УДК: 633.34:628.17:631.445.4 DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СОИ НА СКЛОНАХ ЧЕРНОЗЁМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ

А.В. Мищенко, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории адаптивно-ландшафтного земледелия, агрохимии и сортовой агротехники, 85maw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0529-9959;
И.Н. Ильинская, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории адаптивно-ландшафтного земледелия, агрохимии и сортовой агротехники, izidaar@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7876-1622;
Э.А. Гаевая, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории адаптивно-ландшафтного земледелия, агрохимии и сортовой агротехники, emmaksay@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-9279-1070
ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»,
346735, Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, 1;
e-mail: dzni@mail.ru

Соя – многогранная агрокультура. Её востребованность с каждым годом значительно возрастает. При этом недостаточно выявлено влияние элементов технологии возделывания сои на её урожайность и водопотребление в условиях эрозионно-опасных земель чернозёмов обыкновенных. Цель исследований – оценить влияние способов обработки почвы, способов посева и фона минерального питания на урожайность и водопотребление сои на эродированных склонах Приазовской зоны Ростовской области. Опыт заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории при полосном размещении культур на эрозионно-опасном склоне крутизной до 3,5–4°. Размещение вариантов опыта по способам основной обработки почвы и способам посева систематическое, повторностей опыта и фона удобрений – рендомизированное. Схема полевого опыта включала варианты с отвальной и чизельной основной обработкой почвы и два способа посева: широкорядный способ с междурядьями 45 см и сплошной рядовой способ (почвозащитный) с междурядьями 15 см. Фон минерального питания: «0» фон – естественное плодородие; «I» фон – $N_{30}P_{60}$ кг/га д. в; «II» фон – $N_{50}P_{90}$ кг/га д. в. Предшественник – яровой ячмень. При проведении исследования использовали общепринятые методики, в том числе «Методику полевого опыта» Б.А. Доспехова (1979).

В процессе исследований установлены параметры и характер формирования запасов почвенной влаги, её общего расхода на водопотребление и на создание единицы продукции при различной системе обработки почвы, способах посева и уровнях минерального питания. В результате исследований установлено, что максимальная урожайность сои (2,51 т/га) и наиболее продуктивный расход влаги (88 мм/т) получены на варианте чизельной основной обработки почвы и сплошном рядовом способе посева на фоне минеральных удобрений $N_{50}P_{90}$ кг/га д. в.

Ключевые слова: *соя, эрозионно-опасный склон, урожайность, влагозапасы, водопотребление.*

Для цитирования: *Мищенко А.В., Ильинская И.Н., Гаевая Э.А. Влияние элементов технологии на урожайность и водопотребление сои на склонах чернозёмов обыкновенных // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 62–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68.*

(cc) BY

THE EFFECT OF ELEMENTS OF SOYBEAN CULTIVATION TECHNOLOGY ON ITS PRODUCTIVITY AND WATER CONSUMPTION ON THE SLOPES OF ORDINARY BLACKEARTH

A.V. Mishchenko, post-graduate, junior researcher of the laboratory for adaptive landscape farming, agrochemistry and varietal agricultural technology, 85maw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0529-9959;
I.N. Ilinskaya, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for adaptive landscape farming, agrochemistry and varietal agricultural technology, izidaar@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7876-1622;
E.A. Gaevaya, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for adaptive landscape farming, agrochemistry and varietal agricultural technology, emmaksay@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-9279-1070
Federal Rostov Agricultural Research Center,
346735, Rostov region, Aksay district, v. of Rassvet, Institutskaya Str., 1; e-mail: dzni@mail.ru

Soy is a multifaceted agricultural crop. Its demand increases significantly every year. At the same time, the effect of elements of soybean cultivation technology on its yield and water consumption in conditions of erosion-dangerous lands of ordinary blackearth (chernozem) has not been sufficiently determined. The purpose of the current study was to assess the effect of soil cultivation methods, sowing methods and the background of mineral fertilizing on productivity and water consumption of soybean on the eroded slopes of the Pre-Azov area of the Rostov region. The trial was laid in the system of contour-landscape arrangement of the territory with the strip placement of crops on an erosion-dangerous slope with a steepness of up to 3.5–4°. The settlement of trial variants according to the methods of main soil cultivation and sowing methods is systematic, the repetitions of the trial and the background of fertilizers have been randomized. The field trial scheme included options with moldboard and chisel main tillage and such two

sowing methods as a wide-row method with 45 cm row spacing, and a continuous row method (soil protection) with 15 cm row spacing. Mineral fertilizing included '0' background was a natural fertility; 'I' background was $N_{30}P_{60}$ kg/ha; 'II' background was N50P90 kg/ha. The forecrop was spring barley. The study used the generally accepted methods, developed by B.A. Dospekhov (1979), A.N. Kostyakov (1957), S.A. Vorobyov (1971) and others. In the process of the study, there have been determined the parameters and nature of the formation of soil moisture reserves, its total amount for water consumption and for the development of a unit of production depending on various tilling systems, sowing methods and levels of mineral fertilizing. As a result of the study, there was found that the maximum soybean productivity (2.51 t/ha) and the most productive moisture consumption (88 mm t) were obtained using the chisel basic tillage and a continuous row sowing method against the background of mineral fertilizers $N_{50}P_{90}$ kg/ha.

Keywords: *soybean, erosion-dangerous slope, productivity, moisture reserves, water consumption.*

Введение. Соя культурная (*Glycine hispida* (Moench) Max) – ценная, высокобелковая и очень перспективная культура. Её применение многогранно: в питании людей, кормлении животных и птицы, в различных отраслях промышленности, базирующихся на переработке её зерна и получении белковых и жировых компонентов для производства пищевых продуктов, кормовых добавок, технических средств, фармацевтических и медицинских препаратов (Алабушев и др., 2009; Лукомец и др., 2013). С каждым годом эта культура становится всё более востребованной.

По данным Экспертно-аналитического центра агробизнеса "АБ-Центр" (2019), посевные площади сои в хозяйствах всех категорий России составили 3039,4 тыс. га, урожайность – 1,57 т/га. В Ростовской области, где 65% территории занимают чернозёмы, посевная площадь этой культуры достигла 14935 га. Однако на чернозёмах, на долю которых приходится 58% территории, преобладают эрозионные процессы, особенно на склонах. При этом деградация почвы приводит к колоссальному снижению плодородия почв и естественных ресурсов влаги, нанося огромный ущерб сельскохозяйственному производству.

Лимитирующими факторами формирования высокой продуктивности сои в зоне недостаточного увлажнения являются: дефицит почвенной влаги в критические периоды водопотребления растений и несовершенство применяемых технологий возделывания (обработка почвы, фон удобрений, норма высева и т.д.).

Исследования по водопотреблению сои при орошении велись учёными в разные годы и в различных почвенно-климатических условиях. В результате исследований, проведённых в 2003–2005 гг. на опытном поле ООО «Венцы-Заря» Гулькевичского района Краснодарского края установлено, что на варианте без орошения на создание 1 тонны урожая расходуется 173,8 мм/т при урожае 1,94 т/га (Гутриц, 2005). В условиях Нижнего Поволжья выявлено, что лучшие условия влагообеспеченности сои на орошаемых светло-каштановых почвах создавались на вариантах дискового лущения, где возросла продуктивность сои при снижении коэффициента водопотребления (Чамурлиев, 2011). В результате исследований в условиях степной зоны Центрального Предкавказья установлено, что суммарное водопотребление сои зависит от условий года, продолжительности межфазных периодов и периода вегетации в целом. В среднем за годы исследований самая высокая величина этого показателя отмечена в среднем на уровне 4115–4160 м^3/га. В среднем за 2005–2011 гг. коэффициент водопотребления у среднеспелых сортов сои составил 1824 м^3/т (Шабалдас и др., 2020).

В штате Огайо (США) установлено, что безотвальная обработка почвы увеличивает урожайность сои на 8,4%, а консервационная обработка почвы уменьшает испарение с почвы (Huang, 2021). В условиях дефицита водных ресурсов (штат Небраска, США) выявлено, что продуктивность воды при выращивании сои возрастает с запада на восток в пределах Небраски и увеличилась за последние 25 лет, в основном, за счет увеличения урожайности сельскохозяйственных культур (продуктивности земли). Увеличение фактических затрат воды до контрольных уровней способствует увеличению урожайности сои на 19 % и повышению устойчивости водопользования в стране (Mekonnen, 2020).

Результаты оценки влияния различных норм высева семян на рост и продуктивность сои в штате Пенджаб (Индия) показали, что при норме высева семян 62,5 кг/га достоверно зафиксировано большее количество всходов, высота растений, масса сухого вещества, индекс площади листьев и фотосинтез, а урожайность семян при этом была на 4,61 % выше, чем при норме 75 кг/га и на 12,6 % выше, чем при норме 50 кг/га (Jassal, 2020).

Однако все указанные полевые исследования проводились в условиях плакорного ландшафта. В этой связи целью наших исследований являлась оценка влияния способов обработки почвы и способов посева на урожайность и водопотребление сои на эродированных склонах Приазовской зоны Ростовской области.

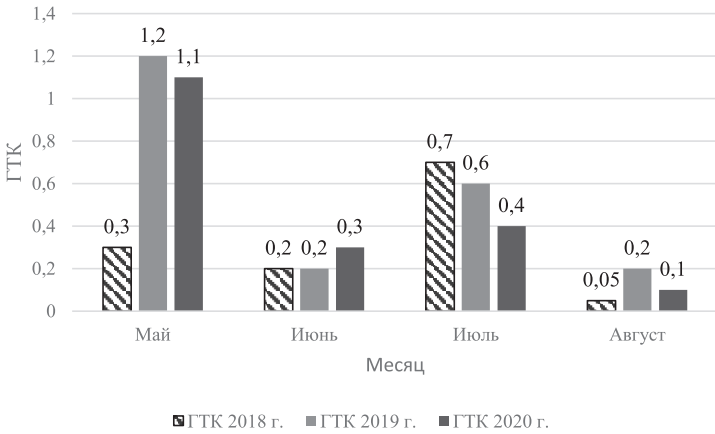
Материалы и методы исследований. Исследования проводили в многофакторном стационарном опыте ФГБНУ ФРАНЦ в 2018–2020 гг., расположенном на склоне юго-восточной экспозиции балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области. Опыт заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории при полосном размещении культур на эрозионно-опасном склоне крутизной до 3,5–4°. Размещение вариантов опыта по способам основной обработки почвы и способам посева систематическое, повторностей опыта и фона удобрений – рендомизированное. Предшественником сои в севообороте являлся яровой ячмень.

Климат зоны проведения исследования засушливый, умеренно жаркий, континен-

тальный. Среднее многолетнее количество осадков – 492 мм. Среднегодовая температура воздуха составляет 8,8 °С. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный, тяжелосуглинистый на лёссовидном суглинке, среднесмытый.

Схема полевого опыта включала следующие способы основной обработки почвы: отвальная обработка (контроль) – вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 25–27 см и чизельная обработка (почвозащитная) – чизельным плугом ПЧ-2,5 на ту же глубину. Применяли два способа посева: широкорядный с междурядьями 45 см и сплошной рядовой (почвозащитный) с междурядьями 15 см. Фон минерального питания: «0» фон – естественное плодородие; «I» фон – $N_{30}P_{60}$ кг/га д. в; «II» фон – $N_{50}P_{90}$ кг/га д. в. Контрольный вариант опыта – отвальная обработка на глубину 25–27 см, широкорядный посев (45 см) на естественном плодородии (фон «0»). При проведении исследования использовали общепринятые методики Б.А. Доспехова (1979), А.Н. Костякова (1957), С.А. Воробьёва (1971), Г.Т. Селянинова (1957) и др.

Результаты и их обсуждение. Годы проведения исследований были неблагоприятными для роста и развития растений сои. Согласно классификации Г.Т. Селянинова, вегетационный период сои за годы исследования характеризовался значениями гидротермического коэффициента (ГТК) следующим образом: 2018 г. – сухой с ГТК = 0,3; 2019 и 2020 гг. – очень засушливые с ГТК = 0,6 и 0,4 соответственно (см. рисунок).



Гидротермический коэффициент в период вегетации сои в 2018–2020 гг.
Hydrothermal coefficient during the soybean vegetation period in 2018–2020

То есть, во все фазы вегетации культуры отмечался дефицит влагообеспеченности, за исключением начальной фазы в 2019 и 2020 г., где ГТК составлял 1,2 и 1,1 соответственно. В целом период вегетации сои в 2018 г. был более жарким и менее обеспеченным осадками, чем в 2019 г. и 2020 г.

В сравнении со среднемноголетними показателями очевидно нарастание аридности климата, выраженное в повышении суммы температур воздуха и снижении количества атмосферных осадков, что наглядно видно по значениям ГТК за вегетационный период сои (табл. 1).

1. Метеорологические данные за период вегетации сои в 2018–2020 гг.
1. Meteorological data for the soybean vegetation period in 2018–2020

Месяц	Сумма температур воздуха, °С		Осадки, мм		ГТК	
	среднее за 2018–2020 гг.	средне-многолетнее	среднее за 2018–2020 гг.	средне-многолет-нее	среднее за 2018–2020 гг.	средне-многолетнее
Май	545	499	46	48	0,84	0,96
Июнь	710	597	16	67	0,23	1,12
Июль	751	713	44	57	0,58	0,80
Август	722	682	10	38	0,14	0,56
За весь период вегетации	2728	2491	116	210	0,43	0,84

Выявлено, что наиболее приближены к среднемноголетним значения ГТК за май, где разница составила 12,5%. В июне, когда происходило нарастание вегетативной массы, влагообеспеченность снизилась почти в 5 раз по сравнению со среднемноголетней. В июле ГТК повысился до 0,58, что, хотя и было на 27,5% ниже среднемноголетних значений, однако позволило обеспечить относительно благоприятные условия цветения. Формирование зерна в августе сопровождалось высокой температурой воздуха и минимумом атмосферных осадков (всего 10 мм), при этом ГТК уменьшился до 0,14, что вчетверо ниже среднемноголетней

величины и недостаточно для обеспечения высокой урожайности. В целом за вегетационный период сои фактический ГТК в среднем за годы исследований был вдвое меньше среднемноголетних значений (0,43 против 0,84).

Исходя из вышесказанного, выявлено, что в засушливых условиях Ростовской области влага является одним из основных факторов, определяющих величину урожайности сои на зерно. Оптимальные запасы продуктивной влаги на протяжении всего периода вегетации растений, а особенно в критические фазы, являются определяющим фактором получения высоких и устойчивых урожаев сои в засушливых условиях степной зоны. Ухудшение влагообеспеченности в любой фазе развития растений отрицательно сказывается на формировании их вегетативных и генеративных органов, и, в конечном счете – на величине урожая.

В ходе проведённых исследований установлены параметры и характер формирования запасов почвенной влаги, её общего расхода на водопотребление и расхода на создание единицы продукции при различной системе обработки почвы, способах посева и уровнях минерального питания.

Необходимо учитывать, что в условиях проведения настоящих исследований естественная влагозарядка проходила, в основном, поздней осенью и зимой. Осадки весенне-летнего периода значительно уступали суммарному водопотреблению растениями, испарению и возможному стоку, если поле расположено на склоне, тем более на эрозионно-опасном. Большое значение при накоплении почвенной влаги в зимний период имеют высота и плотность снежного покрова, а также запасы воды в нём. Наибольшая высота снежного покрова в среднем за 2018–2020 гг. в зимний период на зяби была отмечена при использовании чизельной обработки почвы и равнялась 11,9 см, что на 9,2 % больше, чем на участках отвальной вспашки. В среднем за 2018–2020 гг. при одинаковой плотности снега (0,04 г/см3) запасы воды в нем изменялись от 47,4 т/га при отвальной обработке до 51,7 т/га при чизельной (табл. 2).

2. Высота снежного покрова и запасы воды в снеге в зависимости от способа основной обработки почвы (среднее за 2018–2020 гг.)
2. Snow cover height and water reserves in snow, depending on the method of main tillage (mean for 2018–2020)

Культура, агрофон	Способ обработки	Высота снежного покрова, см	Плотность снега, г/см^3	Запас воды в снеге	
				т/га	мм
Зябь	Отвальная	10,9	0,04	47,4	4,7
	Чизельная	11,9	0,04	51,7	5,2

Установлено, что в среднем в 2018–2020 гг. ко времени посева сои запасы доступной влаги в почве были удовлетворительными: при проведении чизельной основной обработки в слое 0–10 см они составили 11 мм, нарастая с глубиной до 111,1 мм в метровом слое, при отвальной обработке – 10,1–10,2 и 104,4 мм соответственно, с коэффициентом вариации 3,7% (табл. 3).

3. Запасы продуктивной влаги в течение вегетации сои при разных способах основной обработки почвы и способах посева, мм (среднее за 2018–2020 гг.)
3. Productive moisture reserves during the soybean vegetation period with different methods of main tillage and sowing methods, mm (mean for 2018–2020)

Обработка	Способ посева	Слой почвы, см			
		0–10	0–30	0–50	0–100
Посев					
Отвальная	Сплошной рядовой	10,1	31,6	53,8	104,2
	Широкорядный	10,2	31,7	53,8	104,4
Чизельная	Сплошной рядовой	11,0	33,9	56,1	111,1
	Широкорядный	11,1	33,7	56,3	111,4
Коэффициент вариации, %					3,7
Цветение					
Отвальная	Сплошной рядовой	0,0	3,5	8,4	36,2
	Широкорядный	0,3	3,8	10,8	44,4
Чизельная	Сплошной рядовой	0,1	4,5	9,3	37,7
	Широкорядный	0,4	6,6	12,2	44,8
Коэффициент вариации, %					10,9
Полная спелость					
Отвальная	Сплошной рядовой	0,0	0,85	1,05	5,63
	Широкорядный	0,0	0,75	1,56	5,58
Чизельная	Сплошной рядовой	0,0	0,85	1,18	6,51
	Широкорядный	0,0	0,82	3,15	6,41
Коэффициент вариации, %					8,2
Стандартная ошибка		1,5	4,3	7,1	12,8
Стандартное отклонение		5,2	14,9	24,4	44,2

Ко времени цветения растений содержание доступной влаги в слое 0–30 см было близко к нулю вне зависимости от способа обработки и способа посева. Однако в метровом слое запасы доступной влаги почвы были незначительно (P < 0,05) больше при широкорядном способе посева по всем способам обработки почвы: 44,4–44,8 мм против 36,2–37,7 мм соответственно. При этом коэффициент вариации данных по запасам влаги возрос до 10,9%.

К наступлению фазы полной спелости сои значительных различий (P < 0,05) в запасе продуктивной влаги в зависимости от применяемых способов основной обработки почвы и способов посева не отмечено. В слое 0–100 см оставалось крайне незначительное количество продуктивной влаги (5,6–6,5 мм). Вариабельность запасов доступной влаги в метровом слое почвы в зависимости от способов её обработки и способов посева снизилась до 8,2%. Отмечена однородная совокупность данных при незначительной (коэффициент вариации менее 10%) степени их рассеивания в течение вегетационного периода культуры.

Анализ приведенных данных отражает тенденцию увеличения биологической урожайности сои в условиях чизельной основной обработки почвы, сплошного рядового способа посева и при увеличении интенсивности минерального питания растений (p ≤ 0,05). На вариантах без удобрений урожайность при чизельной обработке, независимо от способа посева, составила 1,41, при отвальной обработке – 1,21 т/га. Аналогичные показатели при «I» и «II» уровнях питания пропорционально возрастали. Наибольшая урожайность отмечена на варианте чизельной основной обработки, рядового способа посева и повышенной нормы удобрений ($N_{50}P_{90}$) – 2,51 т/га (табл. 4).

4. Биологическая урожайность зерна сои при разных способах основной обработки почвы и способах посева, т/га (среднее за 2018–2020 гг.)
4. Biological soybean productivity with different methods of main tillage and sowing methods, t/ha (mean for 2018–2020)

Способ обработки	Способ посева	Уровень питания		
		«0»	«I»	«II»
Отвальная	Сплошной рядовой	1,21	1,87	2,17
	Широкорядный	1,17	1,82	2,19
Чизельная	Сплошной рядовой	1,41	2,01	2,51
	Широкорядный	1,42	1,99	2,46

Общий $НСР_{05}$ = 0,053 т/га; обработка почвы и способ посева $НСР_{05}$ = 0,022 т/га; уровень питания $НСР_{05}$ = 0,027 т/га.

Основным показателем эффективности использования влаги сельскохозяйственными культурами в условиях её недостатка является коэффициент водопотребления. Нами были рассчитаны показатели общего расхода влаги и коэффициенты водопотребления в зависимости от способа основной обработки почвы, способа посева и фона питания (табл. 5).

5. Коэффициент водопотребления сои при разных способах обработки почвы, способах посева и уровнях минерального питания (среднее за 2018–2020 гг.)
5. Coefficient of soybean water consumption o with different methods of main tillage, sowing methods and levels of mineral fertilizing (mean for 2018–2020)

Способ обработки почвы	Способ посева	Уровень минерального питания	Запас продуктивной влаги, мм		Осадки за вегетационный период, мм	Общий расход влаги, мм	Коэффициент водопотребления, мм/т
			посев	полная спелость			
Отвальный	Сплошной рядовой	«0»	104,2	5,6	116	214,6	177
		«I»					115
		«II»					99
	Широкорядный	«0»	104,4	5,6	116	214,8	184
		«I»					118
		«II»					98
Чизельный	Сплошной рядовой	«0»	111,1	6,5	116	220,6	156
		«I»					110
		«II»					88
	Широкорядный	«0»	111,4	6,4	116	221,0	156
		«I»					111
		«II»					90
Стандартная ошибка			2,0	0,2	–	1,8	9,8
Стандартное отклонение			4,0	0,5	–	3,5	33,9

Примечание: За контроль принят вариант с отвальной основной обработкой почвы, широкорядным способом посева на естественном фоне плодородия почвы («0»).

Из данных таблицы 5 следует, что в среднем за 2018–2020 гг. при осадках в количестве 116 мм, выпавших за вегетационный период растений сои, способ основной обработки почвы незначительно (P<0,05) влияет на величину общего расхода влаги на водопотребление (в пределах 3 %). Однако с увеличением нормы удобрений существенно (P>0,01) возрастает урожайность культуры независимо от других факторов, снижая расход влаги на единицу полученного урожая.

Так, чизельная обработка обеспечила экономию удельного расхода влаги на варианте с «I»-м уровнем минерального питания на 4,5–5,9%, а на более высоком «II»-м уровне – на 8,2–11,1% с преимуществом сплошного рядового способа посева. Наименьший коэффициент водопотребления (88 мм/т) отмечен на варианте с чизельной основной обработкой почвы при сплошном рядовом способе посева и «II» уровне минерального питания, где почвенная влага расходовалась наиболее продуктивно. На контрольном варианте отвальной вспашки при широкорядном способе посева и естественном плодородии почвы этот показатель был на 109 % выше.

Выводы. На основании результатов исследований, проведённых за 2018–2020 гг., установлено, что в очень засушливых условиях Ростовской области, неблагоприятных для роста и развития растений сои, влага является одним из основных лимитирующих факторов, определяющих величину урожайности сои. Поэтому одной из главных задач богарного земледелия является рациональное и экономное использование влаги на единицу урожая. Установлено, что почвенная влага наиболее продуктивно расходуется при чизельной (почвозащитной) обработке почвы и сплошном рядовом способе посева на повышенном фоне минерального питания $N_{50}P_{90}$ кг/га д. в., обеспечивая урожайность сои на уровне 2,51 т/га. Также этот почвозащитный способ основной обработки почвы в сочетании со сплошным рядовым способом посева позволяет накопить удовлетворительные влагозапасы, препятствуя деградации пахотного слоя почвы, сохраняя её плодородие.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Янковский Н.Г., Антонов С.И., Метлина Г.В., Овсянникова Г.В., Васильченко С.А. Возделывание сои на богаре в условиях Ростовской области. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2009. 24 с.
2. Гутриц Л.С. Водопотребление сои при различной влагообеспеченности // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: Сб. науч. тр. по мат. междунар. научно-практ. семинара «Опыт и перспективы возделывания сои на орошаемых землях Юга России» 15–16 декабря 2005 года ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2005. С. 17–22.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований): Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Посевные площади сои в России. Итоги 2019 года. Экспертно-аналитический центр агробизнеса "АБ-Центр" [электронный ресурс]. Режим доступа: https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-soi-v-rossii-itogi-2019-goda.
5. Чамурлиев О.Г., Мелихова Н.П., Зинченко Е.В. Водопотребление и продуктивность сои в зависимости от способов основной обработки орошаемых светло каштановых почв Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 2(22). С. 1–6.
6. Шабалдас О.Г., Пимонов К.И., Трубачева Л. В., Вайцеховская С.С. Урожайность сортов сои различных групп спелости при естественном плодородии почвы в условиях орошения // Земледелие. № 3, 2020. С. 41–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10311.
7. Huang Y., Tao B., Xiaochen Z., Yang Y., Liang L., Wang L.,. Jacinthe P.-A., Tian H, Ren W. Conservation tillage increases corn and soybean water productivity across the Ohio River Basin // Agricultural Water Management. Vol. 254. 2021 P. 106962. doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106962.
8. Jassal R.K., Singh H. Influence of primed seed and varying seed rate on growth and productivity of soybean (*Glycine max* L.) under different planting techniques // Legume Research-An International Journal. 2020. Vol. 43. P. 394–400. doi.org /10.18805/LR-3995.
9. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., Neale C.M.U., Ray C., Yang H.S. Water productivity benchmarks: The case of maize and soybean in Nebraska // Agricultural Water Management. Vol. 234. 2020. P. 106122. doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106122.

References

1. Alabushev A.V., YAnkovskij N.G., Antonov S.I., Metlina G.V., Ovsyannikova G.V., Vasil'chenko S.A. Vozdelyvanie soi na bogare v usloviyah Rostovskoj oblasti [Cultivation of soybeans on dry land in the conditions of the Rostov region]. Rostov n/D.: ZAO «Kniga», 2009. 24 s.
2. Gutric L.S. Vodopotreblenie soi pri razlichnoj vlagoobespechennosti [Water consumption of soybeans with different moisture availability] // Puti povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya oroshaemyh zemel': Sb. nauch. tr. po mat. mezhdunar. nauchno-prakt. seminara «Opyt i perspektivy vozdelyvaniya soi na oroshaemyh zemlyah YUga Rossii» 15–16 dekabrya 2005 goda FGNU «RosNIIPM». Novocherkassk, 2005. S. 17–22.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (S osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]: Izd. 4-e, pererab. i dop. M.: Kolos, 1979. 416 s.

4. Posevnye ploshchadi soi v Rossii. Itogi 2019 goda. Ekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa "AB-Centr" [Sown areas of soybeans in Russia. Results of 2019. Expert and analytical center of agribusiness "AB-Center".] [elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-soi-v-rossii-itogi-2019-goda.

5. CHamurliev O.G., Melihova N.P., Zinchenko E.V. Vodopotreblenie i produktivnost' soi v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki oroshaemyh svetlo kashtanovyh pochv Nizhnego Povolzh'ya [Water consumption and productivity of soybeans, depending on the methods of basic processing of irrigated light chestnut soils of the Lower Volga region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2011. № 2(22). S. 1–6.

6. SHabaldas O.G., Pimonov K.I., Trubacheva L. V., Vajcekhovskaya S.S. Urozhajnost' sortov soi razlichnyh grupp spelosti pri estestvennom plodorodii pochvy v usloviyah orosheniya [Productivity of the soybean varieties of different groups of maturity with natural soil fertility under irrigation conditions] // Zemledelie. № 3, 2020. S. 41–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10311.

7. Huang Y., Tao B., Xiaochen Z., Yang Y., Liang L., Wang L.,. Jacinthe P.-A., Tian H, Ren W. Conservation tillage increases corn and soybean water productivity across the Ohio River Basin // Agricultural Water Management. Vol. 254. 2021 R. 106962. doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106962.

8. Jassal R. K., Singh H. Influence of primed seed and varying seed rate on growth and productivity of soybean (*Glycine max* L.) under different planting techniques // Legume Research-An International Journal. 2020. Vol. 43. R. 394–400. doi.org /10.18805/LR-3995.

9. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., Neale C.M.U., Ray C., Yang H.S. Water productivity benchmarks: The case of maize and soybean in Nebraska // Agricultural Water Management. Vol. 234. 2020. R. 106122. doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106122.

Поступила: 15.12.20; принята к публикации: 2.03.21.

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. Ильинская И.Н. – концептуализация исследования; Ильинская И.Н., Гаевая Э.А., Мищенко А.В.– анализ данных и их интерпретация; Мищенко А.В. – подготовка опыта, выполнение лабораторных опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.