

Научная статья

УДК 633.854.78:631.58 (470.40/43)

doi: 10.28983/asj.y2021i11pp22-25

Водный режим чернозема обыкновенного при возделывании подсолнечника в Поволжье

Олег Иванович Горянин¹, Бауржан Жунусович Джангабаев²

^{1,2}Самарский Федеральный исследовательский центр РАН, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулякова, Самара, Россия, gorjanin.oleg@mail.ru

Аннотация. Изучено пять вариантов подсолнечника, возделываемых по производственной системе ExpressSun™ (предшественник ячмень), на черноземе обыкновенном (2013–2020 гг.) в Среднем Поволжье. Цель исследований – выявление оптимального водного режима почвы при различных технологиях выращивания подсолнечника в засушливых условиях Поволжья. Установлено, что варианты с глубокой безотвальной обработкой почвы по сравнению с традиционной технологией к появлению всходов подсолнечника за годы исследований обеспечивают увеличение запасов продуктивной влаги в среднем на 7,4–14,3 мм (3,8–8,0 %). Преимущество в запасах влаги во всех слоях почвы колебалось от 2,6 до 20,0 %. Запасы продуктивной влаги в период всходов подсолнечника на вариантах без применения сложных минеральных удобрений существенно зависели от количества жидкого осадка за вневегетационный период (сентябрь – апрель), предшествующий посеву подсолнечника ($r = 0,84–92^{**}$). Применение систем удобрений в севообороте снижало зависимость весенных запасов продуктивной влаги от условий увлажнения в осенне-весенний период до 5%-го уровня значимости ($r = 0,78^{*}–0,82^{*}$). Применение сложных удобрений способствовало более рациональному расходу влаги на единицу продукции при ресурсосберегающей и традиционной технологиях по сравнению с другими вариантами на 6,2–21,2 % (до 1075,9–1084,7 м³/га). Наибольший условный чистый доход установлен на интенсивном фоне ресурсосберегающей технологии – 27 422,2 руб./га, максимальная рентабельность при глубоком рыхлении почвы с применением биопрепарата – 253,5 %. На основе полученных данных разработана низкозатратная технология возделывания подсолнечника, которая обеспечивает наиболее рациональный расход влаги и наибольшую эффективность.

Ключевые слова: подсолнечник; запасы влаги; водопотребление; урожайность; эффективность.

Для цитирования: Горянин О. И., Джангабаев Б. Ж. Водный режим чернозема обыкновенного при возделывании подсолнечника В Поволжье // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 22–25. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp22-25>.

AGRONOMY

Original article

Water regime of ordinary chernozem in the cultivation of sunflower in the Volga region

Oleg I. Goryanin 1, Baurzhan Z. Dzhangabaev²

^{1,2}Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Samara Scientific Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaykov, Samara, Russia, gorjanin.oleg@mail.ru

Abstract. The results of research on the study of five variants of sunflower cultivated according to the ExpressSun™ production system (the predecessor of barley) on ordinary chernozem for 2013–2020 in the Middle Volga region are presented. The purpose of the research is to identify the optimal water regime of the soil with various technologies for growing sunflower in the arid conditions of the Volga region. It was found that the variants with deep non-tillage tillage, in comparison with the traditional technology, to the appearance of sunflower seedlings on average over the years of research provide an increase in the reserves of productive moisture by 7.4–14.3 mm (3.8–8.0 %). The advantage in moisture reserves was established in all layers of the soil and ranged from 2.6 to 20.0 %. The reserves of productive moisture during the sunflower germination period on the variants without the use of complex mineral fertilizers significantly depended on the amount of liquid precipitation for the non-growing period (September–April) preceding the sunflower sowing ($r=0,84–92^{**}$). The use of fertilizer systems in crop rotation reduced the dependence of spring reserves of productive moisture on the conditions of humidification in the autumn–spring period to 5 % of the significance level ($r=0.78^{*}–0.82^{*}$). The use of complex fertilizers contributed to a more rational consumption of moisture per unit of production with resource-saving and traditional technologies, compared with other options by 6.2–21.2 %, up to 1075.9–1084.7 m³/ha. The highest conditional net income was established against the intensive background of resource-saving technology – 27 422.2 rubles/ha, the maximum profitability for deep loosening of the soil with the use of a biological product – 253.5 %. Based on the obtained data, a low-cost sunflower cultivation technology has been developed, which provides the most rational moisture consumption and the greatest efficiency.

Keywords: sunflower; moisture reserves; water consumption; yield; efficiency.

For citation: Goryanin O. I., Dzhangabaev B. Z. Water regime of ordinary chernozem in the cultivation of sunflower in the Volga region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(11):22–25. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp22-25>.

Введение. В настоящее время подсолнечник в европейской части России является самой эффективной и востребованной полевой культурой [3, 5, 8]. В Поволжском регионе большие площади занимают высокоурожайные и высокомасличные отечественные и зарубежные гибриды; отработаны традиционные технологии возделывания подсолнечника. Однако данные технологии в сложившихся природно-экономических условиях не совсем отвечают требованиям рынка. Существенно повысилась затратность производства, обозначилась нехватка трудовых ресурсов. Для решения этих проблем требуется поиск новых направлений, обеспечивающих получение высокоеффективного производства маслосемян при сокращении трудовых затрат и средств адаптивной интенсификации [7, 10].

В современных условиях одним из самых перспективных направлений при выращивании подсолнечника является производственная система ExpressSun™ [7]. В Поволжье посевные площади под этой системой занимают в настоящее время до 15 %. Однако данная технология не совсем адаптирована к местным условиям. Практически не изучен водный режим почвы при таких системах, который является основным лимитирующим фактором для полу-



чения высокой урожайности полевых культур на большей площади Заволжья.

Многочисленными исследованиями установлено, что запасы продуктивной влаги зависят от агрофизических свойств почвы. Они изменяются в зависимости от фаз развития полевых культур, способов обработки и слоя почвы [1, 4, 9]. При этом было выявлено, что на черноземах при недостаточном количестве осадков ресурсосберегающие технологии улучшают водный режим почвы по сравнению с традиционной технологией [5, 11].

Целью исследований стало выявление оптимального водного режима почвы при различных технологиях выращивания подсолнечника в засушливых условиях Поволжья.

Методика исследований. Водный режим чернозема обыкновенного изучали в стационарном опыте отдела земледелия и новых технологий при выращивании подсолнечника по производственной системе ExpressSun™. В 2013–2020 гг. в шестипольном зернопаропропашном севообороте (чистый пар – озимая пшеница – соя – яровая твердая пшеница – ячмень – подсолнечник) изучали пять технологий (вариантов опыта):

1) традиционная, с ежегодной вспашкой в севообороте на 22–24 см (контроль);

2) контроль + внесение минеральных удобрений (NPK)₁₅;

3) ресурсосберегающая, с дифференцированной обработкой почвы в севообороте, в т.ч. под подсолнечник рыхление ПЧ-4,5 на 25–27 см (фон);

4) фон + Борогум 1 л/га (5–6 пар настоящих листьев);

5) фон + внесение минеральных удобрений (NPK)₁₅.

Сложные минеральные удобрения вносили перед основной обработкой почвы сеялкой СЗ-3,6. В весенне-летний период при возделывании подсолнечника применяли следующие технологические операции: ранневесенне боронование (БЗСС-1,0), предпосевная культивация на 8–10 см (ОПО-4,25), прикатывание (ЗККШ-6), посев гибрида П63ЛЕ10 (ССТВ-6), боронование по всходам при наличии 1–2 пар настоящих листьев (БЗСС-1,0), обработка гербицидом Экспресс 50 г/га (ОН-400) в период 5–6 пар настоящих листьев.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный. Повторность опыта – 3-кратная, размер делянок – 1100 м², размещение – систематическое.

Благоприятные погодные условия для возделывания подсолнечника выявлены в 2013, 2016 и 2019 гг., при гидротермическом коэффициенте (ГТК) за вегетацию культуры от 0,63 до 0,95. В 2014, 2015 и 2020 гг. установлены засушливые условия (ГТК = 0,32–0,53). В остальные годы погодные условия были на уровне среднемноголетних значений.

Определение запасов продуктивной влаги проводили термостатно-весовым методом (ГОСТ 282687-89). Полученные результаты обрабатывали методом дисперсионного и корреляционного анализов на компьютере (программа AGROSver. 2.09.).

Результаты исследований. При анализе водного режима почвы в осенний период важно знать количество остаточной влаги после уборки предшествующей культуры. В наших исследованиях в среднем за 2012–2019 гг. применение прямого посева под яровой ячмень не ухудшало водный режим почвы по сравнению с традиционной технологией. После уборки ячменя запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 39,0–48,5 мм, при значениях на вариантах с прямым посевом 44,0–48,5 мм (табл. 1).

Анализ влияния осенне-весенних осадков на их усвоение при разных технологиях показал улучшение водного режима почвы в весенний период на варианте с глубокой безотвальной обработкой по сравнению с традиционной технологией (контроль). В среднем за годы исследований запасы влаги во время всходов подсолнечника составили 156,3–163,2 мм, что на 7,4–14,3 мм (5,0–9,6 %) выше варианта с ежегодной вспашкой без применения удобрений. Существенное увеличение запасов влаги на вариантах с безотвальной обработкой почвы выявлено в 2014, 2015, 2017 и 2020 гг. Преимущество ресурсосберегающих технологий над вариантом с традиционной технологией (интенсивный по удобрениям фон) было ниже – 4,6–11,5 мм (3,0–7,6 %) и достигало существенных величин только на варианте 3.

При послойном анализе в весенний период установлено, что улучшение водного режима почвы на варианте с глубоким рыхлением почвы происходило во всех слоях. В слое 0–10 см разница между вариантами в абсолютных значениях была наименьшей – 0,3–1,9 мм, но в относительных она достигала максимальных величин – от 2,9 до 20,0 %. В слое 0–30 см запасы продуктивной влаги по сравнению с традиционной технологией возрастали на 0,4–4,4 мм (0,9–10,7 %), табл. 2. В слоях почвы 0–50 и 50–100 см преимущество вариантов с более глубокой обработкой в запасах влаги составило 2,0–6,4 мм (2,6–8,7 %) и 2,6–8,1 мм (3,4–10,5 %).

При анализе зависимости послойных запасов продуктивной влаги (50–100 и 0–100 см) в период всходов подсолнечника от абиотических факторов на вариантах с естественным по плодородию фоном (1, 3) была установлена существенная на 1%-м уровне связь ($r = 0,84\text{--}92^{**}$) с количеством жидких осадков за вневегетационный период (сентябрь – апрель), предшествующий посеву подсолнечника. Вследствие большего количества растительных остатков применение глубокого рыхления почвы и вспашки на более интенсивных фонах (варианты 2, 4 и 5) снижало зависимость запасов продуктивной влаги от условий увлажнения в осенне-весенний период до 5%-го уровня значимости ($r = 0,78^*\text{--}0,82^*$). В ходе исследования установлено, что роль твердых осадков за декабрь – март в отличие от жидких в накоплении весенних запасов влаги

Таблица 1

Влияние технологий на усвоение осадков при разных технологиях (среднее за 2013–2020 гг.)

| Вариант | Запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см | | Накопление влаги в почве за осенне-весенний период, мм | Количество осадков за анализируемый период, мм | Усвоение осадков, % |
|-------------------|---|--|--|--|---------------------|
| | после уборки предшественника, мм | весной, в период появления всходов, мм | | | |
| 1 | 44,5 | 148,9 | 104,4 | 365,5 | 28,6 |
| 2 | 39,0 | 151,7 | 112,7 | | 30,8 |
| 3 | 44,1 | 163,2 | 119,1 | | 32,6 |
| 4 | 44,0 | 156,3 | 112,3 | | 30,7 |
| 5 | 48,5 | 158,5 | 110,0 | | 30,1 |
| HCP ₀₅ | $F_{\phi} < F_{\tau}$ | 9,4 | – | – | – |



Распределение запасов продуктивной влаги в почве при разных технологиях весной, мм (среднее за 2013–2020 гг.)

| Вариант | Слой почвы, см | | | |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 0–10 | 0–30 | 0–50 | 50–100 |
| 1 | 9,5 | 41,0 | 73,5 | 75,4 |
| 2 | 10,4 | 43,1 | 75,9 | 75,8 |
| 3 | 11,4 | 45,4 | 79,9 | 83,3 |
| 4 | 10,7 | 43,5 | 77,9 | 78,4 |
| 5 | 11,4 | 44,4 | 79,2 | 79,3 |
| HCP ₀₅ | $F_{\phi} < F_t$ | $F_{\phi} < F_t$ | $F_{\phi} < F_t$ | $F_{\phi} < F_t$ |

была несущественна и имела слабую прямую зависимость.

В период всходов полевых культур для повышения всхожести семян важное значение имеют запасы влаги в слое почвы 0–10 см. При корреляционном анализе с количеством осадков, влажностью и температурой воздуха, ГТК выявлена наибольшая связь с температурой воздуха, которая была обратной и колебалась от $-0,73^*$ до $-0,88^*$. Кроме того, запасы продуктивной влаги в посевном слое находились в средней прямой зависимости от относительной влажности воздуха за май ($r = 0,67$ – $0,73^*$).

За период вегетации подсолнечника к уборке урожая происходило выравнивание запасов продуктивной влаги в зависимости от изучаемых вариантов. Однако за счет ухудшения питательного режима почвы и максимальных запасов влаги, что согласуется с данными, полученными в других исследованиях [2], наибольший ее расход на непроизводительные потери и получение урожая установлены при ресурсосберегающей технологии без применения удобрений. Большой расход влаги на варианте с безотвальной обработкой и применением сложных удобрений связан с максимальной урожайностью культуры и наибольшими запасами влаги в весенний период. При HCP_{05e} = 0,24 урожайность подсолнечника на лучшем варианте находилась на одном уровне с традиционной обработкой (интенсивный фон) и на 0,27–0,41 т/га (12,2–19,8 %) больше остальных вариантов (табл. 3).

Улучшение питательного режима почвы при применении сложных удобрений способствовало более рациональному расходу влаги на единицу продукции при ресурсосберегающей и традиционной технологиях по сравнению с безотвальной обработкой почвы с применением биопрепарата и традиционной технологии (контроль) на 6,2–8,6 % (до 1075,9–1084,7 м³/га).

Наибольший коэффициент водопотребления за счет максимальных запасов продуктивной влаги в весенний период установлен на варианте с ресурсосберегающей технологией без применения удобрений – 1303,9 м³/га.

Проведенные исследования показали, что урожайность подсолнечника в наибольшей степени зависела от запасов продуктивной влаги в слое почвы 50–100 см. На вариантах без применения удобрений взаимосвязь между признаками в период всходов подсолнечника достигала значимых величин ($r = 0,68$ – $0,76^*$). На вариантах с применением сложных удобрений и биопрепарата связь снижалась до средних значений ($r = 0,41$ – $0,46^*$).

При анализе климатических условий выявлено, что урожайность подсолнечника на вариантах без применения удобрений находилась в наибольшей прямой зависимости от относительной влажности воздуха в период налива семян ($r = 0,76^*$ – $0,84^{**}$). Кроме того, на продуктивность культуры оказывали влияние количество осадков за сельскохозяйственный год ($r = 0,64$ – $0,68$) и температура воздуха в период налива семян ($r = -0,66$). В первом случае связь была прямой, во втором обратной.

Применение сложных удобрений существенно снижало зависимость урожайности от количества осадков за сельскохозяйственный год. При этом наибольшее влияние на урожайность оказывали относительная влажность и температура воздуха в период налива семян ($r = 0,74^*$ и $-0,68$... $-0,69$ соответственно).

Одним из главных показателей при возделывании полевых культур является эффективность производства. В наших исследованиях снижение производственных затрат при применении глубокого рыхления почвы (варианты 3, 4) на 4,6–8,7 % по сравнению с контролем способствовало увеличению уровня рентабельности на 12,9–23,3 %. Наибольшие производственные затраты при традиционной технологии (интенсивный фон) на 7,8–30,2 % выше других технологий обеспечили снижение уровня рентабельности на 27,9–51,2 %.

Наибольший условный чистый доход установлен на интенсивном фоне ресурсосберегающей технологии – 27 422,2 руб./га, что на 1615,0–1635,7 руб./га (6,3 %) больше вариантов с традиционной технологией (интенсивный фон) и глубоким рыхлением и обработкой посевов биопрепаратором. Наименьшие экономические показатели получены на экстенсивных фонах ресурсосберегающей и традиционной технологий.

Заключение. При переходе на системный принцип формирования в исследованиях выявлена возможность эффективного использования технологий возделывания подсолнечника, основанных на дифференцированных обработках почвы в севообороте, обеспечивающих увеличение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы к появлению всходов культуры по сравнению с традиционной технологией на 7,4–14,3 мм (3,8–8,0 %). Преимущество в запасах продуктивной

Таблица 3

Водопотребление подсолнечника (среднее за 2013–2020 гг.)

| Вариант | Расход влаги на получение урожая из почвы, м ³ /га | Количество осадков за вегетацию, м ³ /га | Общий расход влаги на получение урожая из почвы, м ³ /га | Урожайность, т/га | Коэффициент водопотребления, м ³ /т |
|---------|---|---|---|-------------------|--|
| 1 | 763,0 | 1759,0 | 2522,0 | 2,19 | 1151,6 |
| 2 | 834,0 | | 2593,0, | 2,41 | 1075,9 |
| 3 | 940,0 | | 2699,0 | 2,07 | 1303,9 |
| 4 | 822,0 | | 2581,0 | 2,21 | 1167,9 |
| 5 | 931,0 | | 2690,0 | 2,48 | 1084,7 |



влаги выявлено во всех слоях почвы и колебалось от 2,6 до 20,0 %.

Запасы продуктивной влаги в период всходов подсолнечника на вариантах с естественным по плодородию фоном (варианты 1, 3) существенно зависели от количества жидких осадков за вневегетационный период (сентябрь – апрель), предшествующий посеву культуры ($r = 0,84-92^{**}$). Применение систем удобрений в севообороте снижало зависимость весенних запасов продуктивной влаги от условий увлажнения в осенне-весенний период до 5%-го уровня значимости ($r = 0,78^*-0,82^*$). Применение сложных удобрений способствовало более рациональному расходу влаги на единицу продукции при ресурсосберегающей и традиционной технологиях по сравнению с другими вариантами на 6,2–21,2 % (до 1075,9–1084,7 м³/га).

Наибольший условный чистый доход установлен на интенсивном фоне ресурсосберегающей технологии – 27 422,2 руб./га, максимальная рентабельность при глубоком рыхлении почвы с применением биопрепарата – 253,5 %. На основе полученных данных разработана низкозатратная технология возделывания подсолнечника, которая обеспечивает наиболее рациональный расход влаги и наибольшую эффективность. Она включает в себя следующие технологические операции: внесение сложных минеральных удобрений (NPK)₁₅, глубокое рыхление почвы на 25–27 см (ПЧ-4,5), весенне боронование (БЗСС-1,0), предпосевную культивацию (ОПО-4,25), прикатывание почвы (ЗККШ-6), посев (ССТВ-6), боронование по всходам в один след (БЗСС-1,0), обработку гербицидом Экспресс (50 г/га) + внесение Борогум (1 л/га) в фазу 8–10 настоящих листьев. Ожидаемый годовой экономический эффект от освоения в Самарской области новых технологий возделывания подсолнечника составит более 120 млн руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрофизические процессы формирования запасов продуктивной влаги в почве / Е. П. Денисов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2014. № 8. С. 10–15.
2. Алабушев А. В., Овсянникова Г. В. Влагообеспеченность почвы и водопотребление озимой пшеницы в полевом севообороте // Земледелие. 2015. № 4. С. 10–14.
3. Боговиз А. В., Воробьев С. П., Воробьёва В. В. Экономическая эффективность производства семян подсолнечника // Экономика сельского хозяйства России. 2016. № 12. С. 42–47.
4. Влияние применения различных способов основной обработки на запасы продуктивной влаги в агроцернозёмах / А. М. Гребенщиков [и др.] // Агрохимия. 2019. № 8. С. 40–47.
5. Горянин О. И., Горянина Т. А. Эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в степном Заволжье // Аграрный научный журнал. 2013. № 11. С. 19–22.
6. Горянин О. И., Щербинина Е. В., Медведев И. Ф. Влияние технологических систем на водный режим почвы в степном Заволжье // Аграрный научный журнал. 2017. № 4. С. 16–20.
7. Инновационные технологии возделывания масличных культур / В. М. Лукомец [и др.]. Краснодар, 2017. 256 с.
8. Интегральный показатель совокупной агроэкономической эффективности на примере исследований подсолнечника / Е. Г. Котлярова [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 6 (32). С. 13–16.
9. Кузина Е. В. Влияние основной обработки почвы на запасы продуктивной влаги и агрофизические свойства чернозёма выщелоченного // Пермский аграрный вестник. 2016. № 3(16). С. 35–41.
10. Лекарев А. В., Графов В. П., Нарушев В. Б. Совершенствование технологии возделывания подсолнечника в чернозёмной степени Саратовского Правобережья // Успехи современного естествознания. 2019. № 12-2. С. 236–241.
11. Influence of precipitation and moisture reserves on the yield of Crops under different tillage / G. V. Mokrinov et al. // Agronomy research. 2019. T. 17. No. 6. P. 2350–2358.

REFERENCES

1. Agrophysical processes of formation of productive moisture reserves in the soil / E.P. Denisov et al. *Agrarian Scientific journal*. 2014\$8):10–15. (In Russ.).
2. Alabushev A. V., Ovsyannikova G. V. Soil moisture availability and water consumption of winter wheat in field crop rotation. *Agriculture*. 2015;(4):10–14.(In Russ.). (In Russ.).
3. Bogoviz A.V., Vorobyev S. P., Vorobyeva V. V. Economic efficiency of sunflower seed production. *The economics of agriculture in Russia*. 2016; 12): 42–47. (In Russ.).
4. The influence of the use of various methods of basic processing on the reserves of productive moisture in agrochernozems / A.M. Grebenschikov et al. *Agrochemistry*. 2019;(8):40–47. (In Russ.).
5. Goryanin O. I., Goryanina T. A. Efficiency of cultivation of agricultural crops in the steppe Volga region. *Agrarian scientific journal*. 2013;(11):19–22. (In Russ.).
6. Goryanin O. I., Shcherbinina E. V., Medvedev I. F. The influence of technological systems on the water regime of the soil in the steppe Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2017;(4):16–20. (In Russ.).
7. Innovative technologies of cultivation of oilseeds / V. M. Lukomets et al. Krasnodar: VNIIMK named after V.S. Pustovoit; 2017. 256 p. (In Russ.).
8. Integral indicator of aggregate agroeconomic efficiency on the example of sunflower research / E. G. Kotlyarova et al. *International Agricultural Journal*. 2019;6(32):13–16. (In Russ.).
9. Kuzina E. V. Influence of basic tillage on productive moisture reserves and agrophysical properties of leached chernozem. *Perm Agrarian Bulletin*. 2016;3 (16):35–41. (In Russ.).
10. Lekarev A. V., Grafov V. P., Narushev V. B. Improvement of sunflower cultivation technology in the chernozem steppe of the Saratov Right Bank. *The successes of modern natural science*. 2019;(12-2):236–241. (In Russ.).
11. Influence of precipitation and moisture reserves on the yield of Crops under different tillage / G.V. Mokrinov et al. *Agronomy research*. 2019;17(6): 2350–2358.

Статья поступила в редакцию 31.08.2021; одобрена после рецензирования 15.09.2021; принятая к публикации 20.09.2021.

The article was submitted 31.08.2021; approved after reviewing 15.09.2021; accepted for publication 20.09.2021.

