



DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-320-333

EDN: MJFBQE


УДК 631.67:633.853.52

Научная статья / Research article

## Сортовая отзывчивость сои на орошение и удобрение в условиях Нижнего Поволжья

В.В. Толоконников  , Л.В. Вронская , С.А. Агапова 

Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград, Российская Федерация

 [tolokonnikov@vniioz.ru](mailto:tolokonnikov@vniioz.ru)

**Аннотация.** Проведено исследование с целью изучения отзывчивости сортов сои с различными сроками созревания на оросительную воду и удобрение и отбора сортов, обеспечивающих получение высокой урожайности при экономии водных и агрохимических ресурсов. Применена методика закладки полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1979). Использовали различные сорта селекции ФГБНУ ВНИИОЗ и дозы удобрений, рассчитанных на получение урожайности от 2,5 до 4,5 т/га зерна. Площадь делянок — 35 м<sup>2</sup>. Повторность — 4-кратная. Режим орошения 80% НВ достигался промачиванием почвы в слое 0,4 м до фазы бутонизации и в период созревания — полной спелости. В генеративные периоды развития агрофитотенноза (бутонизация — налив семян в бобах) увеличивали поступление влаги в почву до глубины 0,6 м. Установлено, что дифференциация водопотребления тесно связана с метеоусловиями в годы проведения исследований и со сроками созревания сорта. Доля оросительной воды значительно возрастала в годы с гидротермическим коэффициентом ГТК<sub>02</sub> (2020 г.) — до 76,5 % — по сравнению с более благоприятными годами с ГТК<sub>05</sub> (2019 г.). Скороспелые сорта характеризовались наименьшим потреблением оросительной воды за сезон: ВНИИОЗ 86 (3138...4014 м<sup>3</sup>/га) и Волгоградка 2 (3653...4381 м<sup>3</sup>/га), чем более поздние ВНИИОЗ 31 и Волгоградка 3 (4078...5027 м<sup>3</sup>/га). Наибольшей отзывчивостью на оросительную воду и ее экономией характеризуется сорт Волгоградка 2 с уровнем урожайности 3,57 т/га и коэффициентом водопотребления 1136 м<sup>3</sup>/т зерна по сравнению с другими сортами с показателями 2,81...3,74 т/га; 1235...1297 м<sup>3</sup>/т соответственно. Впервые в условиях орошения Нижнего Поволжья усовершенствована технология получения высоких уровней урожайности зерна 2,97...4,27 т/га за счет использования генотипа сорта региональной селекции (Волгоградка 2, Волгоградка 3) и улучшения минерального питания растений в расчете на программируемый урожай (2,5...4,5 т/га).

**Ключевые слова:** сорт, ВНИИОЗ 86, Волгоградка 2, ВНИИОЗ 31, Волгоградка 3, дозы удобрений, урожайность, водопотребление

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**История статьи:** поступила в редакцию 13 сентября 2022 г., принята к публикации 18 июля 2023 г.

© Толоконников В.В., Вронская Л.В., Агапова С.А., 2023




This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Для цитирования:** Толokonников В.В., Вронская Л.В., Агапова С.А. Сортовая отзывчивость сои на орошение и удобрение в условиях Нижнего Поволжья // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2023. Т. 18. № 23. С. 320—333. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-320-333

## Soybean varietal response to irrigation and fertilization in the Lower Volga region

Vladimir V. Tolokonnikov  , Lyubov V. Vronskaya , Svetlana A. Agapova 

Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, *Volgograd, Russian Federation*

 tolokonnikov@vniioz.ru

**Abstract.** The research was conducted to study the responsiveness of soybean cultivars with different maturation periods to irrigation water and fertilizer and to select cultivars that provide high yields while saving water and agrochemical resources. The method of laying the field experiment was applied (B.A. Dospikhov, 1979). We used different cultivars of RRIIA breeding and doses of fertilizers designed to obtain a yield of 2.5 to 4.5 t/ha of grain. The plot area was 35 m<sup>2</sup>. The factorial experiment was conducted with four replications. An irrigation regime of 80 % FMC was achieved by watering 0.4 m layer of soil until budding phase and during ripening period — full ripeness. During the generative periods of development of agrophytocenosis (budding — filling of seeds in beans), the moisture inflow into the soil was increased to a depth of 0.6 m. The share of irrigation water increased significantly in years with hydrothermal coefficient  $GTC_{02}$  (2020) — up to 76.5 % — compared to more favorable years with  $GTC_{05}$  (2019). Early maturing cultivars were characterized by the lowest consumption of irrigation water per season: VNIIOZ 86 (3138...4014 m<sup>3</sup>/ha) and Volgogradka 2 (3653...4381 m<sup>3</sup>/ha), compared to mid-season cultivars VNIIOZ 31 and Volgogradka 3 (4078...5027 m<sup>3</sup>/ha). Cv. Volgogradka 2 had the greatest responsiveness to irrigation water — 3.57 t/ha and the lowest water consumption coefficient — 1136 m<sup>3</sup>/t of grain compared to other cultivars with indicators of 2.81...3.74 t/ha; 1235...1297 m<sup>3</sup>/t, respectively. For the first time, under irrigation in the Lower Volga region, the technology for obtaining high levels of grain yield of 2.97...4.27 t/ha was improved through the use of genotype of cultivar of regional breeding (Volgogradka 2, Volgogradka 3) and improved mineral nutrition of plants based on a programmed yield (2.5...4.5 t/ha).

**Key words:** cultivar, VNIIOZ 86, Volgogradka 2, VNIIOZ 31, Volgogradka 3, fertilizer doses, productivity, water consumption

**Conflicts of interest.** The authors declared no conflicts of interest.

**Article history:** Received: 13 September 2022. Accepted: 18 July 2023.

**For citation:** Tolokonnikov VV, Vronskaya LV, Agapova SA. Soybean varietal response to irrigation and fertilization in the Lower Volga region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023;18(3):320—333. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-320-333

## Введение

Численность населения Земли в настоящее время превысила 7,7 млрд человек. По прогнозам к середине XXI в. этот показатель увеличится до 11 млрд человек. Уже сейчас почти 9 % населения Земли страдает от голода, поэтому в ближайшие

30 лет необходимо увеличить вдвое, а то и в трие производство продовольствия. Поскольку земельные ресурсы Земли ограничены и рост производства продукции в предыдущее десятилетие на 80 % был достигнут за счет повышения плодородия почвы и только на 20 % благодаря расширению площади аграрных угодий, будущее обеспечение человечества продуктами питания должно основываться на эффективном использовании имеющихся земельных ресурсов. Значительно увеличить уровни мирового производства продовольствия (до 60 %) можно за счет улучшения сортов основных сельскохозяйственных культур и совершенствования приемов их возделывания [1, с. 39; 2, с. 153].

К важнейшим агрокультурам, составляющим основу питания людей и корма для животных, относится белково-масличная культура соя. Благодаря высокому содержанию сбалансированного аминокислотами протеина в семенах (40 %) и биологически ценного жира (20 %) эта культура возделывается на площади 122 млн га мирового земледелия и обеспечивает сбор почти 342 млн т зерна.

Доля российского объема сои пока невелика — 1,4 %. Однако в ближайшей перспективе этот показатель прогнозируется увеличить в 2 раза и в первую очередь за счет расширения площади орошаемых земель в южном Федеральном округе, в т. ч. в Нижнем Поволжье. В этом регионе почти 40 лет проводится селекционная работа с соей на базе ФГБНУ ВНИИОЗ. Выведено 5 сортов, которые допущены в сельскохозяйственное производство Нижнего Поволжья. Выращиваемое за счет селекции методами межсортовых скрещиваний и отбора в 3–5 гибридных поколениях (методов без применения геной инженерии) товарное зерно улучшенных сортов более востребовано на рынке, чем ГМО продукция. А усовершенствование приемов агротехники по мере создания и регистрации сортов приводит к росту урожайности, что в мелиоративном земледелии способствует существенному снижению затрат на оросительную воду, удобрения, семена и повышает рентабельность производства [3, с. 5; 4, с. 20]. **Цель исследования** — изучение отзывчивости сортов сои с различными сроками созревания селекции ФГБНУ ВНИИОЗ на оросительную воду, удобрение и отбор сортов, обеспечивающих получение высокой урожайности при экономии водных и агрохимических ресурсов.

## Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводили на опытно-производственном поле ФГБНУ ВНИИОЗ в 2019–2021 гг. Использовали сорта с различными сроками созревания: скороспелые (100...110 дней) — ВНИИОЗ 86 (допущены в сельскохозяйственное производство с 2002 г.), Волгоградка 2 (с 2020 г.); среднеспелые (111...120 дней) — ВНИИОЗ 31 (с 2011 г.) и Волгоградка 3 (готовится к передаче в Госсортокмиссию).

Схема опыта включала изучение различных сортов и доз удобрений в условиях орошения, рассчитанных на получение планируемой урожайности 2,5; 3,5 и 4,5 т/га зерна. Контроль — без внесения удобрений. Площадь делянок 35 м<sup>2</sup>. Повторность — 4-кратная. Способ посева — широкорядный с междурядьями

0,7 м. Требуемый режим орошения (80% НВ) обеспечивался промачиванием слоя почвы 0,4 м от посева до конца фазы ветвления и от начала созревания до полной спелости семян; от начала цветения до полного налива семян в бобах увеличивали поступление влаги в почву до глубины 0,6 м.

### Результаты исследований и обсуждение

Проблемы орошения и водопотребления сои в Нижнем Поволжье изучались многими исследователями [5, с. 95; 6, с. 15; 7, с. 30; 8, с. 27; 9, с. 24]. Установлено, что при оросительной мелиорации суммарное водопотребление сои в течение вегетационного периода колеблется от 1,5 до 5 тыс. м<sup>3</sup>/га. Выявлена дифференциация водопотребления и от генотипа сорта.

Согласно полученным результатам (табл. 1), в очень засушливые и близкие по метеоусловиям к среднемуголетним значениям годы показатели водного баланса имеют очень существенные различия. Доля оросительной воды значительно возрастала в год с ГТК<sub>02</sub> — до 76,5 % — по сравнению с более благоприятным годом с ГТК<sub>05</sub> (55,1 %).

Таблица 1

#### Структура суммарного водопотребления сортовых посевов сои в контрастные по влагообеспеченности годы

| Сорт                      | Годы | Гидротермический коэффициент (ГТК) | Показатели водного баланса |      |                    |      |                    |      | Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га |
|---------------------------|------|------------------------------------|----------------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|---|
|                           |      |                                    | Поливы                     |      | Осадки             |      | Влага в почве      |      |   |
|                           |      |                                    | м <sup>3</sup> /га         | %    | м <sup>3</sup> /га | %    | м <sup>3</sup> /га | %    |   |
| <b>Скороспелые сорта</b>  |      |                                    |                            |      |                    |      |                    |      |   |
| ВНИИОЗ 86                 | 2019 | 0,5                                | 1549                       | 49,4 | 1170               | 37,3 | 418                | 13,3 | 3138  |
|                           | 2020 | 0,2                                | 2950                       | 73,5 | 636                | 15,8 | 428                | 10,7 | 4014  |
| Волгоградка 2             | 2019 | 0,5                                | 2000                       | 54,7 | 1271               | 34,8 | 383                | 10,5 | 3653  |
|                           | 2020 | 0,2                                | 3249                       | 74,2 | 687                | 15,7 | 444                | 10,1 | 4381  |
| <b>Среднеспелые сорта</b> |      |                                    |                            |      |                    |      |                    |      |   |
| ВНИИОЗ 31                 | 2019 | 0,5                                | 2249                       | 55,1 | 1451               | 35,6 | 377                | 9,2  | 4078  |
|                           | 2020 | 0,2                                | 3550                       | 75,2 | 700                | 14,8 | 468                | 10   | 4718  |
| Волгоградка 3             | 2019 | 0,5                                | 2500                       | 54   | 1733               | 37,4 | 398                | 8,6  | 4631  |
|                           | 2020 | 0,2                                | 3849                       | 76,5 | 700                | 13,9 | 477                | 9,5  | 5027  |

Table 1

**Structure of total water consumption of soybean crops in contrasting years  
in terms of moisture supply**

| Cultivar                        | Year | Hydrothermal coefficient (HTC) | Water balance indicators |      |                    |      |                    |      | Total water consumption, m <sup>3</sup> /ha |
|---------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|---|
|                                 |      |                                | Watering                 |      | Precipitation      |      | Moisture in soil   |      |   |
|                                 |      |                                | m <sup>3</sup> /ha       | %    | m <sup>3</sup> /ha | %    | m <sup>3</sup> /ha | %    |   |
| <b>Early maturing cultivars</b> |      |                                |                          |      |                    |      |                    |      |   |
| VNIIOZ 86                       | 2019 | 0.5                            | 1549                     | 49.4 | 1170               | 37.3 | 418                | 13.3 | 3138  |
|                                 | 2020 | 0.2                            | 2950                     | 73.5 | 636                | 15.8 | 428                | 10.7 | 4014  |
| Volgogradka 2                   | 2019 | 0.5                            | 2000                     | 54.7 | 1271               | 34.8 | 383                | 10.5 | 3653  |
|                                 | 2020 | 0.2                            | 3250                     | 74.2 | 687                | 15.7 | 444                | 10.1 | 4381  |
| <b>Mid-season cultivars</b>     |      |                                |                          |      |                    |      |                    |      |   |
| VNIIOZ 31                       | 2019 | 0.5                            | 2249                     | 55.1 | 1451               | 35.6 | 377                | 9.2  | 4078  |
|                                 | 2020 | 0.2                            | 3550                     | 75.2 | 700                | 14.8 | 468                | 10   | 4718  |
| Volgogradka 3                   | 2019 | 0.5                            | 2500                     | 54   | 1733               | 37.4 | 398                | 8.6  | 4631  |
|                                 | 2020 | 0.2                            | 3849                     | 76.5 | 700                | 13.9 | 477                | 9.5  | 5027  |

На интенсивность водопотребления оказывала влияние и продолжительность вегетационного периода. Скороспелые сорта характеризовались наименьшим потреблением оросительной воды, особенно очень ранний сорт ВНИИОЗ 86.

Анализ формирования уровней урожайности в контрастные по гидротермическим условиям годы (табл. 2) показал, что наиболее продуктивными в условиях орошения являются среднеспелые сорта, особенно Волгоградка 3 — 3,74 т/га в среднем за годы проведения исследований.

Таблица 2

**Урожайность сортов в зависимости от фактора сорта и года возделывания сои  
в условиях орошения**

| Сорт                      | Урожайность, т/га |      |         | Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т |      |         |
|---------------------------|-------------------|------|---------|--|------|---------|
|                           | 2019              | 2020 | Среднее | 2019   | 2020 | Среднее |
| <b>Скороспелые сорта</b>  |                   |      |         |  |      |         |
| ВНИИОЗ 86                 | 2,92              | 2,69 | 2,81    | 1074   | 1492 | 1283    |
| Волгоградка 2             | 3,74              | 3,39 | 3,57    | 977  | 1292 | 1136    |
| <b>Среднеспелые сорта</b> |                   |      |         |  |      |         |
| ВНИИОЗ 31                 | 3,89              | 3,32 | 3,61    | 1048   | 1421 | 1235    |
| Волгоградка 3             | 3,92              | 3,56 | 3,74    | 1181   | 1412 | 1297    |
| НСР <sub>05</sub>         | 0,23              | 0,21 |         |  |      |         |

Table 2

**Productivity of soybean plants depending on cultivar and cultivation year under irrigation**

| Cultivar                        | Productivity, t/ha |      |         | Water consumption coefficient, m <sup>3</sup> /t |      |         |
|---------------------------------|--------------------|------|---------|--|------|---------|
|                                 | 2019               | 2020 | Average | 2019   | 2020 | Average |
| <b>Early maturing cultivars</b> |                    |      |         |  |      |         |
| VNIIOZ 86                       | 2.92               | 2.69 | 2.81    | 1074   | 1492 | 1283    |
| Volgogradka 2                   | 3.74               | 3.39 | 3.57    | 977  | 1292 | 1136    |
| <b>Mid-season cultivars</b>     |                    |      |         |  |      |         |
| VNIIOZ 31                       | 3.89               | 3.32 | 3.61    | 1048   | 1421 | 1235    |
| Volgogradka 3                   | 3.92               | 3.56 | 3.74    | 1181   | 1412 | 1297    |
| LSD <sub>05</sub>               | 0.23               | 0.21 |         |  |      |         |

При изучении особенностей водопотребления сортов различных групп спелости установлено, что наиболее эффективно для формирования хозяйственно-ценной части урожая используется вода как у отдельных скороспелых (Волгоградка 2), так и средне-спелых (ВНИИОЗ 31) сортов (работа в данном направлении продолжается) [10, с. 95].

В условиях орошения соя очень отзывчива на применение удобрений [11, с. 13; 12, с. 27; 13, с. 31]. При этом важно учитывать отзывчивость сортов на минеральное питание.

Величина урожая растений тесно связана с процессами фотосинтеза. Основную роль фотосинтеза в создании органического вещества на Земле подчеркивал еще К.А. Тимирязев (1897). Среди приоритетных перспективных технологий мирового земледелия на первом месте стоит повышение эффективности фотосинтеза. При создании новых сортов или разработке приемов агротехники, мелиорации необходимо уделять особое внимание показателям фотосинтетической продуктивности агрофитоценозов.

Влияющие на продуктивность растений такие факторы среды, как температура, относительная влажность воздуха, практически не поддаются контролю. Учитывая показатели природно-климатических факторов среды и анализа их влияния, можно выделить и рекомендовать к конкретным условиям высокопродуктивные сорта, предложить технологию их возделывания.

Между урожаем и фотосинтетической деятельностью посева существует прямая зависимость, которая проявляется только при оптимизации выращивания сельскохозяйственной культуры. Агрофитоценоз сои развивает чрезмерно объемную листовую поверхность, особенно при благоприятных условиях возделывания, в т. ч. в посевах с орошением. При усиливающейся диспропорции между нарастанием листового аппарата и процессом усвоения солнечной энергии уменьшается продуктивность фотосинтеза.

Мы установили высокую корреляционную зависимость уровня нарастания биомассы от фотосинтетического потенциала ( $r = 0,76$ ) и максимальной площади листовой поверхности ( $r = 0,58$ ). На вариантах внесения удобрения агроценозы сортов выделялись высокими показателями фотосинтетической активности (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние доз удобрения на показатели фотосинтеза различных сортов сои  
в условиях орошения**

| Сорт          | Варианты опыта               |                         | Показатели   |   |   |                                      |                                |
|---------------|------------------------------|-------------------------|--|---|---|--------------------------------------|--------------------------------|
|               | Программируемый урожай, т/га | НПК, кг д. в./га        | Максимальные площади листовой поверхности, тыс. м <sup>2</sup> /га | Фотосинтетический потенциал, млн м <sup>2</sup> × дней/га | Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> | Сумма приростов сухой биомассы, т/га | Доля зерна в общей биомассе, % |
| ВНИИОЗ 86     | –                            | Контроль, без удобрений | 54,8   | 2   | 11,3  | 17                                   | 14,7                           |
|               | 2,5                          | 56                      | 62,9   | 2,1   | 6,1   | 14,1                                 | 21,9                           |
|               | 3,5                          | 90                      | 56,8   | 2,3   | 6,5   | 14,4                                 | 21,8                           |
|               | 4,5                          | 112                     | 64,3   | 2,5   | 6   | 16,4                                 | 22,9                           |
| Волгоградка 2 | –                            | Контроль, без удобрений | 62,9   | 2,5   | 5,3   | 15,3                                 | 16,6                           |
|               | 2,5                          | 56                      | 61,5   | 2,4   | 5,4   | 16,6                                 | 19,6                           |
|               | 3,5                          | 90                      | 72,6   | 2,7   | 5,7   | 17,1                                 | 21,6                           |
|               | 4,5                          | 112                     | 70,8   | 2,9   | 6,3   | 19,3                                 | 21,9                           |
| ВНИИОЗ 31     | –                            | Контроль, без удобрений | 61,7   | 2,6   | 6,7   | 17,6                                 | 14,2                           |
|               | 2,5                          | 56                      | 77,9   | 2,7   | 8,2   | 21,2                                 | 15,5                           |
|               | 3,5                          | 90                      | 74,7   | 2,8   | 7,5   | 20,6                                 | 18,2                           |
|               | 4,5                          | 112                     | 80,2   | 3,4   | 6,2   | 20,8                                 | 19,9                           |
| Волгоградка 3 | –                            | Контроль, без удобрений | 83,8   | 3,1   | 9   | 20,7                                 | 12                             |
|               | 2,5                          | 56                      | 75,2   | 4,1   | 7,9   | 19,2                                 | 19,1                           |
|               | 3,5                          | 90                      | 89,4   | 3   | 8   | 19,3                                 | 22,4                           |
|               | 4,5                          | 112                     | 87,4   | 3,3   | 8,4   | 21,8                                 | 21                             |

Table 3

**Effect of fertilizer doses on photosynthesis indicators  
of soybean cultivars under irrigation**

| Cultivar      | Variant                |            | Indicators   |  |  |                              |                                    |
|---------------|------------------------|------------|--|--|--|------------------------------|------------------------------------|
|               | Programmed yield, t/ha | NPK, kg/ha | Maximum leaf surface area, thousand m <sup>2</sup> /ha | Photosynthetic potential, million m <sup>2</sup> × days/ha | Net productivity of photosynthesis, g/m <sup>2</sup> | Dry biomass increments, t/ha | Share of grain in total biomass, % |
| VNIIOZ 86     | –                      | Control    | 54.8   | 2  | 11.3   | 17                           | 14.7                               |
|               | 2.5                    | 56         | 62.9   | 2.1  | 6.1  | 14.1                         | 21.9                               |
|               | 3.5                    | 90         | 56.8   | 2.3  | 6.5  | 14.4                         | 21.8                               |
|               | 4.5                    | 112        | 64.3   | 2.5  | 6  | 16.4                         | 22.9                               |
| Volgogradka 2 | –                      | Control    | 62.9   | 2.5  | 5.3  | 15.3                         | 16.6                               |
|               | 2.5                    | 56         | 61.5   | 2.4  | 5.4  | 16.6                         | 19.6                               |
|               | 3.5                    | 90         | 72.6   | 2.7  | 5.7  | 17.1                         | 21.6                               |
|               | 4.5                    | 112        | 70.8   | 2.9  | 6.3  | 19.3                         | 21.9                               |
| VNIIOZ 31     | –                      | Control    | 61.7   | 2.6  | 6.7  | 17.6                         | 14.2                               |
|               | 2.5                    | 56         | 77.9   | 2.7  | 8.2  | 21.2                         | 15.5                               |
|               | 3.5                    | 90         | 74.7   | 2.8  | 7.5  | 20.6                         | 18.2                               |
|               | 4.5                    | 112        | 80.2   | 3.4  | 6.2  | 20.8                         | 19.9                               |
| Volgogradka 3 | –                      | Control    | 83.8   | 3.1  | 9  | 20.7                         | 12                                 |
|               | 2.5                    | 56         | 75.2   | 4.1  | 7.9  | 19.2                         | 19.1                               |
|               | 3.5                    | 90         | 89.4   | 3  | 8  | 19.3                         | 22.4                               |
|               | 4.5                    | 112        | 87.4   | 3.3  | 8.4  | 21.8                         | 21                                 |

Наибольшим уровнем нарастания биомассы на высоко удобренных вариантах характеризовались сорта Волгоградка 2 — 17,1...19,3, ВНИИОЗ 31 — 20,6...20,8 и Волгоградка 3 — 19,3...21,8 т/га. Эти же агрофитоценозы выделялись высокой способностью растений накапливать повышенную долю зерна в биомассе по сравнению с неудобренным контролем.

Результаты исследований показали, что повышение активности фотосинтеза способствовало увеличению массы зерна на растении за счет формирования увеличенного количества семян и массы 1000 зерен (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние доз удобрения на формирование структурных элементов продуктивности у сортов сои в условиях орошения (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Сорт          | Варианты опыта               |                         | Показатели                                     |                                  |                     |                                   |                                     |
|---------------|------------------------------|-------------------------|--|----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|               | Программируемый урожай, т/га | НРК, кг д.в./га         | Количество растений перед уборкой, тыс. шт./га | Масса зерен на одном растении, г | Масса 1000 зерен, г | Количество зерна на растении, шт. | Высота прикрепления нижнего боба, м |
| ВНИИОЗ 86     | –                            | Контроль, без удобрений | 42,3   | 5,4                              | 156,7               | 34,8                              | 0,06                                |
|               | 2,5                          | 56                      | 42,3   | 6,9                              | 169,3               | 40,5                              | 0,09                                |
|               | 3,5                          | 90                      | 43,8   | 7,3                              | 164,7               | 44,3                              | 0,12                                |
|               | 4,5                          | 112                     | 43,9   | 8,1                              | 169,0               | 48,1                              | 0,12                                |
| Волгоградка 2 | –                            | Контроль, без удобрений | 44,5   | 5,2                              | 146,7               | 35,9                              | 0,12                                |
|               | 2,5                          | 56                      | 45,1   | 6,2                              | 192,7               | 32,2                              | 0,14                                |
|               | 3,5                          | 90                      | 45,7   | 7,4                              | 190,7               | 38,8                              | 0,15                                |
|               | 4,5                          | 112                     | 45,4   | 8,5                              | 184,7               | 46,6                              | 0,15                                |
| ВНИИОЗ 31     | –                            | Контроль, без удобрений | 45,2   | 5,3                              | 150,2               | 34,6                              | 0,13                                |
|               | 2,5                          | 56                      | 46,0   | 7,0                              | 179,4               | 39,0                              | 0,14                                |
|               | 3,5                          | 90                      | 45,7   | 7,8                              | 193,0               | 40,4                              | 0,15                                |
|               | 4,5                          | 112                     | 45,9   | 8,4                              | 186,6               | 45,0                              | 0,16                                |
| Волгоградка 3 | –                            | Контроль, без удобрений | 46,1   | 5,2                              | 108,0               | 49,4                              | 0,13                                |
|               | 2,5                          | 56                      | 45,5   | 7,6                              | 129,3               | 58,7                              | 0,15                                |
|               | 3,5                          | 90                      | 46,4   | 8,2                              | 137,3               | 59,1                              | 0,17                                |
|               | 4,5                          | 112                     | 44,7   | 9,7                              | 134,0               | 73,5                              | 0,18                                |



Table 4

**Influence of fertilizer doses on formation of structural elements of productivity  
in soybean cultivars under irrigation, (average for 2019–2021)**

| Cultivar      | Variant                |            | Indicators   |                               |                          |                  |                                 |
|---------------|------------------------|------------|--|-------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------------------|
|               | Programmed yield, t/ha | NPK, kg/ha | Number of plants before harvesting, thousand plants/ha | Weight of grains per plant, g | Weight of 1000 grains, g | Grains per plant | Lower bean attachment height, m |
| VNIIOZ 86     | —                      | Control    | 42.3   | 5.4                           | 156.7                    | 34.8             | 0.06                            |
|               | 2.5                    | 56         | 42.3   | 6.9                           | 169.3                    | 40.5             | 0.09                            |
|               | 3.5                    | 90         | 43.8   | 7.3                           | 164.7                    | 44.3             | 0.12                            |
|               | 4.5                    | 112        | 43.9   | 8.1                           | 169.0                    | 48.1             | 0.12                            |
| Volgogradka 2 | —                      | Control    | 44.5   | 5.2                           | 146.7                    | 35.9             | 0.12                            |
|               | 2.5                    | 56         | 45.1   | 6.2                           | 192.7                    | 32.2             | 0.14                            |
|               | 3.5                    | 90         | 45.7   | 7.4                           | 190.7                    | 38.8             | 0.15                            |
|               | 4.5                    | 112        | 45.4   | 8.5                           | 184.7                    | 46.6             | 0.15                            |
| VNIIOZ 31     | —                      | Control    | 45.2   | 5.3                           | 150.2                    | 34.6             | 0.13                            |
|               | 2.5                    | 56         | 46.0   | 7.0                           | 179.4                    | 39.0             | 0.14                            |
|               | 3.5                    | 90         | 45.7   | 7.8                           | 193.0                    | 40.4             | 0.15                            |
|               | 4.5                    | 112        | 45.9   | 8.4                           | 186.6                    | 45.0             | 0.16                            |
| Volgogradka 3 | —                      | Control    | 46.1   | 5.2                           | 108.0                    | 49.4             | 0.13                            |
|               | 2.5                    | 56         | 45.5   | 7.6                           | 129.3                    | 58.7             | 0.15                            |
|               | 3.5                    | 90         | 46.4   | 8.2                           | 137.3                    | 59.1             | 0.17                            |
|               | 4.5                    | 112        | 44.7   | 9.7                           | 134.0                    | 73.5             | 0.18                            |

Наибольшая семенная продуктивность в среднем на одно растение отмечена на высоком агрофоне сорта Волгоградка 3 — 8,2...9,7 г/р. Меньше всего зерна приходилось на растения сорта ВНИИОЗ 86 — 6,9...7,3 г/р. по сравнению с контролем.

Очень важно обратить внимание на показатель «высота прикрепления нижнего боба». Потери зерна за жаткой комбайна при уровне прикрепления первых бобов на растении ниже 0,15 м достигают 20 % биологического урожая. Наши исследования показали, что орошаемый и хорошо удобренный фон способствует повышению прикрепления нижних бобов агрофитоценоза — до 0,16...0,18 м.

В таких посевах недобор зерна за счет бобов, оставшихся на стерне, составляет 1...5 % от уровня биологической урожайности.

Как показали исследования, скороспелые сорта формируют первые бобы на растениях значительно ниже — 0,06...0,15 м, чем среднеспелые — 0,13...0,18 м. Наименее технологичен к механизированной уборке посев сорта ВНИИОЗ 86. Лучшими показателями пригодности к комбайновой уборке характеризуется сорт Волгоградка 3.

Положительное влияние удобрений на показатели агроценоза сортов сои способствовало значительному росту урожайности по сравнению с неудобренным фоном (табл. 5). Наибольшая урожайность — 3,52...4,27 т/га — получена у сорта Волгоградка 3 в этом опыте. Сорт зарекомендовал себя как перспективный и готовится к передаче в Госсортокмиссию.

Исследования показали, что за счет внесения средних и высоких доз удобрений до 112 кг д.в./га можно существенно поднять урожайность очень скороспелых сортов, таких как ВНИИОЗ 86 — до 3,60 т/га, что достаточно трудно осуществить другими агротехническими приемами.

Таблица 5

**Влияние удобрений на урожайность различных сортов сои в условиях орошения (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Сорт                      | Варианты опыта               |                         | Урожайность, т/га | Отклонение от контроля      |      | Прибавка урожая на 1 кг д. в. удобрений, кг |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|------|---|
|                           | Программируемый урожай, т/га | НРК, кг д. в./га        |                   | Абсолютный показатель, т/га | %    |   |
| <b>Скороспелые сорта</b>  |                              |                         |                   |                             |      |   |
| ВНИИОЗ 86                 | –                            | Контроль, без удобрений | 2,33              | –                           | –    | –   |
|                           | 2,5                          | 56                      | 2,97              | 0,64                        | 27,5 | 11,4  |
|                           | 3,5                          | 90                      | 3,25              | 0,92                        | 39,5 | 10,2  |
|                           | 4,5                          | 112                     | 3,60              | 1,27                        | 54,5 | 11,3  |
| Волгоградка 2             | –                            | Контроль, без удобрений | 2,4               | –                           | –    | –   |
|                           | 2,5                          | 56                      | 2,92              | 0,52                        | 21,7 | 9,2   |
|                           | 3,5                          | 90                      | 3,51              | 1,11                        | 46,3 | 12,3  |
|                           | 4,5                          | 112                     | 3,96              | 1,56                        | 65,0 | 13,9  |
| <b>Среднеспелые сорта</b> |                              |                         |                   |                             |      |   |
| ВНИИОЗ 31                 | –                            | Контроль, без удобрений | 2,49              | –                           | –    | –   |
|                           | 2,5                          | 56                      | 3,26              | 0,77                        | 30,9 | 13,7  |
|                           | 3,5                          | 90                      | 3,64              | 1,15                        | 46,2 | 12,7  |
|                           | 4,5                          | 112                     | 4,05              | 1,56                        | 62,7 | 13,9  |
| Волгоградка 3             | –                            | Контроль, без удобрений | 2,48              | –                           | –    | –   |
|                           | 2,5                          | 56                      | 3,52              | 1,04                        | 41,9 | 18,5  |
|                           | 3,5                          | 90                      | 3,89              | 1,41                        | 56,9 | 15,6  |
|                           | 4,5                          | 112                     | 4,27              | 1,79                        | 72,2 | 15,9  |
| Фактор А                  | 0,20                         |                         |                   |                             |      |   |
| Фактор В                  | 0,23                         |                         |                   |                             |      |   |
| Воздействие АВ            | 0,23                         |                         |                   |                             |      |   |

Table 5

## Effect of fertilizers on soybean yield under irrigation, (average for 2019–2021)

| Cultivar                        | Variant                |            | Productivity, t/ha | Deviation from control   |      | Yield increase per 1 kg of fertilizer, kg |
|---------------------------------|------------------------|------------|--------------------|--------------------------|------|---|
|                                 | Programmed yield, t/ha | NPK, kg/ha |                    | Absolute indicator, t/ha | %    |   |
| <b>Early maturing cultivars</b> |                        |            |                    |                          |      |   |
| VNIIOZ 86                       | —                      | Control    | 2.33               | —                        | —    | —   |
|                                 | 2.5                    | 56         | 2.97               | 0.64                     | 27.5 | 11.4                                      |
|                                 | 3.5                    | 90         | 3.25               | 0.92                     | 39.5 | 10.2                                      |
|                                 | 4.5                    | 112        | 3.60               | 1.27                     | 54.5 | 11.3                                      |
| Volgogradka 2                   | —                      | Control    | 2.4                | —                        | —    | —   |
|                                 | 2.5                    | 56         | 2.92               | 0.52                     | 21.7 | 9.2                                       |
|                                 | 3.5                    | 90         | 3.51               | 1.11                     | 46.3 | 12.3                                      |
|                                 | 4.5                    | 112        | 3.96               | 1.56                     | 65.0 | 13.9                                      |
| <b>Mid-season cultivars</b>     |                        |            |                    |                          |      |   |
| VNIIOZ 31                       | —                      | Control    | 2.49               | —                        | —    | —   |
|                                 | 2.5                    | 56         | 3.26               | 0.77                     | 30.9 | 13.7                                      |
|                                 | 3.5                    | 90         | 3.64               | 1.15                     | 46.2 | 12.7                                      |
|                                 | 4.5                    | 112        | 4.05               | 1.56                     | 62.7 | 13.9                                      |
| Volgogradka 3                   | —                      | Control    | 2.48               | —                        | —    | —   |
|                                 | 2.5                    | 56         | 3.52               | 1.04                     | 41.9 | 18.5                                      |
|                                 | 3.5                    | 90         | 3.89               | 1.41                     | 56.9 | 15.6                                      |
|                                 | 4.5                    | 112        | 4.27               | 1.79                     | 72.2 | 15.9                                      |
| Factor A                        | 0.20                   |            |                    |                          |      |   |
| Factor B                        | 0.23                   |            |                    |                          |      |   |
| Impact AB                       | 0.23                   |            |                    |                          |      |   |

Прибавка урожая на 1 кг д.в. внесенных удобрений у более скороспелых сортов ВНИИОЗ 86 и Волгоградки 2 возрастает пропорционально дозе, у более позднего сорта Волгоградка 3 — снижается. Поэтому у ранних сортов целесообразно применение высоких доз удобрений, у среднеспелых — лучше рационально использовать дозы удобрений, окупающиеся высокими прибавками урожая на 1 кг д.в. удобрений — 15,6...18,5 кг.

### Заключение

Наши исследования, направленные на изучение зерновой продуктивности сортов оригинальной селекции ФГБНУ ВНИИОЗ в посевах с орошением, использованием удобрений и выбором лучших из них с учетом экономии природных и антропогенных ресурсов, весьма актуальны. За период 2019–2021 гг. наблюдения утверждают с большей долей вероятности, что коэффициент рационального потребления поливной воды многократно возрастает в годы, которые описываются гидротермическим показателем ГТК<sub>02</sub> на уровне 76,5 % (3849 м<sup>3</sup>/га) в сравнении с более влажным годом, где ГТК<sub>05</sub> равняется 55,1 % (2249 м<sup>3</sup>/га). Минимальным

расходом оросительной воды на создание хорошо выполненного зерна сои выделяются ранние сорта (1549...3249 м<sup>3</sup>/га) в сравнении со среднеранними сортами (2249...3849 м<sup>3</sup>/га). По признаку затрат на поливную воду наиболее экономически востребованным оказался новый сорт Волгоградка 2 (в списке Госреестра с 2020 г.) при значении водопотребления — 1136 м<sup>3</sup>/га. Отобраны самые продуктивные деланки с внесением удобрений, направленных на получение 4,5 т/га зерна, — 4,27 т/га (в сравнении с вариантами без применения удобрений — 2,48 т/га) у сорта Волгоградка 3. Этот высокопродуктивный сорт готовится к передаче в Госсорткомиссию.

### Библиографический список

1. *Yelnazarkyzy R., Kenenbayev S.B., Didorenko S.V., Borodychev V.V.* Soy cultivation technology with gravity drip irrigation in south and Southeast Kazakhstan // *Journal of Ecological Engineering*. 2019. № 20(7). P. 39–44. doi: 10.12911/22998993/109862
2. *Júnior F.W.R., Forte C.T., Scariot M.A., Mulinari J., Galon L., Mossi A.J., Treichel H.* Chapter 7. Soy in Brazil: Past, present and future // *Soybeans: Cultivation, nutritional properties and effects on health* / Ed. B. Fletcher. 2017. P. 153–176.
3. *Чамурлиев Г.О., Толоконников В.В., Чамурлиев О.Г.* Соя при орошении в Нижнем Поволжье: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. 156 с.
4. *Балакай Г.Т., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е., Селицкий С.А.* Пути совершенствования элементов технологии возделывания сои // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2019. № 4 (36). С. 100–120. doi: 10.31774/2222-1816-2019-4-100-120
5. *Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Трунова М.В., Бубнова Л.А., Будников Е.Н., Лукомец А.В., Савиченко В.Г., Дорофеев Н.В., Катышева Н.Б., Поморцев А.В.* Холодоустойчивый сорт сои северного экотипа Саяна // *Масличные культуры*. 2021. № 1 (185). С. 95–102. doi: 10.25230/2412-608X-2021-1-185-95-102
6. *Масный Р.С., Васильев С.М., Балакай Г.Т., Бабичев А.Н., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е., Селицкий С.А., Монастырский В.А., Бабенко А.А.* Рекомендации по возделыванию сои на орошаемых землях Ростовской области. Новочеркасск. 2021. 20 с.
7. *Селицкий С.А., Балакай Г.Т.* Фотосинтетическая деятельность и продуктивность орошаемой сои при комплексной обработке регуляторами роста // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2021. № 2 (82). С. 17–22.
8. *Реутина А.В., Картамышева Е.В., Лучкина Т.Н.* Сорта сои донской селекции // *Масличные культуры*. 2018. № 4 (176). С. 27–30. doi: 10.25230/2412-608X-2018-4-176-27-30
9. *Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В.* Селекционные пути оптимизации структуры листового аппарата сои в засушливых регионах // *Масличные культуры*. 2021. № 2 (186). С. 24–30. doi: 10.25230/2412-608X-2021-2-186-24-30
10. *Толоконников В.В., Мухаметханова С.С., Канцер Г.П., Вронская Л.В.* Влияние орошения, удобрения и фактора сорта на урожайность сои в условиях Нижнего Поволжья // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2021. № 3 (63). С. 95–104. doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-09
11. *Балакай Г.Т., Селицкий С.А.* Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2019. № 3 (35). С. 80–97. doi: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97
12. *Толоконников В.В., Медведева Л.Н., Кошкарова Т.С., Оноприенко Ю.Г.* Селекция отзывчивых на орошение сортов сои с обоснованием экономической значимости для национальной экономики // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 4 (60). С. 68–79. doi: 10.32786/2071-9485-2020-04-06

13. Лукомец В.М., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Теоретическое обоснование возможности отбора перспективных особей в сортовых популяциях самоопылителей на примере сои // Масличные культуры. 2021. № 2 (186). С. 31–40. doi: 10.25230/2412-608X-2021-2-186-31-40

## References

1. Yelnazarkyzy R, Kenenbayev SB, Didorenko SV, Borodychev VV. Soy cultivation technology with gravity drip irrigation in South and Southeast Kazakhstan. *Journal of Ecological Engineering*. 2019;20(7):39–44. doi: 10.12911/22998993/109862
2. Júnior FWR, Forte CT, Scariot MA, Mulinari J, Galon L, Mossi AJ, et al. Chapter 7. Soy in Brazil: Past, present and future. In: Fletcher B. (ed.) *Soybeans: Cultivation, nutritional properties and effects on health*. 2017. p.153–176.
3. Chamurliев GO, Tolokonnikov VV, Chamurliев OG. *Soya pri oroshenii v Nizhnem Povolzh'e* [Soybean under irrigation in the Lower Volga region]. Volgograd; 2018. (In Russ.).
4. Balakay GT, Dokuchaeva LM, Yurkova RE, Selitskiy SA. Ways of improving elements of soy cultivation technologies. *Scientific journal of Russian scientific research institute of land improvement problems*. 2019;4:100–120. (In Russ.). doi: 10.31774/2222-1816-2019-4-100-120
5. Zelentsov SV, Moshnenko EV, Trunova MV, Bubnova LA, Budnikov EN, Lukomets AV, et al. A cold-resistant soybean cultivar of the northern ecotype Sayana. *Maslichnye kul'tury*. 2021;(1):95–102. (In Russ.). doi: 10.25230/2412-608H-2021-1-185-95-102
6. Masnyi RS, Vasilyev SM, Balakay GT, Babichev AN, Dokuchaeva LM, Yurkova RE, et al. *Rekomendatsii po vozdeleyvaniyu soi na oroshaemykh zemlyakh Rostovskoi oblasti* [Recommendations for the cultivation of soybeans on irrigated lands of the Rostov region]. Novocherkassk; 2021. (In Russ.).
7. Selitskiy SA, Balakay GT. Photosynthetic activity and productivity of irrigated soybean under complex treatment with growth regulators. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2021;(2):17–22. (In Russ.).
8. Reutina AV, Kartamysheva EV, Luchkina TN. Soybean cultivars of the Rostov region's breeding. *Maslichnye kul'tury*. 2018;(4):27–30. (In Russ.). doi: 10.25230/2412-608H-2018-4-176-27-30
9. Rosenzweig VE, Goloenko DV. Breeding strategies for soybean canopy structure optimization in dry regions. *Maslichnye kul'tury*. 2021;(2):24–30. (In Russ.). doi: 10.25230/2412-608H-2021-2-186-24-30
10. Tolokonnikov VV, Mukhametkhanova SS, Kantser GP, Vronskaya LV. The influence of irrigation, fertilizer and variety factor on the yield of soybean in the Lower Volga region. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2021;(3):95–104. (In Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-09
11. Balakay GT, Selitskiy SA. Soybean varieties yield by sprinkling and drip irrigation in Rostov region. *Land reclamation and hydraulic engineering*. 2019;(3):80–97. (In Russ.). doi: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97
12. Tolokonnikov VV, Medvedeva LN, Koshkarova TS, Onoprienko YG. Selection of soybean varieties responsible for irrigation with the justification of economic significance for the national economy. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2020;(4):68–79. (In Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2020-04-06
13. Lukomets VM, Zelentsov SV, Moshnenko EV. Theoretical justification of the possibility of selection perspective individuals in variety populations of self-pollinators on the example of soybean. *Maslichnye kul'tury*. 2021;(2):31–40. (In Russ.). doi: 10.25230/2412-608H-2021-2-186-31-40

### Об авторах:

Толоконников Владимир Васильевич — доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9; e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

ORCID: 0000-0001-5457-0947 AuthorID 452688

*Вронская Любовь Васильевна* — младший научный сотрудник, Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д.9; e-mail: vronskaya-l@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-7753-9229 AuthorID 956937

*Агапова Светлана Александровна* — младший научный сотрудник, Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д.9; e-mail: sveta-sxi@rambler.ru  
ORCID: 0000-0001-5159-6578 AuthorID1137229

**About authors:**

*Tolokonnikov Vladimir Vasilyevich* — Doctor of Agricultural Sciences, Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, 9 Timiryazeva st., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru  
ORCID: 0000-0001-5457-0947 AuthorID 452688

*Vronskaya Lyubov Vasilievna* — Junior researcher, Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, 9 Timiryazeva st., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: vronskaya-l@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-7753-9229 AuthorID 956937

*Agapova Svetlana Alexandrovna* — Junior researcher, Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, 9 Timiryazeva st., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: sveta-sxi@rambler.ru  
ORCID: 0000-0001-5159-6578 AuthorID1137229