

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРОХА

С. И. Камбулов^{1,2}, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник
отдела механизации растениеводства, ORCID ID: 0000-0001-8712-1478;

Ю. А. Семенихина¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
отдела механизации растениеводства, ORCID ID: 0000-0003-1088-2425;

Е. Б. Дёмина¹, ведущий инженер отдела механизации растениеводства,
ORCID ID: 0000-0002-3810-2825

¹Структурное подразделение «СКНИИМЭСХ» ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. им. Ленина, 14;

²ФГБУ ВПО «Донской государственный технический университет»,
344003 г. Ростов-на-Дону, площадь им. Гагарина, д. 1

В статье представлены результаты трехлетних исследований (2019–2021 гг.), целью которых было изучение и оценка влияния различных приемов обработки почвы на продуктивность гороха. Опыты проводили на полях структурного подразделения «СКНИИМЭСХ» ФГБНУ «АНЦ «Донской». Изучали четыре приема обработки почвы: плоскорезный; послойный; отвальный; вариант без обработки почвы. Погодные условия за период исследований были контрастными и повлияли на вегетационный период растений. При оценке влияния приемов обработки почвы учитывали следующие показатели продуктивности гороха: число продуктивных растений, число продуктивных узлов, число продуктивных бобов, количество семян в бобе, количество семян с растения, масса семян с растения, масса 1000 семян и урожайность. В результате трехлетнего изучения и оценки влияния различных приемов обработки почвы на урожайность гороха и его продуктивность было установлено, что сокращение вегетационного периода негативно влияет на продуктивность гороха по всем приемам, при этом наиболее остро на это реагируют растения на варианте с отвальным приемом обработки почвы. Наиболее благоприятное влияние на урожайность гороха оказывают варианты без обработки почвы и плоскорезного приема за счет максимального формирования у растений числа узлов, бобов и семян, а также набора массы семян. Оценка средней урожайности гороха за 2019–2021 гг. выявила преимущество плоскорезного приема (3,15 т/га). Относительно него установлено снижение урожайности на 2,2% на варианте без обработки почвы, на 13,97% – на варианте с послойным приемом обработки почвы и на 28,25% – на варианте с отвальным приемом.

Ключевые слова: прием, обработка почвы, горох, продуктивность, урожайность.

Для цитирования: Камбулов С. И., Семенихина Ю. А., Дёмина Е. Б. Влияние основных приемов обработки почвы на продуктивность гороха // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 82–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88.



THE EFFECT OF MAIN TILLAGE METHODS ON PEA PRODUCTIVITY

S. I. Kambulov^{1,2}, Doctor of Technical Sciences, associate professor, main researcher
of the department of plant production mechanization, ORCID: 0000-0001-8712-1478

Yu. A. Semikhina¹, Candidate of Technical Sciences, senior researcher
of the department of plant production mechanization, ORCID: 0000-0003-1088-2425;

E. B. Demina¹, leading engineer of the department of plant production mechanization,
ORCID: 0000-0002-3810-2825.

¹Structural subdivision of “NCRIMEA” of the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 14

²Donskoy state technical university,
344003, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 1

The current paper has presented the results of a three-year study (2019–2021), the purpose of which was to study and evaluate the impact of various tillage methods on pea productivity. The trials were carried out on the fields of the structural subdivision of “NCRIMEA” of the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy”. There have been studied four tillage methods such as subsurface; layer-by-layer; moldboard; ‘no-tillage’ variant. Weather conditions during the study period were contrasting and affected plant vegetation period. When estimating the effect of tillage methods, there were taken into account such indicators of pea productivity as number of productive plants, number of productive nodes, number of productive beans, number of seeds per bean, number of seeds per plant, weight of seeds per plant, 1000-seed weight, and productivity. The three-year study and estimation of the effect of various tillage methods on pea yields and its productivity, there was found that the growing season decrease negatively affected pea productivity under all tillage methods, along with this the plants reacted more sharply to this under the moldboard tillage. The most favorable effect on pea productivity was provided by variants ‘no-tillage’ and subsurface tillage due to the maximum formation of number of nodes, beans and seeds in plants, as well as seed weight increase. The estimated mean pea productivity in 2019–2021 showed the advantage of a subsurface tillage (3.15 t/ha). Relative to it, there was established productivity decrease on 2.2% in the variant ‘no-tillage’, on 13.97% in the variant with a layer-by-layer tillage, and on 28.25% in the variant with moldboard tillage.

Keywords: method, tillage, peas, productivity, yield.

Введение. Возделывание гороха в условиях засушливого климата с недостаточным увлажнением (Пономарева и Селехов, 2017; Букин и др., 2020; Torabian et al., 2019) требует грамотного подхода и базируется на рациональном сочетании агротехнических приемов, среди которых особое место отводится основной обработке почвы. Задача почвообработки заключается в формировании рыхлой структуры почвы. Почвенные агрегаты взаимосвязанные послойно формируют почвенный скелет с хаотичным распределением в меагрегатном пространстве макро- и микропор (Chandrasekhar et al., 2019; Tagar et al., 2020). В таких пространствах протекает процесс термодиффузии, взаимоувязанный с атмосферными явлениями, способствующий длительному сохранению почвенной влаги и благоприятно сказывающийся на развитии растений в течение вегетационного периода (Mokrikov et al., 2019; Шеин и Мади, 2018; Волков и др., 2017). Для формирования благоприятной структуры почвы применяют различные приемы ее обработки: отвальные, послойные, плоскорезные или вовсе без основной обработки почвы, а сразу применяя прямой посев (Zikeli et al., 2017; Кашаев, 2016). Выбор приема зависит от климатических и почвенных условий, севооборота сельскохозяйственных культур, гранулометрического состава почвы, эрозийных и прочих факторов, а также учитывается техническая оснащенность растениеводческого производства (Гаевая и Васильченко, 2016).

Если прибегнуть к моделированию всех этапов производственных процессов при возделывании сельскохозяйственных культур, то станет возможным оценить эффективность применяемой технологии в комплексе всех механико-технологических операций (Mudarisov et al., 2019). Поэтому нами изучаются традиционная и нулевая технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе многолетних стационарных исследований. В данной работе приведен частный случай детального исследования почвообрабатывающих операций, отличающихся по своему приему на основе эксплуатируемого агрегата.

Цель исследований – изучение и оценка влияния различных приемов обработки почвы на продуктивность гороха.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили при возделывании гороха сорта Готик в 2019–2021 гг. на опытном поле структурного подразделения «СКНИИМЭСХ» ФГБНУ «АНЦ «Донской». Повторность опыта четырехкратная. Размер опытной делянки: длина – 90 м, ширина – 20 м. Варианты применяемых обработок почвы представлены ниже.

1. Плоскорезный прием почвообрабатывающим агрегатом УНС-3 на глубину 22–25 см (контроль).

2. Послойный прием почвообрабатывающим комбинированным агрегатом КАО-2 на глубину 22–25 см.

3. Отвальный прием серийным плугом ПН5-35 на глубину 22–25 см.

4. Вариант без обработки почвы с прямым посевом (принцип нулевой технологии возделывания).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы: гумуса – 3,3% (ГОСТ 26213-91), P_2O_5 – 19,0–24,5 мг/кг и K_2O – 327–337 мг/кг (ГОСТ 26204-91), pH – 7,1 (ГОСТ 58594-2019).

Погодные условия 2019, 2020 и 2021 гг. были контрастными, что отразилось на сроках посева гороха и развитии растений в целом.

Посев гороха в 2019 г. осуществлялся 8 апреля. Вегетационный период длился до 27 июня и составил 81 день. Согласно метеорологическим наблюдениям в апреле был зафиксирован недобор осадков °C (при норме 10,7 °C). В мае осадков выпало в 3 раза больше среднегодовых значений – 156,8 мм (при норме 51,3 мм), и среднесуточная температура воздуха была 15,9 °C (при норме 16,5 °C). Количество осадков в июне составило 88,6 мм (при норме 71,3 мм), среднесуточная температура была завышенной – 22,3 °C (при норме 20,5 °C).

В 2020 г. посев проводили 16 марта. Длительность вегетационного периода составила 102 дня (урожай гороха убирали 25 июня). Метеорологические условия за этот период были благоприятными для развития растений с незначительным различием от нормы. Так, посев гороха осуществляли во влажную почву, поскольку влагозарядка после февральских осадков была достаточной, несмотря на то, что в марте осадки отсутствовали и температура воздуха была 8 °C, что выше нормы (2 °C). В апреле осадки были недостаточными – 23,7 мм при норме 42,7 мм, однако температурный режим воздуха компенсировал это сниженной температурой – 8,8 °C – относительно нормы (10,7 °C). Обильные осадки мая 81,1 мм превышали месячную норму на 29,8 мм, а температурный режим был ниже нормы на 1 °C. В июне наблюдался недобор осадков – 36,4 мм при норме 71,3 мм. При этом средняя температура воздуха была повышенной и составила 23,4 °C при норме 20,5 °C.

В 2021 г. посев гороха происходил в крайне поздние сроки – 7 мая по причине затяжных весенних осадков. Вегетационный период был коротким и составил 74 дня (урожай гороха убирали 13 июля). Метеорологические условия вегетационного периода значительно отличались от среднегодовой нормы. Так, в мае и июне осадки были обильными и превышали норму на 11,1 и 30,3 мм соответственно. В июле же отмечался недобор осадков, который составил 23,1 мм при норме 57,7 мм. При этом температурный режим был постоянно завышенным. В мае температура воздуха была на уровне 18,1 °C (норма 16,5 °C). В июне – на уровне 21,5 °C (норма 20,5 °C). В июле температура воздуха составила 26,7 °C при норме 23,1 °C.

Полевые и лабораторные исследования выполняли по общепринятой методике (Методика государственного сортоиспытания, 2019). Статистическую обработку и дисперсионный анализ данных полученных результатов проводили с использованием программ Excel и Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение. Для выявления эффективного приема обработки почвы на продуктивность гороха был проведен структурный анализ снопов гороха. Учитывали следующие показатели: число продуктивных растений, число продуктивных узлов, число

продуктивных бобов, количество семян в бобе, количество семян с растения, масса семян с растения, масса 1000 семян и урожайность.

В результате анализа показателей структуры урожая гороха за 2019 г., представленной в таблице 1, было установлено, что наибольшую продуктивность растения гороха сформировали при приеме плоскорезной обработки почвы за счет числа продуктивных растений – 109,3 шт./м², числа узлов – 3,4 шт., числа бобов – 5,1 шт., массы семян с растения – 4,5 г и высокой массы 1000 семян, которая составила 223,8 г.

Таблица 1. Влияние приемов обработки почвы на показатели элементов структуры урожая гороха за 2019 год
Table 1. The effect of tillage methods on the indicators of yield structure elements of peas in 2019

Показатели структуры урожая	Прием обработки почвы			
	Плоскорезный (контроль)	Послойный	Отвальный	Без обработки
Число продуктивных растений, шт./м ²	<u>109.3±3.5*</u> 6,4	<u>109.0±2.5</u> 4,6	<u>105.3±5.5</u> 10,6	<u>105.5±4.8</u> 9,1
Высота растений, см	<u>58.4±0.5</u> 18,5	<u>55.6±0.6</u> 14,4	<u>52.2±0.7</u> 18,1	<u>62.5±0.9</u> 22,1
Число продуктивных узлов, шт.	<u>3.4±0.1</u> 18,2	<u>2.9±0.1</u> 14,1	<u>2.5±0.1</u> 11,4	<u>3.4±0.1</u> 14,1
Число продуктивных бобов, шт.	<u>5.1±0.3</u> 11,1	<u>4.2±0.1</u> 3,3	<u>3.3±0.2</u> 11,2	<u>5.2±0.2</u> 9,0
Число семян в бобе, шт.	<u>4.2±0.4</u> 18,8	<u>4.4±0.3</u> 14,3	<u>3.5±0.3</u> 15,9	<u>4.4±0.2</u> 11,1
Число семян с растения, шт.	<u>21.6±0.2</u> 14,3	<u>18.5±0.1</u> 12,8	<u>11.6±0.2</u> 14,2	<u>23.0±0.3</u> 16,5
Масса семян с растения, г	<u>4.5±0.2</u> 10,3	<u>2.8±0.2</u> 15,6	<u>1.3±0.04</u> 6,5	<u>3.5±0.07</u> 4,3
Масса 1000 семян, г	<u>223.8±1.8</u> 1,6	<u>159.6±5.4</u> 6,8	<u>151.5±2.8</u> 3,6	<u>179.7±2.3</u> 2,6

* В числителе доверительный интервал показателя (среднее арифметическое ± ошибка выборки) / в знаменателе коэффициент вариации показателя.

Средняя продуктивность гороха выявлена на варианте без обработки почвы. На данном варианте сформировавшиеся число продуктивных узлов (3,4 шт.), бобов (5,2 шт.) и семян в бобе (4,4 шт.) были идентичны показателям структуры урожая при плоскорезной обработке почвы, однако масса семян с растения (3,5 г) и масса 1000 семян (179,7 г) были сниженными, что негативно повлияло на общую продуктивность гороха. Низкая продуктивность растений гороха отмечена при приеме послойной обработки почвы, при среднем числе продуктивных бобов (4,2 шт.) и числе семян в бобе (4,4 шт.) было установлено низкое число узлов – 2,9 шт., низкая масса семян с растения – 2,8 г и низкая масса 1000 семян – 159,6 г. При отвальном приеме обработки почвы выявлена самая низкая продуктивность гороха, которая произошла за счет снижения всех показателей структуры урожая. При этом самым низким были показатели массы семян с растения (1,3 г) и массы 1000 семян (151,5 г). Таким образом, в результате анализа влияния различных приемов обработки почвы на структуру урожая гороха

в 2019 г. была установлена высокая продуктивность растений на варианте плоскорезной обработки почвы.

Анализ показателей структуры урожая гороха, полученный в 2020 г. (табл. 2), показал, что низкую продуктивность горох сформировал при плоскорезном приеме обработки почвы за счет низкого количества семян с растения – 16,7 шт., несмотря на высокое число продуктивных бобов – 5,2 шт. Также была сформирована самая низкая масса 1000 семян – 215,3 г при достаточно хорошем значении массы семян с растения – 3,8 г.

Средняя продуктивность растения гороха отмечена при послойном и отвальном способах обработки почвы. Особенно это прослеживалось по количеству семян с растения – 17,4 и 17,3 шт. соответственно, а также по массе семян с растения – 3,4 и 3,6 г соответственно. Высокая продуктивность гороха выявлена на варианте без обработки почвы, где отмечена высокая масса 1000 семян – 229,7 г, количество семян с растения – 18,6 шт., число продуктивных бобов – 5,3 шт. и масса семян с одного

растения – 4,1 г. Также растения гороха выделялись и по своей высоте. Таким образом, в результате анализа влияния различных приемов обработки почвы на структуру урожая гороха в 2020 г. была установлена высокая продук-

тивность растений на варианте без обработки почвы.

Показатели структуры урожая гороха по результатам 2021 г. представлены в таблице 3.

Таблица 2. Влияние приемов обработки почвы на показатели элементов структуры урожая гороха за 2020 год
Table 2. The effect of tillage methods on the indicators of yield structure elements of peas in 2020

Показатели структуры урожая	Прием обработки почвы			
	Плоскорезный (контроль)	Послойный	Отвальный	Без обработки
Число продуктивных растений, шт./м ²	<u>114.5±4.4</u> 21,1	<u>128.2±3.6</u> 17,5	<u>144.2±4.3</u> 13,2	<u>122.4±2.2</u> 18,7
Высота растений, см	<u>51.7±0.9</u> 17,2	<u>58.8±0.7</u> 13,6	<u>60.5±0.9</u> 15,4	<u>74.6±1.1</u> 19,5
Число продуктивных узлов, шт.	<u>3.3±0.1</u> 14,4	<u>3.9±0.1</u> 8,3	<u>3.6±0.1</u> 6,6	<u>4.1±0.3</u> 6,8
Число продуктивных бобов, шт.	<u>5.2±0.4</u> 13,6	<u>4.8±0.3</u> 6,9	<u>5.1±0.2</u> 5,2	<u>5.3±0.3</u> 7,8
Число семян в бобе, шт.	<u>3.2±0.5</u> 20,2	<u>3.6±0.2</u> 11,1	<u>3.4±0.1</u> 6,3	<u>3.5±0.1</u> 4,9
Число семян с растения, шт.	<u>16.7±0.2</u> 18,2	<u>17.4±0.2</u> 16,3	<u>17.3±0.3</u> 23,5	<u>18.6±0.7</u> 14,4
Масса семян с растения, г	<u>3.8±0.5</u> 19,6	<u>3.4±0.5</u> 15,1	<u>3.6±0.3</u> 12,2	<u>4.1±0.3</u> 16,3
Масса 1000 семян, г	<u>215.3±2.1</u> 1,9	<u>221.7±6.4</u> 5,4	<u>224.3±5.9</u> 5,3	<u>229.7±2.7</u> 5,7

Таблица 3. Влияние приемов обработки почвы на показатели элементов структуры урожая гороха за 2021 год
Table 3. The effect of tillage methods on the indicators of yield structure elements of peas in 2021

Показатели структуры урожая	Прием обработки почвы			
	Плоскорезный (контроль)	Послойный	Отвальный	Без обработки
Число продуктивных растений, шт./м ²	<u>60.5±0.4</u> 12,6	<u>64.8±0.7</u> 19,5	<u>72.5±0.6</u> 17,3	<u>74.5±0.4</u> 18,6
Высота растений, см	<u>46.3±0.7</u> 14,2	<u>42.6±0.6</u> 17,2	<u>44.7±0.8</u> 13,6	<u>48.2±0.9</u> 19,5
Число продуктивных узлов, шт.	<u>2.9±0.6</u> 18,1	<u>2.2±0.1</u> 14,2	<u>2.2±0.01</u> 2,7	<u>2.4±0.04</u> 6,8
Число продуктивных бобов, шт.	<u>4.8±0.4</u> 18,1	<u>3.7±0.3</u> 14,8	<u>3.4±0.1</u> 7,9	<u>4.3±0.2</u> 7,8
Число семян в бобе, шт.	<u>4.8±0.27</u> 11,5	<u>3.5±0.29</u> 16,5	<u>3.7±0.22</u> 11,8	<u>4.0±0.10</u> 4,9
Число семян с растения, шт.	<u>22.9±0.2</u> 12,4	<u>12.9±0.4</u> 19,3	<u>12.5±0.5</u> 19,8	<u>17.2±0.9</u> 14,4
Масса семян с растения, г	<u>4.2±0.5</u> 24,5	<u>2.2±0.06</u> 5,5	<u>2.1±0.1</u> 12,3	<u>2.8±0.2</u> 16,3
Масса 1000 семян, г	<u>176.0±10.0</u> 11,3	<u>160.0±2.1</u> 2,7	<u>163.8±8.3</u> 10,1	<u>167.0±4.8</u> 5,7

Из анализа ее результатов установлено, что высокая продуктивность гороха сформировалась при плоскорезном приеме за счет наибольшего числа продуктивных узлов и бобов на растении – 2,9 и 4,8 шт. соответственно, наибольшего числа семян в бобе и их массы с одного растения – 4,8 шт. и 4,2 г соответственно. Здесь же сформировались самые крупные семена, поскольку масса 1000 семян была самой высокой – 176,0 г. Наименьшая продуктивность гороха установлена при послойном приеме обработки почвы, что объяс-

няется совокупным снижением комплексных показателей: недостаточной густотой продуктивных растений – 64,8 шт./м², низким числом продуктивных узлов – 2,2 шт., низким числом продуктивных бобов и семян с растения – соответственно 3,7 и 3,5 шт. Самая низкая масса 1000 семян – 160,0 г – выявила, что растения при этом способе обработки почвы сформировали самое мелкое зерно. Также снижение продуктивности гороха при отвальном приеме обработки почвы произошло по совокупности самых низких показателей элементов структу-

ры урожая: числа продуктивных узлов – 2,2 шт., числа продуктивных бобов – 3,4 шт., числа семян в бобе – 3,7 шт., массы семян с одного растения – 2,1 г. Однако эти показатели были компенсированы достаточно высокой густотой продуктивных растений – 72,5 шт./м² и средней крупностью семян, поскольку масса 1000 семян была 163,8 г. Незначительное снижение продуктивности гороха было выявлено на варианте без обработки почвы (No till). При этом выделившаяся густота продуктивных растений (74,5 шт./м²) не смогла компенсировать недостаточное развитие остальных показателей структуры урожая: числа продуктивных узлов и бобов на растении – 2,4 и 4,3 шт. соответственно, числа семян в бобе и их массы с од-

ного растения – 4,0 шт. и 2,8 г соответственно. Здесь же сформировалось зерно среднего размера, поскольку масса 1000 семян была 167,0 г.

Таким образом, в результате анализа влияния различных приемов обработки почвы на структуру урожая гороха в 2021 г. было установлено снижение продуктивности растений по всем способам обработки вследствие негативного влияния позднего срока посева и сократившегося вегетационного периода растений.

Основопологающим критерием эффективности приемов обработки почвы является урожайность за три года исследований, которая представлена в таблице 4.

Таблица 4. Влияние основного приема обработки почвы на урожайность гороха
Table 4. The effect of main tillage methods on pea productivity

Прием обработки почвы	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя	т/га	%
Плоскорезный (контроль)	4,17	2,88	2,40	3,15	–	–
Послойный	2,85	3,76	1,51	2,71	-0,44	13,97
Отвальный	1,57	3,62	1,59	2,26	-0,89	28,25
Без обработки	3,02	4,05	2,16	3,08	-0,07	2,22
НСР ₀₅	0,08	0,02	0,10	0,07	–	–

В результате анализа данных таблицы 4 было установлено, что в 2019 г. наибольшую урожайность гороха обеспечил вариант с плоскорезным приемом обработки почвы (4,17 т/га). Второе место по урожайности закрепилось за вариантом без обработки почвы (3,02 т/га). Следующая позиция по урожайности (2,85 т/га) была выявлена при послойном приеме обработки почвы. Наименьшую урожайность (1,57 т/га) гороха получили при отвальном приеме обработки почвы. В сложившихся погодно-климатических условиях 2020 г. наибольшую продуктивность и урожайность гороха обеспечил вариант без обработки почвы (4,05 т/га), а наименьшую урожайность – вариант с плоскорезным приемом обработки почвы (2,88 т/га). При этом варианты с отвальным и послойным рыхлением занимали промежуточное положение с почти равными значениями (3,62 и 3,76 т/га соответственно). В 2021 г. конкуренция за урожайность, как и в 2019 г., была выявлена у вариантов с плоскорезным приемом обработки почвы (2,40 т/га) и без обработки почвы (2,16 т/га). На вариантах послойного и отвального приемов установлена низкая урожайность – 1,51 и 1,59 т/га соответственно. Оценка значимости обнаруженных различий урожайности гороха была проведена по наименьшей

существенной разнице с уровнем значимости $\alpha = 0,05$.

При детальном анализе полученных результатов был сформулирован второстепенный вывод о негативном влиянии сокращения вегетационного периода гороха на его продуктивность. Корреляционный анализ между длительностью вегетационного периода и урожайностью гороха выявил тесную взаимосвязь у вариантов без обработки почвы и отвального приема – $r = 0,96$ и $r = 0,97$ соответственно, у послойного приема – $r = 0,92$. При этом у плоскорезного приема обработки почвы данная взаимосвязь была низкой – $r = 0,31$.

Выводы. Оценка средней урожайности гороха за 2019–2021 гг. выявила преимущество плоскорезного приема (3,15 т/га). Относительно него снижение урожайности на 2,2% установлено на варианте без обработки почвы, на 13,97% – на варианте с послойным приемом обработки почвы и на 28,25% – на варианте с отвальным приемом. Наиболее благоприятное влияние на урожайность гороха выявлено для вариантов без обработки почвы (3,08 т/га) и плоскорезного приема (3,15 т/га) за счет максимального формирования у растений числа узлов, бобов и семян, а также набора массы семян.

Библиографические ссылки

1. Букин О. В., Бочкарев Д. В., Никольский А. Н., Смолин Н. В. Влияние приемов основной обработки почвы на динамику запасов влаги и урожайность гороха посевного в условиях лесостепи европейской части России. // Аграрная наука. 2020. № 339(6). С. 58–61. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-58-61>.
2. Волков А. И., Кириллов Н. А., Григорьева И. В., Соколова Е. А. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур на продуктивность полевого севооборота // Земледелие. 2017. № 5. С. 32–35.

3. Гаевая Э. А., Васильченко А. П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. № 2. С. 32–34.
4. Кацаев Е. А. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края // *Таврический вестник аграрной науки*. 2016. № 4(8). С. 72–81.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. М.: ООО «Группа компаний Море», 2019. 384 с.
6. Пономарева С. В., Селехов В. В. Влияние погодных условий на урожай и качество сортов гороха // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 1(56). С. 20–27.
7. Шейн Е. В., Мади А. И. Гистерезис основной гидрофизической характеристики: моделирование ветви увлажнения по кривой иссушения // *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. 2018. № 3. С. 36–41.
8. Chandrasekhar P., Kreiselmeier J., Schwen A., Weninger T., Julich S., Feger K.-H., Schwärzel K. Modeling the evolution of soil structural pore space in agricultural soils following tillage // *Geoderma*. 2019. Vol. 353. P. 401–414. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.017>
9. Mokrikov G., Minnikova, T., Kazeev, K., Kolesnikov, S. Influence of precipitation and moisture reserves on the yield of crops under different tillage // *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17(6). P. 2350–2358. <https://doi.org/10.15159/ar.19.202>
10. Mudarisov S. G., Gabitov I. I., Lobachevsky Y. P., Mazitov N. K., Rakhimov R. S., Khamaletdinov R. R., Rakhimov I. R., Farkhutdinov I. M., Mukhametdinov A. M., Gareev R. T. Modeling the technological process of tillage // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 190. P. 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.004>
11. Tagar A. A., Adamowski J., Memon M. S., Cuong D. M., Mashori A. S., Soomro A. S., Bhayo W. A. Soil fragmentation and aggregate stability as affected by conventional tillage implements and relations with fractal dimensions // *Soil and Tillage Research*. 2020. Vol. 197. 104494. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104494>
12. Torabian S., Farhangi-Abri S., Denton M. D. Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 185. P. 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.006>
13. Zikeli S., Gruber S. Reduced Tillage and No-Till in Organic Farming Systems, Germany-Status Quo, Potentials and Challenges // *Agriculture*. 2017. 7(4). 35. <https://doi.org/10.3390/agriculture7040035>

References

1. Bukin O. V., Bochkarev D. V., Nikol'skii A. N., Smolin N. V. Vliyanie priemov osnovnoi obrabotki pochvy na dinamiku zapasov vlagi i urozhainost' gorokha posevnogo v usloviyakh lesostepi evropeiskoi chasti Rossii [The effect of basic tillage methods on the dynamics of moisture reserves and peas productivity in the conditions of the forest-steppe of the European part of Russia] // *Agrarnaya nauka*. 2020. № 339(6). S. 58–61. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-58-61>.
2. Volkov A. I., Kirillov N. A., Grigor'eva I. V., Sokolova E. A. Vliyanie resursosberegayushchikh tekhnologii vozdel'yvaniya zernovykh kul'tur na produktivnost' polevogo sevooborota [The effect of resource-saving cultivation technologies of grain crops on productivity of a field crop rotation] // *Zemledelie*. 2017. № 5. S. 32–35.
3. Gaevaya E. A., Vasil'chenko A. P. Urozhainost' gorokha v zavisimosti ot pogodnykh uslovii Rostovskoi oblasti [Pea productivity depending on the weather conditions of the Rostov region] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016. № 2. S. 32–34.
4. Kashchaev E. A. Effektivnost' tekhnologii vozdel'yvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v sevooborote na chernozeme obyknovennom zony neustoichivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraia [The efficiency of crop cultivation technologies in crop rotation on ordinary blackearth (chernozem) in the region of unstable moisture in the Stavropol Territory] // *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2016. № 4(8). S. 72–81.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops]. Vyp. 1. M.: ООО "Группа компаний Море", 2019. 384 с.
6. Ponomareva S. V., Selekho V. V. Vliyanie pogodnykh uslovii na urozhai i kache-stvo sortov gorokha [The effect of weather conditions on productivity and quality of pea varieties] // *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka*. 2017. № 1(56). S. 20–27.
7. Shein E. V., Madi A. I. Gisterezis osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki: modelirovanie vetvi uvlazhneniya po krivoi issusheniya [Hysteresis of the main hydrophysical characteristic: modeling of a moistening branch along a drying curve] // *Vestnik Moskovskogo univer-siteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. 2018. № 3. S. 36–41.
8. Chandrasekhar P., Kreiselmeier J., Schwen A., Weninger T., Julich S., Feger K.-H., Schwärzel K. Modeling the evolution of soil structural pore space in agricultural soils following tillage // *Geoderma*. 2019. Vol. 353. P. 401–414. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.017>
9. Mokrikov G., Minnikova, T., Kazeev, K., Kolesnikov, S. Influence of precipitation and moisture reserves on the yield of crops under different tillage // *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17(6). P. 2350–2358. <https://doi.org/10.15159/ar.19.202>
10. Mudarisov S. G., Gabitov I. I., Lobachevsky Y. P., Mazitov N. K., Rakhimov R. S., Khamaletdinov R. R., Rakhimov I. R., Farkhutdinov I. M., Mukhametdinov A. M., Gareev R. T. Modeling the technological process of tillage // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 190. P. 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.004>
11. Tagar A. A., Adamowski J., Memon M. S., Cuong D. M., Mashori A. S., Soomro A. S., Bhayo W. A. Soil fragmentation and aggregate stability as affected by conventional tillage implements and relations

with fractal dimensions // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 197. 104494. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104494>.

12. Torabian S., Farhangi-Abriz S., Denton M.D. Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 185. P. 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.006>.

13. Zikeli S., Gruber S. Reduced Tillage and No-Till in Organic Farming Systems, Germany-Status Quo, Potentials and Challenges // Agriculture. 2017. 7(4). 35. <https://doi.org/10.3390/agriculture7040035>.

Поступила: 11.04.22; доработана после рецензирования: 19.05.22; принята к публикации: 30.05.22.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Камбулов С. И. – общее научное руководство, концептуализация исследований, критический анализ текста; Семенихина Ю. А. – анализ данных и их интерпретация, написание текста статьи, финальная доработка текста; Дёмина Е. Б. – отбор растений для анализа, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.