosening for accumulation of productive moisture and nitrate nitrogen in a meter layer of earth and also easily mobile phosphorus and mobile potassium in a layer of 0–40 cm, is not revealed. But there was a small compaction of 0–10 cm of the soil layer when growing crops using No-Till-technology. The introduction of crops with a rod root system (rapeseed, mustard, oil radish) into the crop rotation improved the structural condition of the soil at No-Till-technology, which indicates a gradual improvement in the properties of the soil on the basis of long-term use of the technology. The preservation and accumulation of plant residues on the soil surface contributes to the gradual launch of mechanisms of the restoration of soil aggregates, improving the soil structure, creating an optimal bulk density, nutrient regime.

*Key words:* No-Till-technology, bulk density, soil structure, productive moisture, nitrate nitrogen, phosphorus, potassium, Ob region.