

**А. П. Солодовников**

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация

**К. И. Пимонов**

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Российская Федерация

**Л. А. Гудова**

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Российская Федерация

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ  
НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ НУТА**

**Цель:** изучение влияния способов основной обработки темно-каштановой почвы на плотность сложения, водопроницаемость, влажность метрового слоя и урожайность зерна нута. **Материалы и методы:** исследования проводили на темно-каштановой почве в 2016–2019 гг. (Саратовская область). Плотность сложения почвы определялась по ГОСТ 12536-79, влажность почвы – по ГОСТ 28268-89. Закладку опытов и математическую обработку цифрового материала осуществляли в соответствии с «Методикой полевого опыта» (Б. А. Доспехов, 1985). **Результаты:** четырехлетние наблюдения за водно-физическими свойствами показали, что перед посевом нута максимальная величина плотности сложения пахотного слоя (0–0,3 м) фиксировалась в варианте с минимальной обработкой дискатором (1,26 грамма на кубический сантиметр). Наименьшие значения плотности почвы отмечались в вариантах с комбинированной и отвальной обработками (1,09–1,10 грамма на кубический сантиметр, что меньше минимальной обработки на 14–15 %). Водопроницаемость темно-каштановой среднесуглинистой почвы возрастала от минимальной обработки (71,1 мм/ч) к безотвальной (107,2 мм/ч), комбинированной (126,4 мм/ч) и отвальной (126,5 мм/ч). Перед посевом нута наибольшая влажность почвы метрового слоя отмечалась при безотвальной и комбинированной обработках (17,5 % от массы абсолютно сухой почвы, что превышало контроль на 0,4 %, а минимальную на 1,0 %). С наступлением фенологической фазы ветвления у нута наименьшая влажность почвы формировалась в варианте с дискованием (15,9 %). Применение безотвальной обработки увеличивало влажность почвы на 0,9 %. **Выводы:** комбинированная обработка плугом ПБС-8М на глубину 23–25 см способствовала формированию максимальной за четыре года урожайности нута (1,04 т/га, что больше контроля всего на 4 %). Минимизация основной обработки почвы до 10–12 см уменьшала урожайность на 18 %, безотвальное глубокое рыхление (30–32 см) на 9 % по сравнению с отвальной обработкой на глубину 23–25 см.

**Ключевые слова:** нут; основная обработка почвы; плотность сложения; водопроницаемость; влажность почвы; регрессия; корреляция.

**A. P. Solodovnikov**

Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

**K. I. Pimonov**

Don State Agrarian University, Persianovsky, Russian Federation



**L. A. Gudova**

Russian Research, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn, Saratov,  
Russian Federation

## **IMPACT OF PRIMARY TILLAGE ON HYDROPHYSICAL PROPERTIES OF DARK CHESTNUT SOIL AND CHICKPEA (CICER) YIELD**

**Purpose:** to study the impact of the primary tillage methods of dark chestnut soil on the bulk density, water permeability, moisture meter layer and chickpea yield. **Materials and methods:** studies were carried out on dark chestnut soil in 2016–2019 (Saratov region). The soil density was determined according to GOST 12536-79, soil moisture – according to GOST 28268-89. The trial establishment and the mathematical processing of digital material were carried out in accordance with “Field Experience Methodology” (B. A. Dospekhov, 1985). **Results:** four-year observations of hydrophysical properties showed that before chickpea sowing, the maximum value of the arable layer density (0–0.3 m) was recorded in the variants with minimal tillage with a disc harrow (1.26 grams per cubic centimeter). The lowest values of soil density were noted in variants with combined and moldboard tillage (1.09–1.10 grams per cubic centimeter, which is 14–15 % less than the minimum tillage). Water permeability of dark chestnut medium loamy soil increased from minimal tillage (71.1 mm per h) to subsurface (107.2 mm per h), combined (126.4 mm per h) and moldboard one (126.5 mm per h). Before chickpea sowing, the highest soil moisture in the meter-long layer was observed during non-mold and combined cultivations (17.5 % of the mass of absolutely dry soil, which exceeded the control by 0.4 % and the minimum by 1.0 %). The least soil moisture was formed in the variant with disking (15.9 %) with the onset of the phenological branching phase in chickpeas. The use of subsurface cultivation increased soil moisture by 0.9 %. **Conclusions:** combined tillage with a PBS-8M plow to a depth of 23–25 cm contributed to the formation of maximum chickpea yield in four years (1.04 t per ha, which is only 4 % more than the control). Minimization of the primary tillage to 10–12 cm reduced yield by 18 %, subsurface deep loosening (30–32 cm) by 9 % compared with the moldboard cultivation to a depth of 23–25 cm.

**Key words:** chickpeas; primary tillage; bulk density; water permeability; soil moisture; regression; correlation.

**Введение.** Нут является одной из привлекательнейших культур сельскохозяйственного производства России, так как сочетает в себе комплекс биологических особенностей, таких как агроэкологическая пластичность и адаптивность к жестким условиям засушливого континентального климата. Его возделывали в 2018 г. на площади 851,2 тыс. га. За год площади выросли на 71,6 % (на 355,2 тыс. га). В Саратовской области засеяли 266,6 тыс. га (31,3 % от общей площади посевов нута в РФ). По отношению к 2017 г. посевные площади выросли на 62,3 % (на 102,3 тыс. га). Средняя урожайность нута в России составила 0,76 т/га уборной площади, а в Саратов-

ской области находилась на уровне 0,56 т/га<sup>1</sup>. Столь низкая урожайность нута в регионе связана с несоблюдением сельхозпредприятиями элементов технологии возделывания, разработанных в различных регионах России и включающих: выбор предшественника, основную обработку почвы, систему удобрения, систему защиты посевов от сорно-полевой растительности, болезней и вредителей.

Успешное внедрение ресурсосберегающей основной обработки является основанием для оптимальных показателей водно-физических свойств темно-каштановой почвы. При разработке новых способов обработки почвы необходимо соблюдать принципы адаптивности к почвенным условиям и соответствия агроклиматическим показателям. За счет оптимизации плотности сложения и улучшения водного режима темно-каштановой почвы в засушливых условиях Саратовского Заволжья можно увеличить продуктивность сельскохозяйственных растений. Наиболее приспособленным к засушливым условиям из зернобобовых культур является нут. Учитывая биологические особенности данной культуры, современное земледелие должно подбирать элементы технологии, которые позволяют создать благоприятные водный и воздушный режимы почвы для формирования стабильной урожайности нута [1–9].

Поэтому целью исследований было изучение влияния способов основной обработки темно-каштановой почвы на плотность сложения, водопроницаемость, влажность метрового слоя и урожайность нута.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном поле УНПО «Поволжье» Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова в 2016–2019 гг. Почвенный покров представлен темно-каштановым подтипом, среднесуглинистый по гранулометрическому составу. Содержание гумуса в слое 0,3 м – 2,9 %, рН водной вытяжки – 7,1.

---

<sup>1</sup> Посевные площади, валовые сборы и урожайность нута в России. Итоги 2018 года [Электронный ресурс] / АБ-Центр. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/beans/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-nuta-v-rossii-itogi-2018-goda.html>, 2019.

По средним многолетним данным, в Энгельском районе Саратовской области за период вегетации нута (май – август) выпадает 134 мм осадков. В 2016 г. за четыре месяца выпало 122 мм, в 2017 г. – 214 мм, в 2018 г. – 70,2 мм, в 2019 г. – 62 мм.

Для решения поставленных задач был заложен опыт по схеме:

1) отвальная обработка плугом ПЛН-8-35 на глубину 23–25 см (контроль);

2) безотвальная обработка глубокорыхлителем SSD-4 на глубину 30–32 см;

3) минимальная обработка дискатором БДМ-7×3 ППКШКС на глубину 10–12 см;

4) комбинированная обработка плугом Бойкова ПБС-8М на глубину 23–25 см (конструкция плуга позволяет проводить оборот пласта верхнего 15-сантиметрового слоя и безотвальное рыхление нижнего 15–25-сантиметрового горизонта).

Посевная площадь делянок 1500 м<sup>2</sup>, учетная 1000 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Нут возделывался в семипольном севообороте: 1) пар чистый; 2) озимая пшеница; 3) нут; 4) яровая пшеница; 5) сборное поле (лен, просо); 6) ячмень; 7) подсолнечник. Сорт нута Бонус.

После уборки озимой пшеницы при массовом отрастании сорных растений участок обрабатывали гербицидом Торнадо (3 л/га). Основную обработку почвы проводили в третьей декаде сентября в соответствии с рекомендованной технологией возделывания нута в полевом севообороте на темно-каштановой почве. Под предпосевную культивацию вносили 100 кг/га азофоски (N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub>). Семена нута обрабатывали Ризоторфином, Ж, 2,5 л/т. Для борьбы с однолетними сорными растениями выполняли боронование до всходов (через 5–6 дней после посева) и боронование по всходам (при появлении нитей малолетних сорных растений). Борьбу

с вредителями осуществляли в начале цветения нута инсектицидом Борей (150 мл/га). Десикацию проводили в первой декаде августа препаратом Суховой (2 л/га).

В соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова (1985)<sup>2</sup>, Б. Д. Кирюшина (2009)<sup>3</sup> плотность сложения почвы определялась буром Качинского со вставными цилиндрами емкостью 100 см<sup>3</sup> (4). Влажность почвы определялась термовесовым методом<sup>5</sup>. Для определения водопроницаемости на поверхность почвы в естественных условиях по вариантам основной обработки устанавливают цилиндр, углубляют его, затем его заливают водой и через час проводят учет количества воды, впитавшейся в почву за определенный промежуток времени [10].

**Результаты и обсуждения.** Более плотная почва снижает всхожесть семян, оказывает сопротивление развивающейся корневой системе растений, влияет на их развитие [11].

Основная обработка почвы оказала значительное влияние на плотность сложения темно-каштановой почвы (таблица 1). В среднем за 2016–2019 гг. перед посевом нута (после предпосевной культивации) минимальные значения плотности почвы пахотного слоя отмечались в вариантах обработки плугом Бойкова (ПБС-8М) (1,09 г/см<sup>3</sup>) и плугом ПЛН-8-35 (1,10 г/см<sup>3</sup>), что меньше безотвальной обработки на 0,11–0,12 г/см<sup>3</sup>, или на 10–11 %, а минимальной обработки на 14–15 %. Максимальная величина плотности сложения фиксировалась в варианте с минимальной обработкой дискатором

---

<sup>2</sup> Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

<sup>3</sup> Кирюшин, Б. Д. Основы научных исследований в агрономии / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. – М.: Колос, 2009. – 398 с.

<sup>4</sup> ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) и микроагрегатного состава. – Введ. 1980-01-07 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

<sup>5</sup> ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – Введ. 1990-01-06 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

БДМ-7×3 ППКШКС (1,26 г/см<sup>3</sup>), но данные значения не выходили за пределы оптимальных величин, установленных А. А. Роде (1969)<sup>6</sup> (1,2–1,3 г/см<sup>3</sup> для яровых культур сплошного способа посева). Увеличение плотности при обработке почвы дисковыми орудиями связано с распылением структурных агрегатов до микрочастиц, которые коагулируют капиллярные поры, увеличивая плотность и снижая водопроницаемость [12, 13].

**Таблица 1 – Плотность сложения почвы в пахотном слое (0–0,3 м) перед посевом нута по вариантам опыта**

Дата отбора образцов	Основная обработка почвы			
	ПЛН-8-35 на глубину 23–25 см (контроль)	SSD-4 на глубину 30–32 см	БДМ-7×3 ППКШКС на глубину 10–12 см	ПБС-8М на глубину 23–25 см
25.04.2016	1,07	1,19	1,23	1,07
02.05.2017	1,09	1,21	1,27	1,08
08.05.2018	1,13	1,22	1,29	1,12
29.04.2019	1,10	1,22	1,26	1,10
Средняя	1,10	1,21	1,26	1,09

В г/см<sup>3</sup>

Проведенные наблюдения за водопроницаемостью в течение одного часа перед посевом нута показали хорошую водопроницаемость при безотвальной (107,5 мм/ч), комбинированной (126,4 мм/ч) и отвальной обработках (126,5 мм/ч), что превышало данные при минимальной обработке соответственно на 34,5; 43,7; 43,8 % (таблица 2).

**Таблица 2 – Водопроницаемость почвы перед посевом нута по вариантам опыта**

Дата отбора образцов	Основная обработка почвы			
	ПЛН-8-35 на глубину 23–25 см (контроль)	SSD-4 на глубину 30–32 см	БДМ-7×3 ППКШКС на глубину 10–12 см	ПБС-8М на глубину 23–25 см
25.04.2016	115,0	85,0	60,5	117,8
02.05.2017	127,6	97,3	65,5	130,0
08.05.2018	133,1	127,1	81,7	130,1
29.04.2019	130,3	120,7	76,6	127,9
Средняя	126,5	107,5	71,1	126,4

В мм/ч

<sup>6</sup> Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге. Методы изучения водного режима почв / А. А. Роде. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 287 с.

В острозасушливых условиях Саратовского Заволжья в начальные фенологические фазы роста и развития нута определяющую роль играет влага, накопленная в почве от зимних и ранневесенних осадков.

Перед посевом нута в метровом слое почвы отмечено максимальное накопление влаги в вариантах с комбинированной и безотвальной обработками (17,5 % от массы абсолютно сухой почвы, что превышало контроль на 0,4 %). Наименьшая влажность почвы фиксировалась при минимальной обработке (16,5 %, что меньше контроля на 0,6 %, а безотвальной и комбинированной обработок на 1,0 %) (таблица 3).

**Таблица 3 – Влажность метрового слоя почвы по вариантам опыта**  
В % от массы абсолютно сухой почвы

Дата отбора образцов	Основная обработка почвы			
	ПЛН-8-35 на глубину 23–25 см (контроль)	SSD-4 на глубину 30–32 см	БДМ-7×3 ППКШКС на глубину 10–12 см	ПБС-8М на глубину 23–25 см
Перед посевом нута				
18.04.2016	18,1	19,0	17,2	18,7
23.04.2017	16,0	16,6	15,8	17,0
06.05.2018	16,7	17,0	16,1	16,6
28.04.2019	17,8	17,5	17,0	17,7
Средняя	17,1	17,5	16,5	17,5
В фазе ветвления нута				
26.05.2016	17,4	17,5	16,3	17,8
01.06.2017	17,0	17,6	16,6	17,9
06.06.2018	14,9	15,9	14,7	14,9
22.05.2019	16,8	16,3	16,0	16,6
Средняя	16,5	16,8	15,9	16,8

С наступлением фенологической фазы ветвления у нута наименьшая влажность почвы отмечалась в варианте с дискованием БДМ-7×3 ППКШКС на глубину 10–12 см (15,9 %). Применение безотвальной и комбинированной обработок увеличивало влажность почвы на 0,3 % по отношению к контролю и на 0,9 % по сравнению с минимальной обработкой.

Уборка зерна нута показала, что в 2016 г. наибольшая урожайность была получена в варианте с применением отвальной обработки (1,40 т/га) (таблица 4). Меньше всего зерна нута (1,14 т/га) было убрано в варианте с основной обработкой почвы БДМ-7×3 ППКШКС на глубину 10–12 см.

**Таблица 4 – Влияние основной обработки почвы на урожайность зерна нута**

Основная обработка почвы	Урожайность, т/га					Отклонение от контроля	
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Средняя	т/га	%
ПЛН-8-35 на глубину 23–25 см (контроль)	1,40	1,20	0,67	0,71	1,00	-	-
SSD-4 на глубину 30–32 см	1,21	1,19	0,77	0,47	0,91	-0,09	9,0
БДМ-7×3 ППКШКС на глубину 10–12 см	1,14	1,10	0,59	0,46	0,82	-0,18	18,0
ПБС-8М на глубину 23–25 см	1,37	1,33	0,70	0,74	1,04	+0,04	4,0
НСР <sub>05</sub>	0,118	0,091	0,069	0,075			

В более влажном 2017 г. максимальные значения урожайности нута (1,33 т/га) фиксировались в варианте с обработкой почвы ПБС-8М на глубину 23–25 см, а минимальные (1,10 т/га) – при обработке дискатором БДМ-7×3 ППКШКС.

Учет урожайности в засушливом 2018 г. показал, что нут лучше всего развивался в варианте с глубокой безотвальной обработкой (SSD-4 на глубину 30–32 см), урожайность зерна составила 0,77 т/га, что больше контроля на 0,1 т/га.

В острозасушливом 2019 г. прослеживается преимущество отвальной (0,71 т/га) и комбинированной (0,74 т/га) обработок, различия по данным вариантам находились в пределах ошибки опыта (НСР<sub>05</sub> = 0,075).

Наименьшая урожайность формировалась при минимальной обработке дискатором (0,46 т/га, что меньше контроля на 0,25 т/га, или 35 %).

В условиях 2018 и 2019 гг. иссушение пахотного слоя в фазе ветвления нута приводило к уплотнению почвы, что не позволяло эффективно использовать биологический азот вследствие отсутствия азотфиксации, так как для развития клубеньковых бактерий требуется не только влага, но и воздух, содержащий кислород [2, 5, 6].

В среднем за четыре года исследований максимальная урожайность зерна нута была получена в варианте, предусматривающем комбиниро-



ванную обработку почвы плугом Бойкова (ПБС-8М на глубину 23–25 см) (1,04 т/га), но существенных различий с контрольным вариантом не отмечалось.

Наименьшая урожайность (0,82 т/га) формировалась в варианте с использованием минимальной обработки почвы дискатором (БДМ-7×3 ППКШКС на глубину 10–12 см), что меньше контроля на 0,18 т/га, или на 18 %. Урожайность нута 0,91 т/га, полученная в варианте с использованием безотвального рыхления почвы (SSD-4 на глубину 30–32 см), была меньше на 9 % урожайности зерна на контроле.

Регрессионный анализ зависимости урожайности нута ( $Y$ ) от влажности метрового слоя почвы перед посевом ( $x_1$ ) и в фазе ветвления нута ( $x_2$ ), количества осадков за период вегетации нута ( $x_3$ ), глубины основной обработки почвы ( $x_4$ ), плотности сложения пахотного слоя перед посевом ( $x_5$ ) показал следующее линейное уравнение множественной регрессии:

$$Y = -0,365 + 0,033 x_1 + 0,175 x_2 + 0,002 x_3 - 0,012 x_4 - 1,818 x_5.$$

Установлена высокая степень связи урожайности нута с изучаемыми факторами, коэффициент множественной корреляции ( $R$ ) равен 0,942. Достоверно можно считать ( $F_{\phi} = 15,64$ ;  $F_T = 3,33$ ), что урожайность зерна нута на 88 % ( $R^2 = 0,88$ ) определялась изучаемыми показателями, на долю неучтенных факторов приходится 12 %. Полный корреляционный анализ перечисленных факторов позволяет сделать заключение, что урожайность нута в условиях Саратовского Заволжья зависела на 36,4 % от влажности почвы в фазе ветвления нута, на 34,5 % от количества осадков за май – август, на 11,3 % от плотности пахотного слоя, на 4,2 % от влажности почвы перед посевом и на 1,6 % от глубины основной обработки.

Сильная зависимость урожайности от влажности почвы в фазе ветвления объясняется тем, что в посевах нута наибольший расход влаги наблюдается в период от бутонизации до цветения [1]. В засушливых условиях Саратовского Заволжья определяющим фактором формирования

урожайности являются атмосферные осадки. Значительная корреляция между урожайностью нута и плотностью почвы связана с тем, что при недостаточном увлажнении и высоком содержании калия в почве плотность увеличивается и достигает критических значений для развития корневой системы и симбиотической азотфиксации. Слабая корреляционная связь урожайности нута и влажности почвы перед посевом может объясняться тем, что после весеннего снеготаяния в пахотном слое почвы достаточно влаги по всем вариантам для прорастания семян. По литературным источникам установлено, что долевое участие обработки почвы в урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от погодных условий имеет большую вариацию по годам и составляет 0,1–17 % [14], 8–12 % [15].

### **Выводы**

1 Максимальная плотность сложения почвы формировалась в варианте с минимальной обработкой дискатором ( $1,26 \text{ г/см}^3$ , что превышало другие варианты на 4–15 %), но данные значения не выходили за пределы оптимальных величин ( $1,2\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$ ) для яровых культур сплошного способа посева. При данных показателях плотности почвы снижалась водопроницаемость на 34,5–43,8 %.

2 В весенне-летний период в посевах нута максимальное увлажнение метрового слоя почвы отмечалось в вариантах с глубокой безотвальной (SSD-4 на 30–32 см) и комбинированной (ПБС-8М на 23–25 см) обработками.

3 Комбинированная обработка плугом ПБС-8М на глубину 23–25 см способствовала формированию максимальной урожайности нута (1,04 т/га, что больше контроля всего на 4 %). Минимизация основной обработки почвы до 10–12 см уменьшала урожайность на 18 %, безотвальное глубокое рыхление (30–32 см) на 9 % по сравнению с отвальной обработкой на 23–25 см.

4 Урожайность нута в условиях Саратовского Заволжья зависела

на 36,4 % от влажности почвы в фазе ветвления нута, на 34,5 % от количества осадков в мае – августе, на 11,3 % от плотности пахотного слоя, на 4,2 % от влажности почвы перед посевом и на 1,6 % от глубины основной обработки.

### Список использованных источников

1 Агафонов, Е. В. Удобрение нута / Е. В. Агафонов, Е. И. Пугач, К. И. Пимонов. – пос. Персиановский, 2009. – 145 с.

2 Бородычев, В. В. Закономерности послойного распределения запасов общей и продуктивной влаги при разных способах обработки почвы под нут / В. В. Бородычев, А. С. Семенов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 3(47). – С. 21–29.

3 Бородычев, В. В. Агрохимическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании нута в Ростовской области / В. В. Бородычев, К. И. Пимонов, Е. Н. Михайличенко // Плодородие. – 2018. – № 1. – С. 34–37.

4 Пимонов, К. И. Вайда красильная и нут – предшественники озимой пшеницы на черноземе обыкновенном / К. И. Пимонов, А. В. Козлов // Земледелие. – 2012. – № 1. – С. 31.

5 Minimizing tillage to preserve the agro-chemical and water-physical properties of southern black soil after vegetative reclamation / A. P. Solodovnikov, K. E. Denisov, A. N. Danilov, V. V. Korsak, K. I. Pimonov // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 9, № 12. – P. 1166–1172.

6 Phytomelioration as a factor of increasing fertility, productivity of crop rotation and improving soil moisture dynamics of southern black soil / A. P. Solodovnikov, D. A. Upolovnikov, F. P. Chetverikov, B. Z. Shagiev, K. I. Pimonov // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Vol. 8, № 4. – P. 958–962.

7 Ahlawat, I. P. S. Production potential of chickpea (*Cicer arietinum*) – based intercropping systems under irrigated conditions / I. P. S. Ahlawat, B. Gangaian, O. Singh // Indian Journal of Agronomy. – 2005. – Vol. 50. – P. 27–30.

8 Investigating drought tolerance in chickpea using genome-wide association mapping and genomic selection based on whole-genome resequencing data / Y. Li, P. Ruperao, J. Batley, D. Edwards, T. Khan, T. D. Colmer, J. Pang, K. H. M. Siddique, T. Sutton // Frontiers in Plant Science. – 2018. – Vol. 9. – DOI: 10.3389/fpls.2018.00190.

9 Miller, P. R. Cropping sequence effects of four broadleaf crops on four cereal crops in the Northern Great Plains / P. R. Miller, J. A. Holmes // Agronomy Journal. – 2005. – Vol. 97. – P. 189–200. – DOI: 10.2134/agronj2005.0189.

10 Шеин, Е. П. Агротехника / Е. П. Шеин, В. М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 397 с.

11 Агротехническая оценка состояния плодородия черноземных почв и эффективность применения удобрений в Среднем Поволжье / И. Н. Чумаченко [и др.]. – Самара: СамВен, 2002. – 197 с.

12 Кирюшин, В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В. И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2011. – 443 с.

13 Шевцова, Л. П. Зерновые бобовые культуры. Учебно-практическое руководство по выращиванию зернобобовых культур / Л. П. Шевцова, Н. А. Шьюрова, А. И. Марухненко; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – 2012. – 240 с.

14 Манжосов, В. П. Долевое влияние обработки почвы и удобрений на урожайность полевых культур / В. П. Манжосов, М. И. Певнев, В. Н. Маймусов // Земледелие. – 1994. – № 1. – С. 17–21.

15 Беленков, А. И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: учебник / А. И. Беленков, М. А. Мазиров, А. В. Зеленев. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 213 с.

## References

1 Agafonov E.V., Pugach E.I., Pimonov K.I., 2009. *Udobrenie nuta* [Chickpea Fertilizer]. Persianovsky, 145 p. (In Russian).

2 Borodychev V.V., Semenenko A.S., 2017. *Zakonomernosti posloynogo raspredeleniya zapasov obshchey i produktivnoy vlagi pri raznykh sposobakh obrabotki pochvy pod nut* [Regularities of level-by-level distribution of stocks of the general and productive moisture at different ways of soil cultivation under the chickpea]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of the Lower Volga Agricultural University: Science and Higher Professional Education], no. 3(47), pp. 21-29. (In Russian).

3 Borodychev V.V., Pimonov K.I., Mikhaylichenko E.N., 2018. *Agrokhimicheskaya otsenka primeneniya mineral'nykh udobreniy i biopreparatov pri vozdeleyvanii nuta v Rostovskoy oblasti* [Agrochemical evaluation of mineral fertilizers and biological products in the cultivation of chickpeas in Rostov region]. *Plodorodie* [Soil Fertility], no. 1, pp. 34-37. (In Russian).

4 Pimonov K.I., Kozlov A.V., 2012. *Vayda krasil'naya i nut – predshestvenniki ozimoy pshenitsy na chernozeme obyknovennom* [Dyer's-wood (Isatis tinctoria) and chickpeas – precursors of winter wheat on ordinary chernozems]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, p. 31. (In Russian).

5 Solodovnikov A.P., Denisov K.E., Danilov A.N., Korsak V.V., Pimonov K.I., 2018. Minimizing tillage to preserve the agro-chemical and water-physical properties of southern black soil after vegetative reclamation. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 9, no. 12, pp. 1166-1172.

6 Solodovnikov A.P., Upolovnikov D.A., Chetverikov F.P., Shagiev B.Z., Pimonov K.I., 2019. Phytomelioration as a factor of increasing fertility, productivity of crop rotation and improving soil moisture dynamics of southern black soil. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 8, no. 4, pp. 958-962.

7 Ahlawat I.P.S., Gangaian B., Singh O., 2005. Production potential of chickpea (*Cicer arietinum*) – based intercropping systems under irrigated conditions. *Indian Journal of Agronomy*, vol. 50, pp. 27-30.

8 Li Y., Ruperao P., Batley J., Edwards D., Khan T., Colmer T.D., Pang J., Siddique K.H.M., Sutton T., 2018. Investigating drought tolerance in chickpea using genome-wide association mapping and genomic selection based on whole-genome resequencing data. *Frontiers in Plant Science*, vol. 9, DOI: 10.3389/fpls.2018.00190.

9 Miller P.R., Holmes J.A., 2005. Cropping sequence effects of four broadleaf crops on four cereal crops in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, vol. 97, pp. 189-200, DOI: 10.2134/agronj2005.0189.

10 Shein E.P., Goncharov V.M., 2006. *Agrofizika* [Agrophysics]. Rostov-on-Don, Phoenix Publ., 397 p. (In Russian).

11 Chumachenko I.N. [et al.], 2002. *Agrokhimicheskaya otsenka sostoyaniya plodorodiya chernozemnykh pochv i effektivnost' primeneniya udobreniy v Srednem Povolzh'e* [Agrochemical Assessment of Chernozem Soil Fertility State and the Effectiveness of Fertilizer Application in the Middle Volga Region]. Samara, SamVen Publ., 197 p. (In Russian).

12 Kiryushin V.I., 2011. *Teoriya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya i proektirovaniye agrolandshaftov* [Theory of Adaptive Landscape Agriculture and Design of Agrolandscapes]. Moscow, KolosS Publ., 443 p. (In Russian).

13 Shevtsova L.P., Sh'yurova N.A., Marukhnenko A.I., 2012. *Zernovye bobovye kul'tury. Uchebno-prakticheskoe rukovodstvo po vyrashchivaniyu zernobobovykh kul'tur*

[Grain Legumes. The practical handbook on the breeding of legumes]. FSBEI HPE “Saratov State Agrarian University”, 240 p. (In Russian).

14 Manzhosov V.P., Pevnev M.I., Maimusov V.N., 1994. *Dolevoe vliyanie obrabotki pochvy i udobreniy na urozhaynost' polevykh kul'tur* [Equity impact of tillage and fertilization on yield of field crops]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, pp. 17-21. (In Russian).

15 Belenkov A.I., Mazirov M.A., Zelenev A.V., 2018. *Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya: uchebnyk* [The Adaptive-Landscape Systems of Agriculture: a textbook]. Moscow, INFRA-M Publ., 213 p. (In Russian).

---

**Солодовников Анатолий Петрович**

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Адрес организации: Театральная пл., 1, г. Саратов, Российская Федерация, 410012

E-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

**Solodovnikov Anatoliy Petrovich**

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov

Affiliation address: Theatralnaya sq., 1, Saratov, Russian Federation, 410012

E-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

**Пимонов Константин Игоревич**

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Адрес организации: ул. Кривошлыкова, 24, пос. Персиановский, Октябрьский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346493

E-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

**Pimonov Konstantin Igorevich**

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Associate Professor

Position: Professor

Affiliation: Don State Agrarian University

Affiliation address: Krivoshlykov st., 24, Persianovsky settl., Oktyabrskiy district, Rostov region, Russian Federation, 346493

E-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

**Гудова Людмила Александровна**

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»

Адрес организации: 1-й Институтский проезд, 4, г. Саратов, Российская Федерация, 410050

E-mail: rossorgo@yandex.ru

**Gudova Lyudmila Aleksandrovna**

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Research, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn

Affiliation address: 1st Institutsky passage, 4, Saratov, Russian Federation, 410050

E-mail: rossorgo@yandex.ru