

УДК 631.343:631:633.1

UDC 631.343:631:633.1

06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство  
(сельскохозяйственные науки)

Agricultural sciences

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
РАЗУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ****TECHNOLOGICAL ASPECTS OF SOIL DE-  
PLOYMENT**<sup>1</sup>Камбулов Сергей Иванович  
д.т.н., доцент  
SPIN-код: 3854-2942, AuthorID: 696497  
[kambulov.s@mail.ru](mailto:kambulov.s@mail.ru)<sup>1</sup>Kambulov Sergei Ivanovich  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
RSCI SPIN-code : 3854-2942, AuthorID: 696497  
[kambulov.s@mail.ru](mailto:kambulov.s@mail.ru)<sup>1</sup>Рыков Виктор Борисович  
д.т.н., ст. науч. сотр.  
SPIN-код: 8328-6310, AuthorID: 424873<sup>1</sup>Rykov Viktor Borisovich  
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher  
RSCI SPIN-code : 8328-6310, AuthorID: 424873<sup>2</sup>Трубиллин Евгений Иванович  
д.т.н., профессор,  
SPIN-код: 6414-8130, AuthorID: 175537<sup>2</sup>Trubilin Evgeny Ivanovich  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
RSCI SPIN-code: 6414-8130, AuthorID: 175537<sup>1</sup>Колесник Валентина Владимировна  
SPIN-код: 3511-5207, AuthorID: 696657  
<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное науч-  
ное учреждение «Аграрный научный центр «Дон-  
ской» подразделение Северо-Кавказский научно-  
исследовательский институт механизации и  
электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ  
«АНЦ «Донской» подразделение СКННИИМЭСХ),  
г. Зерноград, Россия<sup>1</sup>Kolesnik Valentina Vladimirovna  
RSCI SPIN- code : 3511-5207, AuthorID: 696657  
<sup>1</sup>Federal state research institution of the «Agrarian  
Science Center «Donskoy» subdivision North-  
Caucasian scientific research Institute of mechaniza-  
tion and electrification of agriculture, Zernograd, Rus-  
sia<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный  
университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар,  
Россия<sup>2</sup> Federal state budgetary educational institution of  
higher education «Kuban State Agrarian University  
named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russia

В статье представлены результаты исследований по влиянию технологий обработки почвы на величину ее плотности при возделывании озимой пшеницы в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения юга России. Экспериментальные исследования проводились в условиях многолетнего стационарного опыта при четырехпольном севообороте с различными вариантами обработки почвы (отвальная, послонная, мелкая, поверхностная). Фиксация плотности почвы проводилась при весеннем кущении озимой пшеницы и в конце вегетации. Проведенный дисперсионный анализ показывает, что почва обладает релаксационными способностями, т.е. с течением времени восстанавливает свои свойства по уплотняющей способности, так как исследования проведенные в период кущения озимой пшеницы показывают, что  $F_{факт.} > F_{табл.}$  (5,79 > 4,76), т.е. способы обработки оказывают влияние на уплотнение почв, чего нельзя сказать для случая в конце вегетации озимой пшеницы. Способность к восстановлению своих свойств является замечательным свойством почв, так как предотвращает их от переуплотнения. Энергоёмкость обработки уплотнённой почвы возрастает до 30%, при этом значительно снижается степень

The article presents the results of research on the impact of tillage technologies on the value of its density in the cultivation of winter wheat in conditions of insufficient and unstable wetting of the south of Russia. Experimental studies were carried out in the conditions of a long-term stationary experiment with a four-field crop rotation with different variants of tillage (dump, layer-by-layer, small, surface). The soil density was fixed at spring tillering of winter wheat and at the end of the growing season. Conducted analysis of variance shows that the soil has relaxation abilities, i.e. over time, it restores its properties by compaction ability, since studies conducted during the period of tillering of winter wheat show that  $F_{fact.} > F_{table.}$  (5,79 > 4,76), i.e. methods of treatment have an impact on soil compaction, which cannot be said for the case at the end of the growing season of winter wheat. The ability to restore its properties is a remarkable property of the soil, as it prevents them from over-compaction. The energy intensity of the compacted soil treatment increases to 30%, while the degree of crumbling is significantly reduced and its lumpiness increases. The most fundamental way to reduce the density of the soil is its timely loosening by working bodies of agricultural tools. Tillage methods affect soil density, the correlation coefficient between tillage methods and soil

крошения и увеличивается её глыбистость. Наиболее кардинальным способом снижения плотности почвы является своевременное её рыхление рабочими органами сельскохозяйственных орудий.

Способы обработки почвы оказывают влияние на плотность почв, коэффициент корреляции между способами обработки и плотностью почв изменяется в пределах 0,929-0,979. Наиболее радикальным способом разуплотнения почв является воздействие на неё определённым типом рабочих органов

Ключевые слова: ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ, ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, ОТВАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, ПОСЛОЙНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, ГЛУБИНА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

density varies between 0,929-0,979. The most radical way of soil decompression is exposure to it by a certain type of working bodies

Keywords: SOIL DENSITY, PROCESSING TECHNOLOGY, WINTER WHEAT, DUMP SOIL TREATMENT, LAYER-BY-LAYER TILLAGE, DEPTH OF TILLAGE

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-153-021>

## Введение

Общие физические свойства почвы зависят от содержания органического вещества в почве, а также от её гранулометрического состава, но лишь плотность сложения в широких пределах (от 1,0-1,2 до 1,35-1,55 г/см<sup>3</sup> и более) способна изменяться под воздействием на почву сельскохозяйственных орудий и движителей машин [1]. По мнению большинства авторов [2, 3], объёмная масса почвы должна находиться в пределах 1,1-1,3 г/м<sup>3</sup>. На почвах с такой плотностью растениями более продуктивно расходуется влага, повышается продуктивность озимой пшеницы – благодаря лучшему развитию растений в осенний период. Кроме того, уплотнённая почва в сравнении с рыхлой резко снижает опасность изреживания посевов в результате выпирания, что очень актуально в условиях южных регионов России, где резкие колебания температуры в зимне-весенний период являются нормой. Переуплотнённая почва оказывает значительное сопротивление корням растений, в ней затрудняется водопроницаемость и воздухообмен, что приводит к ухудшению условий жизнедеятельности растений и снижению урожайности сельскохозяйственных культур [4].

В связи с этим **целью работы** являлось установление влияния различных технологий обработки почвы на показатель ее плотности.

### Материалы и методы

Исследования проводились в 2016-2018 гг. в условиях многолетнего стационарного опыта, общей площадью 4,3 га, в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград).

Почвенный покров представлен черноземом обыкновенным с содержанием гумуса 3,2%, среднегодовое количество осадков составило 560-600 мм, температура 9,6<sup>0</sup>С, влажность воздуха 56% [5].

Обработка почвы под посев озимой пшеницы осуществлялась почвообрабатывающими машинами, разработанными ФГБНУ «СКНИИМЭСХ» ныне ФГБНУ «АНЦ «Донской» [6, 7].

В исследовании находилось четыре варианта технологий обработки почвы: отвальная 20-22 см (ПН-5-35), послойная безотвальная 20-22 см (КАО-2), мелкая 12-14 см (КУМ-4), поверхностная 6-8 см (Б-7Т).

Измерения плотности почвы проведены при весеннем кушении озимой пшеницы и в конце её вегетации.

### Результаты исследований

В таблице 1 приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию различных способов обработки почвы на её плотность.

Таблица 1 – Изменение плотности почвы от способов обработки по горизонтам

Способы обработки	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>			Суммы	Средние
	0-10 см	10-20 см	20-30 см		
<i>Весеннее кушение озимой пшеницы</i>					
<i>ПН-5-35, гл. 18-20 см</i>	0,96	1,07	1,14	3,07	1,02
<i>КАО-10, гл. 18-20 см</i>	0,81	1,13	1,17	3,11	1,04
<i>БДТ-7, гл. 8-10 см</i>	0,87	1,23	1,25	3,25	1,12
<i>КУМ-4, гл. 8-10 см</i>	0,90	1,21	1,21	3,32	1,11
<i>Суммы</i>	3,44	4,64	4,77	12,89	
<i>Средние</i>	0,86	1,16	1,19		1,08
<i>Конец вегетации озимой пшеницы</i>					
<i>ПН-5-35, гл. 18-20 см</i>	0,90	1,19	1,24	3,33	1,11
<i>КАО-10, гл. 18-20 см</i>	0,94	1,22	1,22	3,38	1,13
<i>БДТ-7, гл. 8-10 см</i>	0,89	1,28	1,28	3,45	1,15
<i>КУМ-4, гл. 8-10 см</i>	0,91	1,28	1,29	3,48	1,16
<i>Суммы</i>	3,64	4,97	5,03	13,64	
<i>Средние</i>	0,91	1,25	1,26		1,14

Анализ таблицы 1 говорит о том, что в обоих случаях (и весной и в конце вегетации) не было значительного уплотнения почв, которое превысило бы допустимые значения ( $1,3 \text{ г/см}^3$ ), рекомендуемые для нормального развития культурных растений [8]. Это указывает на то, что, во-первых, почва на выделенном для экспериментов участке обладает достаточной структурой и во вторых измерения проведены спустя некоторое время после воздействия движителей на почву, что позволило ей несколько восстановить свои свойства.

Так как средние значения плотности почвы в зависимости от способов обработки отличаются незначительно друг от друга был проведен дисперсионный анализ, чтобы проверить нулевую гипотезу о том, что различия в средних носит случайный характер, результаты которого проведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты дисперсионного анализа влияния способов обработки почвы на плотность почвы

Источники вариации	Суммы квадратов отклонений	Степени свободы	Дисперсии	Отношение дисперсий	
				$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{табл.}}$
<i>Весеннее кушение озимой пшеницы</i>					
<i>Групповая (способы обработки)</i>	0,0204	3	0,0068	5,79	4,76
<i>Повторностей</i>	0,269	2	0,134	114,39	5,14
<i>Случайная</i>	0,007	6	0,0012	-	-
<i>Общая</i>	0,296	11	-	-	-
<i>Конец вегетации озимой пшеницы</i>					
<i>Групповая (способы обработки)</i>	0,0046	3	0,0015	1,50	4,76
<i>Повторностей</i>	0,309	2	0,154	150,6	5,14
<i>Случайная</i>	0,062	6	0,001	-	-
<i>Общая</i>	0,319	11	-	-	-

В обоих случаях и при весеннем кушении озимой пшеницы, и в конце вегетации основную долю вариации обеспечивает глубина обработки, так как фактическое (расчётное) значение критерия Фишера превышает табличное значение ( $114,39 > 5,14$ ,  $150,6 > 5,14$ ), а это говорит о том, что по глубине обработки уплотнения распределяются не одинаково.

Что касается влияния способов обработки почвы на её уплотнение, то только в случае весеннего кущения озимой пшеницы  $F_{факт.} > F_{табл.}$  ( $5,79 > 4,76$ ), т.е. способы обработки оказывают влияние на уплотнение почв, чего нельзя сказать для случая в конце вегетации озимой пшеницы. Объясняется такой эффект тем, что почва с течением времени восстанавливает свои свойства. Очевидно, с начала уплотнения почв машинами при её обработке прошло достаточное количество времени, чтобы почва могла восстановить свои свойства.

Следовательно, способы обработки почвы оказывают влияние на её плотность. В связи с этим наиболее радикальным способом разуплотнения почв является воздействие на неё определённым типом рабочих органов.

В общем случае современные технологии производства сельскохозяйственных культур требуют многократного прохода по полю различных машин. Только технология производства озимой пшеницы для своей реализации требует до 30 видов работ. Известно, что ходовые системы тракторов в период предпосевных обработок и сева воздействуют на 30-80 % поверхности поля [9, 10]. Некоторые участки поля подвергаются многократному воздействию движителей.

С точки зрения воздействия машин на почву ресурсосберегающие и особенно нулевые технологии имеют существенные преимущества по сравнению с любыми другими современными технологиями, так как в меньшей степени воздействуют на почву, что снижает степень её уплотнения [11].

Степень воздействия ходовых систем на почву определяется типом движителя, массой машины, числом проходов по одному месту, характеристиками почв и др.

На рисунках 1-3 приведена статистическая зависимость влияния способов обработки почвы на её плотность по горизонтам.

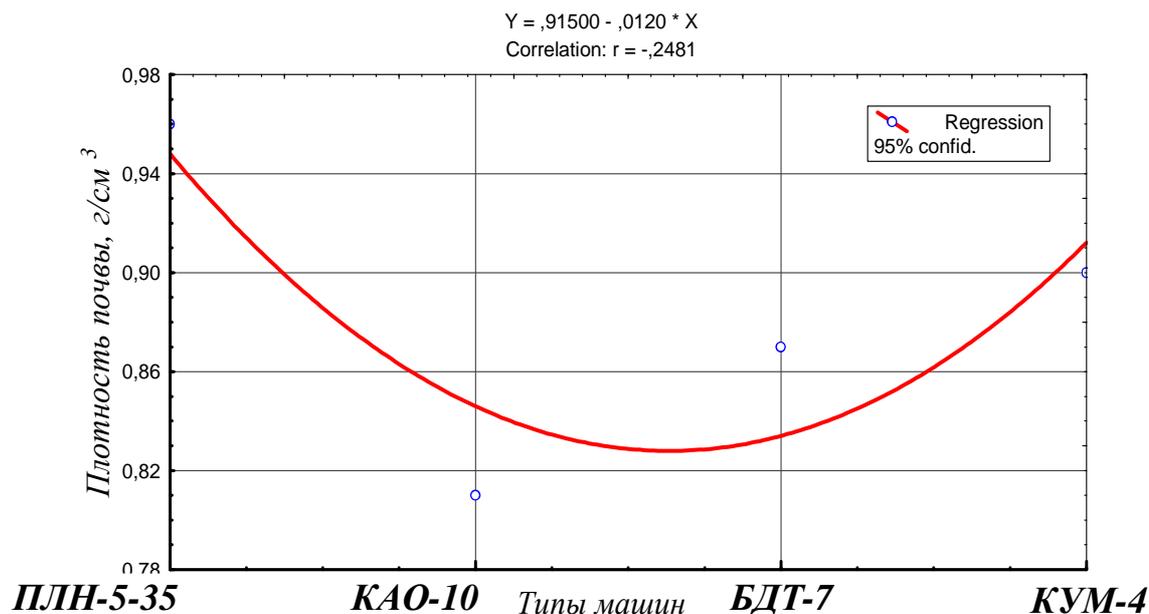


Рисунок 3 – Зависимость плотности почвы от способов её обработки (горизонт 0-10 см)

Так как горизонт 0-10 см (рисунок 1) взрыхлён на всю глубину после прохода агрегата, то уплотняющее воздействие машин проявляется слабо (коэффициент корреляции равен – 0,2481). Во всех других случаях (рисунок 2, 3) зависимость плотности почвы от воздействия на неё ходовых систем сельскохозяйственных машин проявляется сильно, так как коэффициент корреляции изменяется в пределах 0,9288-0,9798.

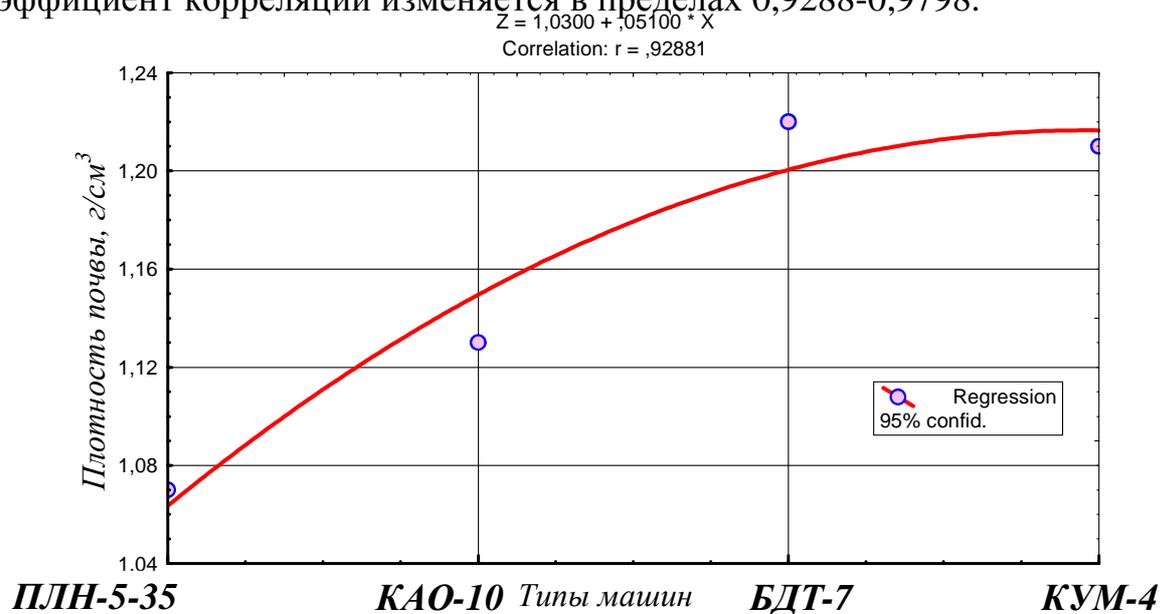


Рисунок 2 – Зависимость плотности почвы от способов её обработки (горизонт 10-20 см)

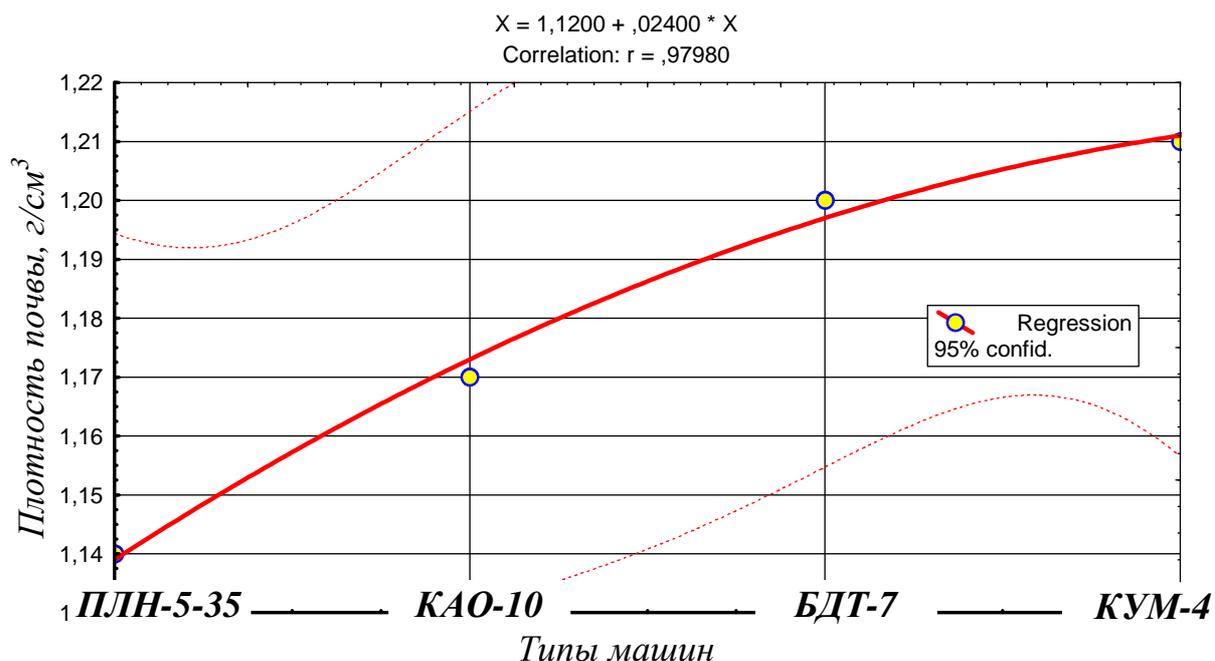


Рисунок 3 – Зависимость плотности почвы от способов её обработки (горизонт 20-30 см)

#### Выводы

Таким образом, представленные результаты исследований позволяют отметить следующее:

- повышение плотности почвы приводит к нарушению её аэрации, снижению влагонасыщения, разрушению структуры, повышению энергонасыщенности при обработке;

- энергоёмкость обработки уплотнённой почвы возрастает до 30%, при этом значительно снижается степень крошения и увеличивается её глыбистость;

- наиболее кардинальным способом снижения плотности почвы является своевременное её рыхление рабочими органами сельскохозяйственных орудий. Уменьшение плотности почвы достигается так же оптимальными севооборотами;

- способы обработки почвы оказывают влияние на плотность почв, коэффициент корреляции между способами обработки и плотностью почв изменяется в пределах 0,929-0,979;

- наиболее радикальным способом разуплотнения почв является воздействие на неё определённым типом рабочих органов.

### Литературы

1. Лыков, А.М. Земледелие с почвоведением / Лыков А.М., Коротков А.А., Баздырев Г.И., Сафонов А.Ф. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для учащихся техникумов).
2. Сдобников С.С. В расчёте на засушливый год / С.С. Сдобников // Земледелие. – 2000. - № 2. – С. 10-11.
3. Чуданов, И.А. Минимализация обработки чернозёмов / И.А. Чуданов, Л.Ф. Лигастаева // Земледелие. – 2000. - № 4. – С. 15-16.
4. Petelkau H. Bodenbearbeitungssteuerung / Petelkau H., Dannowski M. // Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Münchenberg, FZB-Report 1985. S.
5. Рыков, В.Б. Статистическая динамика природно-климатических факторов и урожайность зерновых колосовых культур / Рыков В.Б., Камбулов С.И., Камбулов И.А. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – №6. – С. 22-24.
6. Рыков, В.Б. Особенности возделывания озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения ростовской области / Рыков В.Б., Камбулов С.И., Камбулов И.А., Вялков В.И., Таранин В.И., Шевченко Н.В., Янковский Н.Г. // Научное издание / Российская академия сельскохозяйственных наук; Всероссийский Ордена Трудового Красного Знамени Научно-Исследовательский и Проектно-Технологический Институт Механизации и Электрификации Сельского Хозяйства. зерноград, 2010. – 172 с.
7. Рыков, В.Б. Организационно-технологический проект производства сильных и твердых (ценных) пшениц в условиях недостаточного увлажнения с использованием комплексов машин с адаптивными рабочими органами / Рыков В.Б., Камбулов С.И., Камбулов И.А., Вялков В.И., Шевченко Н.В., Таранин В.И. // Научное издание / Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства. зерноград, 2010. – 147 с.
8. Янковский, Н.Г. Совершенствование основных элементов технологии возделывания озимой пшеницы / Янковский Н.Г., Алабушев А.В., Жидков Г.А., Камбулов С.И., Сухарев А.А. – Ростов-на-Дону, 2011. – 174 с.
9. Доспехов, Б.А. Влияние ходовых систем тракторов на дерново-подзолистую почву. /Б.А. Доспехов, А.И. Пупонин, А.Ш. Хабатов и др. – Вестник сельскохозяйственной науки. – №7. – 1979.
10. Кононов А.М Уплотнение почв тракторами. /А.М. Кононов, В.А. Гарбар. – Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – №1. – 1973.
11. Рыков, В.Б. Продуктивность озимой пшеницы и технологии обработки почвы / Рыков В.Б., Камбулов С.И., Камбулов И.А., Колесник В.В., Дёмина Е.Б., Ридный С.Д., Янковский Н.Г. // Зерновое хозяйство России. – Т. 41. – 2015. – №5. – С. 63-66.

### References

1. Lykov A.M. Zemledeliye s pochvovedeniyem / Lykov A.M., Korotkov A.A., Bazdyrev G.I., Safonov A.F. - 2-ye izd., Pererab. i dop. - M. : Agropromizdat, 1990. - 464 s. : il. - (Uchebniki i ucheb. Posobiya dlya uchashchikhsya tekhnikumov).
2. Sdobnikov S.S. V raschote na zasushlivyy god / S.S. Sdobnikov // Zemledeliye. - 2000. - № 2. - S. 10-11.
3. Chudanov I.A. Minimalizatsiya obrabotki chernozomov / I.A. Chudanov, L.F. Ligastayeva // Zemledeliye. - 2000. - № 4. - S. 15-16.

4. Petelkau H. Bodenbearbeitungssteuerung / Petelkau H., Dannowski M. // Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Münchenberg, FZB-Report 1985. S.
5. Rykov V.B. Statisticheskaya dinamika prirodno-klimaticheskikh faktorov i urozhaynosti zernovykh kolosovykh kul'tur / Kambulov S.I., Kambulov I.A. // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. - 2013. - №6. - S. 22-24.
6. Rykov V.B. Osobennosti vzdelyvaniya ozimoy pshenitsy v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya rostovskoy oblasti / Kambulov S.I., Kambulov I.A., Vyalkov V.I., Taranin V.I., Shevchenko N.V., Yankovskiy N.G. // Nauchnoye izdaniye / Rossiyskaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk; Vserossiyskiy Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni Nauchno-Issledovatel'skiy i Proyektno-Tekhnologicheskii Institut Mekhanizatsionnyye struktury i Elektrifikatsii Sel'skogo Khozyaystva. Zernograd, 2010. - 172 s.
7. Rykov V.B. Organizatsionno-tekhnologicheskii proyekt proizvodstva sil'nykh i tsennykh (pshenichnykh) rasteniy v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya s ispol'zovaniyem tekhnicheskikh i adaptivnykh rabochikh faktorov / Rykov V.B., Kambulov S.I., Kambulov I.A., Vyalkov V.I., Shevchenko N.V., Taranin V.I. // Nauchnoye izdaniye / Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy i proyektno-tekhnologicheskii institut mekhanizatsii i elektrifikatsii sel'skogo khozyaystva. Zernograd, 2010. - 147 s.
8. Yankovskiy N.G. Sovershenstvovaniye osnovnykh elementov tekhnologii vzdelyvaniya ozona pshenitsy / Yankovskiy N.G., Alabushev A.V., Zhidkov G.A., Kambulov S.I., Sukharev A.A. - Rostov-na-Donu, 2011. - 174 s.
9. Dospekhov B.A. Vliyaniye khodovykh sistem traktorov na dernovo-podzolistuyu pochvu. /B.A. Dospekhov, A.I. Puponin, A.SH. Khabatov i dr. - Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. - №7. - 1979 g.
10. Kononov A.M Uplotneniye pochv traktorami. /A.Y. Kononov, V.A. Garbar. - Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaystva. - №1. - 1973 g.
11. Rykov V.B. Produktivnost' ozimoy pshenitsy i tekhnologii obrabotki pochvy / Kambulov S.I., Kambulov I.A., Kolesnik V.V., Domina Ye.B., Ridnyy S.D., Yankovskiy N.G. // Zernovoye khozyaystvo Rossii. - T. 41. - 2015. - №5. - S. 63-66.