

УДК 631.83.46:633.174.1

DOI 10.18286/1816-4501-2022-4-6-13

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА  
УРОЖАЙНОСТЬ СЕМЯН СОРГО САХАРНОГО В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ  
ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**Бойко Василий Сергеевич**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заместитель директора по научной работе

**Тимохин Артем Юрьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий агротехнологическим центром

**Михайлов Вячеслав Владимирович**, кандидат биологических наук, научный сотрудник  
ФГБНУ Омский аграрный научный центр  
644012, г. Омск, пр. Королёва, д. 26; тел. 8(951)418-71-00, timokhin@anc55.ru.

**Ключевые слова:** сорго, *Sorghum saccharatum*, кормопроизводство, минеральные удобрения, Омская область.

Сорго занимает значительное место в мировом земледелии и имеет особенную ценность в интенсивном кормопроизводстве. Подбор агроприемов для повышения семенной продуктивности культуры является актуальным и своевременным, так как в снижении затрат на производство кормов определяющее значение имеет обеспеченность собственными семенами. Исследования проводили в Омской области в 2013, 2015–2017 гг. в стационарном полевом опыте в восьмипольном севообороте. Целью работы является изучение влияния условий минерального питания на урожайность семян сорго сахарного, водный и питательный режимы лугово-черноземной почвы в условиях юга Западной Сибири. Схема опыта трехфакторная: обеспеченность почвы подвижным фосфором по Чирикову (фактор А) – средняя, 50-100 мг/кг (фон 0); повышенная, 100-120 мг/кг (I) и 140-150 мг/кг (II); высокая, 150-200 мг/кг (III); фосфорное удобрение (фактор В) –  $P_{60}$ ,  $P_{90}$ ; азотное удобрение (фактор С) –  $N_{60}$ ,  $N_{90}$ ,  $N_{120}$ . Полевой опыт реализован методом наложения допосевого внесения минеральных удобрений на фоны различной обеспеченности почвы фосфором. Почва – лугово-черноземная среднесуглинистая среднегумусная тяжелосуглинистая. Реакция почвенной среды в пахотном слое нейтральная, глубина залегания грунтовых вод в годы исследования весной – 2,86, осенью – 3,09 м. Климат южной лесостепи Омской области с недостаточным увлажнением в отдельные годы и неравномерным распределением осадков в течение вегетационного периода подходит для выращивания сорго сахарного. Урожайность семян сахарного сорго в среднем за 3 года в зависимости от фона составляла от 2,93 до 3,46 т/га, где наибольшая прибавка урожая была отмечена на 0 фоне ( $N_{60} P_{60}$ ) с естественным уровнем подвижного фосфора и допосевным внесением азотных и фосфорных удобрений. Получение семян сорго сахарного в южной лесостепи Омской области возможно. Для достижения высоких урожаев на почвах со средним содержанием подвижного фосфора необходимо применение азотных и фосфорных удобрений. Определяющим также является подбор скороспелого сорта, способного в специфических условиях Сибири сформировать кондиционные семена.

**Введение**

Повышение обеспеченности продукцией животноводства является одной из приоритетных задач Доктрины продовольственной безопасности России. Для её достижения необходима интенсификация кормопроизводства на мегафермах, традиционных сельхозпредприятиях,

в крестьянских фермерских и личных подсобных хозяйствах [1, 2, 3]. Особую ценность для кормопроизводства могут представлять сорговые и просовидные культуры: просо, пайза, суданская трава, сорго сахарное и сорго-суданковые гибриды [4].

Сорго благодаря ценным хозяйственно-

Таблица 1

Зернотравяной севооборот орошаемого стационара ФГБНУ «Омский АНЦ», 2013, 2015–2017 гг.

| Поле | 2013                                                                           | 2015                                                                           | 2016                                                                           | 2017                                                                           |
|------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Сорго сахарное Дуплет                                                          | Бобы кормовые Сибирские                                                        | Сорго сахарное Дуплет                                                          | Соя Эльдорадо                                                                  |
| 2    | Свербига восточная + ко-<br>стрец безостый + козлятник<br>восточная 5-го г. ж. | Свербига восточная + ко-<br>стрец безостый + козлятник<br>восточный 7-го г. ж. | Свербига восточная + ко-<br>стрец безостый + козлятник<br>восточный 8-го г. ж. | Свербига восточная + ко-<br>стрец безостый + козлятник<br>восточный 9-го г. ж. |
| 3    | Бобы кормовые Сибирские                                                        | Горох посевной Благовест                                                       | Ячмень яровой Саша                                                             | Бобы кормовые Сибирские                                                        |
| 4    | Ячмень яровой Саша                                                             | Сорго сахарное Дуплет                                                          | Соя Эльдорадо                                                                  | Ячмень яровой Саша                                                             |
| 5    | Просо + рапс                                                                   | Ячмень яровой Саша                                                             | Соя Эльдорадо                                                                  | Сорго сахарное Дуплет                                                          |
| 6    | Горох посевной Ямальский                                                       | Соя Эльдорадо                                                                  | Бобы кормовые Сибирские                                                        | Соя Эльдорадо                                                                  |
| 7    | Козлятник восточный + ко-<br>стрец безостый 14-го г. ж.                        | Козлятник восточный + ко-<br>стрец безостый 16-го г. ж.                        | Козлятник восточный + ко-<br>стрец безостый 17-го г. ж.                        | Козлятник восточный + ко-<br>стрец безостый 18-го г. ж.                        |
| 8    | Люцерна + коострец без-<br>остый 3-го г. ж.                                    | Люцерна + коострец без-<br>остый 5-го г. ж.                                    | Люцерна + коострец без-<br>остый 6-го г. ж.                                    | Люцерна + коострец без-<br>остый 7-го г. ж.                                    |

биологическим свойствам (высокая урожайность, засухоустойчивость, универсальность использования) заняло в мировом земледелии значительное место [5, 6]. Оно способно вегетировать на засоленных почвах, экономно расходовать воду и элементы минерального питания (азот, фосфор и калий), увеличивая свою урожайность при внесении азотных и фосфорных удобрений [7, 8].

Основным преимуществом сорго сахарного перед другими его видами является высокое содержание питательных веществ при уборке на сенаж, что делает его ценным кормовым ресурсом. В нем больше сахара и оно лучше поедается животными [9, 10, 11].

Неравномерное распределение осадков в летний период на юге Западной Сибири (Омская область) приводит к дефициту влаги в пахотном слое почвы [12], поэтому возделывание сорго как засухоустойчивой культуры в данном регионе может быть рентабельно, а климатические условия способны обеспечить его высокую урожайность.

В снижении затрат на производство кормов определяющим является обеспеченность собственными семенами. Культура сорго малозатратна, так как при рекомендуемой норме высева до 1 млн шт./га высевается не более 20 кг семян. Оно хорошо сочетается с бобовыми (вика яровая, бобы кормовые) для получения зеленых кормов и заготовки корма на стойловый период [13]. Однако в лесостепи Западной Сибири семеноводство даже скороспелых сортов проблематично.

Урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется обеспеченностью почв мобильными формами макро- и микроэлементов, агрофизическими свойствами пахотного горизонта, а также реак-

цией почвенного раствора [14, 15, 16]. Также на реализацию агробиологического потенциала культур оказывает влияние динамика содержания свободной воды в корнеобитаемом слое почвы, наличие в ней легкорастворимых солей, соединений алюминия и иных фитотоксикантов, фитосанитарный фон и температурные условия местности [17, 18, 19]. В таких условиях подбор приемов для повышения семенной продуктивности сорго сахарного является актуальным и своевременным.

Цель работы – изучить влияние условий минерального питания на урожайность семян сорго сахарного, водный и питательный режимы лугово-черноземной почвы в условиях юга Западной Сибири.

#### Материалы и методы исследований

Базой для исследований в 2013, 2015–2017 гг. стал полевой опыт в восьмипольном севообороте (табл. 1), заложенный на стационаре лаборатории полевого кормопроизводства ФГБНУ «Омский АНЦ» в южной лесостепи Омской области (55.046561°N 73.454574°E).

Объект исследований – лугово-черноземная почва, сорго сахарное сорт Дуплет селекции ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий».

Схема опыта включала следующие варианты: обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор А) – средняя, 50-100 мг/кг по Чирикову (0); повышенная, 100-120 мг/кг (I) и 140-150 мг/кг (II); высокая, 150-200 мг/кг (фон III); фосфорное удобрение (фактор В) –  $P_0$ ,  $P_{60}$ ; азотное удобрение (фактор С) –  $N_0$ ,  $N_{30}$ ,  $N_{60}$ . Эксперимент реализован методом наложения азотных и фосфорных удобрений на фоны различной обеспеченности почвы фосфором. Разная обеспеченность фосфором сложилась к периоду проведения эксперимента за счет различного

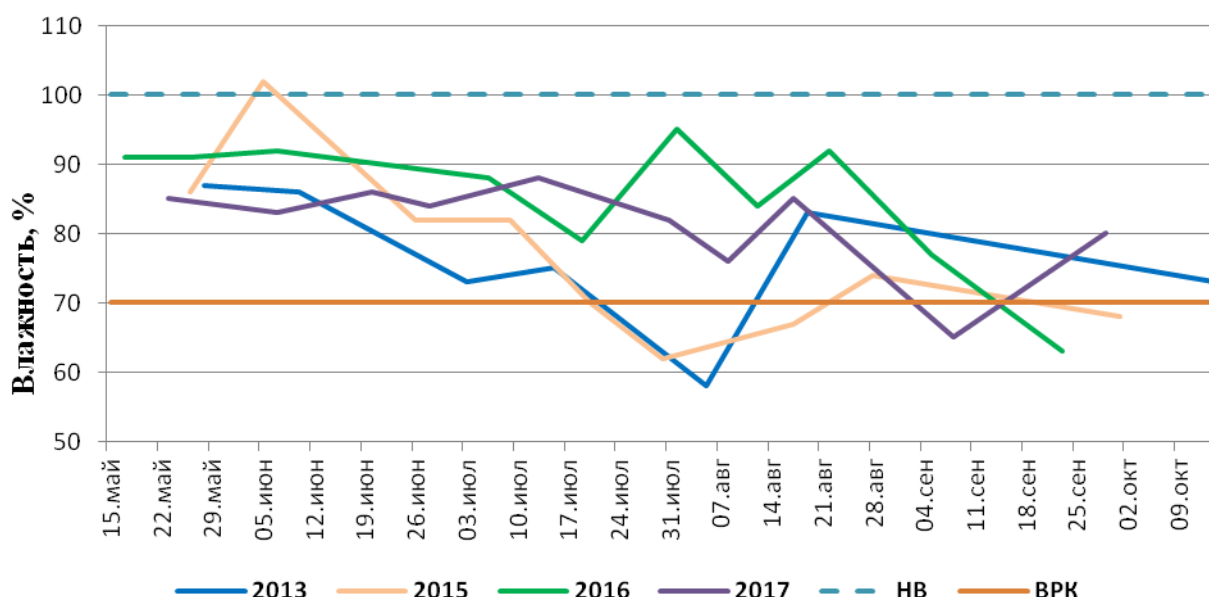


Рис. – Изменение содержания общей влаги в почве в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода, слой 0-1,0 м

его баланса в соответствующих вариантах.

Нитратный азот и подвижный фосфор определяли по общепринятым в агрохимии методикам (ГОСТ 26488-85, ГОСТ 26204-91). Учетная площадь делянки – 36 м<sup>2</sup>, посевная – 360 м<sup>2</sup>. Опыт закладывался в трехкратной повторности.

Фосфорсодержащие (аммофос) и азотные (аммиачная селитра) удобрения вносили локально сеялкой СЗ-3,6 в соответствующих вариантах под сахарное сорго весной, до предпосевной культивации. Основная обработка почвы – отвальная на 0,20...0,22 м. Норма высева сорго сахарного – 20 кг/га (1 млн шт./га). Посев сорго сахарного – 16-22 мая. Учет урожайности семян производился комбайном «Sampro 130» 15 сентября – 2 октября.

Сорго сахарное сорта «Дуплет» – среднеспелый, время от всходов до полного созревания семян – 107 дней, характеризуется высокой устойчивостью к полеганию и засухе, надежностью в воспроизводстве семян, энергичным начальным ростом и устойчивостью к сорным компонентам, относительно быстрым начальным ростом растений [20].

Почва – лугово-черноземная среднесиловатая среднегумусная тяжелосуглинистая, мощность гумусового горизонта – 0,45 м, содержание гумуса в слое 0-0,4 м – 5,9-6,4 %. Обеспеченность почвы элементами минерального питания, определенными по Чирикову: обменным калием – очень высокая, подвижным фосфором – средняя. Содержание нитратного азота – низкое, pH пахотного слоя нейтральный (7,0-7,2).

Пахотный горизонт имел комковато-пылеватую структуру. В среднем глубина залегания грунтовых вод весной в годы исследования – 2,86 м, осенью – 3,09 м.

Вегетационный период 2013 года характеризовался умеренно-теплым маем, аномально сухим июнем, осадками выше нормы в июле и августе, но в целом по соотношению тепла и влаги имел сбалансированный характер, ГТК (июнь-август) составил 1,07. В 2015 году в мае и июне наблюдались высокие значения среднемесячной температуры воздуха, которые были выше нормы. Июль и август отмечались недобором тепла. Количество осадков соответствовало норме. Соотношение тепла и влаги также было сбалансировано, ГТК (июнь-август) составил 1,08.

В 2016 году среднемесячная температура воздуха была выше нормы, особенно в сентябре. Количество осадков, кроме июля, было ниже многолетней нормы, что способствовало широким колебаниям ГТК – от 0,14 в мае до 1,78 в июне и июле. 2017 год отмечался высокими значениями температуры воздуха, которые были выше климатической нормы, что способствовало вызреванию семян сахарного сорго в более ранние сроки. Кроме июля, количество осадков было ниже нормы, ГТК в среднем за июнь-август составляло 0,67, что свидетельствует о засушливости вегетационного периода.

#### Результаты исследований

Запасы влаги в почве перед посевом имеют важное значение для формирования друж-

Таблица 2

Исходный запас общей влаги в почве в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором

| Год     | Слой поч-<br>вы, м | Фоны по обеспеченности P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |     |     |     |     |     |     |     | Среднее |     |
|---------|--------------------|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|
|         |                    | 0                                                    |     | I   |     | I   |     | III |     |         |     |
|         |                    | мм                                                   | %НВ | мм  | %НВ | мм  | %НВ | мм  | %НВ | мм      | %НВ |
| 2013    | 0-0,6              | 178                                                  | 94  | 186 | 98  | 175 | 92  | 185 | 98  | 181     | 96  |
|         | 0-1,0              | 274                                                  | 92  | 278 | 93  | 262 | 87  | 269 | 89  | 271     | 90  |
| 2015    | 0-0,6              | 165                                                  | 87  | 157 | 83  | 168 | 89  | 171 | 90  | 165     | 87  |
|         | 0-1,0              | 262                                                  | 88  | 253 | 85  | 258 | 86  | 263 | 88  | 259     | 87  |
| 2016    | 0-0,6              | 179                                                  | 95  | 177 | 94  | 167 | 88  | 165 | 87  | 172     | 91  |
|         | 0-1,0              | 279                                                  | 93  | 274 | 92  | 271 | 91  | 257 | 86  | 270     | 91  |
| 2017    | 0-0,6              | 176                                                  | 93  | 188 | 100 | 173 | 91  | 164 | 86  | 175     | 93  |
|         | 0-1,0              | 311                                                  | 106 | 311 | 105 | 258 | 85  | 257 | 86  | 284     | 96  |
| Среднее | 0-0,6              | 175                                                  | 92  | 177 | 94  | 171 | 90  | 171 | 90  | 174     | 92  |
|         | 0-1,0              | 282                                                  | 95  | 279 | 94  | 262 | 87  | 262 | 87  | 271     | 91  |

Примечания: НВ – наименьшая влагоемкость почвы для слоя 0-0,6 м – 184 мм, для слоя 0-1,0 м – 297 мм.

Таблица 3

Содержание элементов минерального питания в различных вариантах опыта (2013, 2015–2017 гг.), мг/кг почвы

| Слой почвы, м    | Перед посевом |      |      |      | После уборки  |     |     |     |                  |      |      |      |
|------------------|---------------|------|------|------|---------------|-----|-----|-----|------------------|------|------|------|
|                  | без удобрений |      |      |      | без удобрений |     |     |     | $N_{60}, P_{60}$ |      |      |      |
|                  | 0             | I    | II   | III  | 0             | I   | II  | III | 0                | I    | II   | III  |
| Нитратный азот   |               |      |      |      |               |     |     |     |                  |      |      |      |
| 0-0,2            | 12,1          | 16,7 | 16,7 | 14,6 | 8,0           | 6,3 | 5,0 | 7,1 | 17,7             | 13,8 | 15,3 | 22,7 |
| 0,2-0,4          | 6,0           | 8,6  | 9,4  | 7,8  | 4,5           | 3,1 | 3,1 | 4,3 | 14,4             | 9,8  | 13,1 | 15,5 |
| 0-0,4            | 11,0          | 12,7 | 13,0 | 11,2 | 6,2           | 5,4 | 4,1 | 5,7 | 16,1             | 11,8 | 14,2 | 19,1 |
| Подвижный фосфор |               |      |      |      |               |     |     |     |                  |      |      |      |
| 0-0,2            | 93,           | 119  | 134  | 166  | 124           | 174 | 138 | 149 | 180              | 203  | 211  | 217  |
| 0,2-0,4          | 88,           | 101  | 109  | 126  | 110           | 127 | 99  | 115 | 118              | 133  | 192  | 138  |

ных всходов и зависят от осенне-зимних осадков, 35-45 % которых аккумулируется почвой. Исходный запас общей влаги в почве не зависел от фона обеспеченности фосфором, в среднем составлял 171-177 мм (90-94 % от НВ) в полуметровом слое почвы и 262-287 мм (87-95 % от НВ) – в метровом (табл. 2) и полностью обеспечивал потребность сорго во влаге при посеве.

Неравномерность выпадения осадков, приводящая к дефициту влаги в почве, на определенных этапах онтогенеза культуры может снижать урожайность семян. Минимальное содержание общей влаги в почве (ниже 0,7 НВ) в наиболее критические фазы роста сорго отмечалось в конце июля и в августе 2013 и 2015 гг., что могло оказать существенное влияние на урожайность семян сорго (рис.).

Содержание нитратного азота перед посевом сорго сахарного было средним – 11,0-11,3 мг/кг в слое 0-0,4 м и свидетельствует о необходимости допосевого внесения азотных минеральных удобрений. После уборки его содержание в аналогичных вариантах снижалось

(табл. 3).

Однако в удобренных вариантах отмечалось существенное количество остаточного азота.

Обеспеченность подвижным фосфором перед посевом находилась в соответствии с принципиальной схемой опыта. К уборке показатели в различных вариантах были выше, особенно в удобренных, где содержание фосфора достигало максимальных значений.

Внесение минеральных удобрений при выращивании сорго способствует повышению устойчивости к влиянию абиотических факторов, увеличению продолжительности вегетационного периода культуры, и урожайности надземной массы, накоплению питательных веществ, доли зольных элементов, сырой клетчатки и протеина [21].

Внесение  $N_{60}$  перед посевом увеличивало урожайность сорго с 2,96 до 3,42 т/га или на 15,5%, при внесении  $N_{30}$  выявлена тенденция увеличения – с 2,96 до 3,21 т/га или на 8,4 % в среднем по фактору В (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность семян сорго сахарного в зависимости от уровня минерального питания, т/га семян, 2013, 2015-2017 гг.

| Фосфорное удобрение<br>(фактор А)                                        | Азотное удобрение<br>(фактор В) | Обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор С) |      |      |      | Среднее по фактору |      |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|------|------|------|--------------------|------|
|                                                                          |                                 | 0                                                  | I    | II   | III  | А                  | В    |
| 0                                                                        | 0                               | 2,51                                               | 3,05 | 2,95 | 2,93 | 3,07               | 2,96 |
|                                                                          | N <sub>30</sub>                 | 2,52                                               | 3,21 | 3,27 | 3,26 |                    |      |
|                                                                          | N <sub>60</sub>                 | 3,12                                               | 3,18 | 3,47 | 3,37 |                    | 3,21 |
| P <sub>60</sub>                                                          | 0                               | 3,02                                               | 2,70 | 3,46 | 3,03 | 3,31               |      |
|                                                                          | N <sub>30</sub>                 | 3,35                                               | 2,83 | 3,69 | 3,53 |                    |      |
|                                                                          | N <sub>60</sub>                 | 3,46                                               | 3,39 | 3,52 | 3,78 |                    |      |
| Среднее, С                                                               |                                 | 3,00                                               | 3,07 | 3,40 | 3,32 |                    |      |
| НСР05: А – 0,30; В – 0,36; С – 0,42; для частных средних различий – 1,20 |                                 |                                                    |      |      |      |                    |      |

На фоне со средней обеспеченностью P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> оптимизация условий минерального питания за счет внесения N<sub>60</sub> увеличивала урожайность с 2,51 до 3,12 т/га или на 24%. Внесение P<sub>60</sub> на фоне с естественным уровнем фосфора дает прибавку 0,56 т/га семян или 20,3 %. В среднем по данному фактору выявлена тенденция увеличения до 3,31 т/га семян или на 7,8 %.

Сочетание допосевного внесения P<sub>60</sub> и N<sub>60</sub> на фоне со средним содержанием подвижного фосфора увеличивало урожайность с 2,51 до 3,46 т/га зерна или на 38%. Последствие фонов с повышенным и высоким содержанием фосфора обеспечивало увеличение сбора семян с 2,51 до 2,93-3,05 т/га или на 17-22 %. Комплекс изучаемых факторов способствовал росту урожайности с 2,51 до 3,78 т/га или на 50 %. Невысокая эффективность азотных удобрений, очевидно, связана с посевом сорго после зернобобовых культур и с наличием определенных запасов нитратов перед посевом.

#### Обсуждение

Использование сорговых культур в системе полевого кормопроизводства позволяет снизить его затратность за счет невысокой нормы высева, экономного расходования влаги и элементов минерального питания при высокой и стабильной урожайности энергетически насыщенной массы в сравнении с традиционными однолетними кормовыми культурами.

Биологическая масса данных культур с высоким содержанием сахаров более универсальна в использовании при заготовке различных видов кормов (зеленая масса, сено, сенаж, силос) для кормления КРС.

В России довольно широко представлены исследования по разработке элементов сорто-

вых технологий сорговых культур в различных агроклиматических условиях [22, 23, 24]. Полученные результаты показывают, что наряду с оптимизацией способов посева и норм высева, позволяющих формировать оптимальное число растений на единице площади с учетом морфометрических особенностей конкретного сорта, также важны сбалансированность водного и питательного режимов [25, 26]. Затухание положительного влияния предпосевного внесения фосфора в наших опытах очевидно связано с более высоким уровнем фосфорного потенциала почвы за счет предшествующего внесения фосфорных удобрений. Посев сорго после зернобобовых культур и, как следствие, с наличием определенных запасов нитратов в почве перед посевом также приводил к невысокой эффективности азотных удобрений.

#### Заключение

Таким образом, климат южной лесостепи Омской области с неравномерным распределением осадков в летний период подходит для выращивания сахарного сорго и может обеспечивать приемлемую урожайность его семян даже при недостатке атмосферной влаги.

Урожайность семян сахарного сорго в среднем за 3 года в зависимости от вариантов удобрений составляла от 2,93 до 3,46 т/га, где наибольшая прибавка урожая была отмечена на 0 фоне со средним содержанием подвижного фосфора и допосевным внесением азотных и фосфорных удобрений (N<sub>60</sub> P<sub>60</sub>), на котором в послеуборочный период наблюдался положительный баланс азота и фосфора, что способствовало сохранению потенциального и эффективного плодородия почвы.

## Библиографический список

1. Усовершенствование системы земледелия на мелиорируемых землях Омской области : методические указания / В. С. Бойко, А. Ю. Тимохин, С. П. Гавар, М. А. Асанов, Л. В. Омелянюк, А. И. Черемисин, А. С. Моторин, В. И. Шмаков, А. П. Гусева. – Омск : Издательство ИП Е.А. Макшеевой, 2018. – 32 с.
2. Кормовые добавки с сорбционными и антиоксидантными свойствами для коррекции иммунного статуса и увеличения продуктивности крупного рогатого скота при объёмистом типе кормления / О. А. Десятов, В. Е. Улитко, Л. А. Пыхтина, Ю. Е. Воеводин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 175-182. – DOI 10.18286/1816-4501-2021-1-175-182.
3. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечернозёмной зоне РФ / А. А. Кутузова, А. С. Шпаков, В. М. Косолапов, Д. М. Тебердиев, В. Т. Воловик // Кормопроизводство. – 2021. – № 2. – С. 3-9. – DOI 10.25685/KRM.2021.2.001.
4. Балыш, А. Сорго травянистое – перспективная кормовая культура / А. Балыш, Л. Картавенкова // Наука и инновации. – 2021. – № 2. – С. 72-74.
5. Скрининг сортов сахарного сорго на урожайность зеленой массы в условиях орошения юго-востока Казахстана / Т. Г. Куныпияева, Р. К. Жапаев, Ж. О. Оспанбаев, Е. К. Жусупбеков, М. Г. Мустафаев, А. С. Досжанова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 82-86.
6. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on the production of biogas from maize and sorghum in a water limited environment / S. Amaducci, M. Colauzzi, F. Battini, Alessandra Fracasso, A. Perego // European Journal of Agronomy. – 2016. – Vol. 76. – P. 54-65. – DOI:10.1016/J.EJA.2016.01.019.
7. Assefa, Y. Grain Sorghum Water Requirement and Responses to Drought Stress: A Review / Y. Assefa, S. Staggenborg, V.P.V. Prasad // Crop Management. – 2010. – Vol. 9. – P. 1-11. – DOI: 10.1094/CM-2010-1109-01-RV.
8. Energy dissipation and antioxidant enzyme system protect photosystem II of sweet sorghum under drought stress / Y. Y. Guo, S. S. Tian, S. S. Liu, W. G. Wang, N. Sui // Photosynthetica. – 2017. – Vol. 56. – P. 861-872. – DOI:10.1007/s11099-017-0741-0.
9. Оценка продуктивности и хозяйственно ценных признаков и свойств гибрида сорго сахарного Ярик / Б. А. Володин, М. П. Жукова, И. А. Донец, А. С. Голубь, Н. С. Чухлебowa // Вестник АПК Ставрополя. – 2019. – № 1. – С. 74-77. – DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-33-74-77.
10. Шкодина, Е. П. Биологические основы выращивания сорго на Северо-Западе Нечерноземной зоны / Е. П. Шкодина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 4. – С. 531-541. – DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541>.
11. Гулидова, В. А. Сахарное сорго – альтернатива кукурузе / В. А. Гулидова, С. Ю. Гусева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 15-20.
12. Тимохин, А. Ю. Зернобобовые культуры в системе орошаемого агроценоза : монография / А. Ю. Тимохин, В. С. Бойко. – Омск : ФГБНУ Омский АНЦ, 2021. – 164 с. – ISBN 978-5-98559-008-1.
13. Хозяйственно ценные признаки конкурсного испытания сахарного сорго / С. И. Капустин, А. Б. Володин, А. С. Капустин, М. Ю. Кухарук // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3. – С. 56-61. – DOI 10.37670/2073-0853-2021-89-3-56-61.
14. Бойко, В. С. Повышение продуктивности сои на лугово-черноземных почвах Омского Прииртышья / В. С. Бойко, А. Ю. Тимохин // Земледелие. – 2017. – № 8. – С. 21-23.
15. Содержание лабильного органического вещества в луговочерноземной почве при длительном применении удобрений / Н. Ф. Балабанова, Н. А. Воронкова, В. Д. Дороненко, В. А. Волкова, Н. А. Цыганова // Земледелие. – 2020. – № 2. – С. 7-9. – DOI 10.24411/0044-3913-2020-10202.
16. Козлов, А. В. Подвижность силикатов, показатели плодородия дерново-подзолистой почвы, биоаккумуляция кремния и продуктивность сельскохозяйственных культур под действием цеолита / А. В. Козлов, А. Х. Куликова, И. П. Уромова // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – № 1. – С. 183-198. – DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.183rus.
17. Соколов, О. А. Эколого-физиологическая оценка минерального питания растений / О. А. Соколов, В. А. Черников, Н. Я. Шмырева // Известия ТСХА. – 2016. – № 3. – С. 5-17.
18. Шулико, Н. Н. Фитотоксичность чернозема выщелоченного при выращивании ячменя ярового / Н. Н. Шулико, О. Ф. Хамова, Е. В. Тукмачева // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4. – С. 52-57.
19. Экологическая оценка содержания тя-

желых металлов в почвах агроценозов Западной Сибири / В. Н. Якименко, Г. А. Конарбаева, В. С. Бойко, А. Ю. Тимохин // Экология и промышленность России. – 2020. – № 12. – С. 52-57. – DOI 10.18412/1816-0395-2020-12-52-57.

20. Шукис, Е. Р. Новый сорт сорго Дуплет / Е. Р. Шукис, С. К. Шукис // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 2. – С. 12-14.

21. Бельченко, С. А. Продуктивность сортирента ярового сорго в зависимости от фона минерального питания / С. А. Бельченко, А. В. Дронов, В. Ф. Шаповалов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 38-44. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-2-38-44.

22. Пигорев, И. Я. Продуктивность сахарного сорго в условиях Курской области / И. Я. Пигорев, В. А. Семькин // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 9. – С. 193-195.

23. Реализация продуктивного потенциала различными по скороспелости сортообразцами сорговых культур в условиях Алтайского края / Е. Р. Шукис, А. Б. Володин, С. К. Шукис, А. П. Дробышев // Вестник Алтайского государствен-

ного аграрного университета. – 2020. – № 5. – С. 69-77.

24. Продуктивность сорговых культур в зависимости от агротехнических приемов возделывания в регионах Российской Федерации (обзор) / О. П. Кибальник, И. Г. Ефремова, Ю. В. Бочкарева, А. В. Прахов, Д. С. Семин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 2. – С. 155-166. – DOI <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.155-166>.

25. Шукис, Е. Р. Пути решения проблемы качества семян сорговых культур в Алтайском крае / Е. Р. Шукис, С. К. Шукис // Кормопроизводство. – 2019. – № 5. – С. 31-36. – DOI 10.25685/KRM.2019.2019.30731.

26. Эффективность применения биорегуляторов роста при возделывании кормового сорго и сои на Юго-Западе Центрального региона / С. А. Бельченко, А. В. Дронов, О. А. Зайцева, Н. В. Милехина, Т. И. Васькина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 5-14.

#### INFLUENCE OF DIFFERENT CONDITIONS OF MINERAL NUTRITION ON YIELD OF SWEET SORGHUM SEEDS IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

Boyko V.S., Timokhin A.Yu., Mikhailov V.V.  
FSBEI Omsk Agricultural Research Center  
644012, Omsk, Koroleva Ave., 26;  
tel. 8(951)418-71-00, timokhin@anc55.ru.

**Key words:** sorghum, *Sorghum saccharatum*, feed production, mineral fertilizers, Omsk region.

Sorghum occupies a significant place in world agriculture and is of particular value in intensive feed production. The selection of agricultural practices for increase of seed productivity is relevant and current, since the availability of own seeds is of decisive importance in reduction of feed production cost. The studies were carried out in Omsk region in 2013, 2015–2017 in a stationary field experiment in eight-field crop rotation. The aim of the work is to study the influence of mineral nutrition conditions on yield of sweet sorghum seeds, water and nutritional regimes of meadow-black soil in the conditions of the south of Western Siberia. The experiment included a three-factor scheme: the supply of soil with mobile phosphorus according to Chirikov (factor A) – average, 50–100 mg/kg (background 0); increased, 100–120 mg/kg (I) and 140–150 mg/kg (II); high, 150–200 mg/kg (III); phosphorus fertilizer (factor B) –  $P_0$ ,  $P_{60}$ ; nitrogen fertilizer (factor C) –  $N_0$ ,  $N_{30}$ ,  $N_{60}$ . The field experiment was implemented by mutual method of pre-sowing application of mineral fertilizers and different levels of phosphorus in the soil. The soil is meadow-black soil, medium-thick, medium-humus, heavy loamy. The reaction of the soil environment in the arable layer is neutral, the depth of groundwater in spring is 2.86, in autumn – 3.09 m. The climate of the southern forest-steppe of Omsk region is suitable for sweet sorghum cultivation with insufficient moisture in some years and uneven distribution of precipitation during the growing season. The yield of sweet sorghum seeds ranged from 2.93 to 3.46 t/ha on average for 3 years, depending on the background, the largest yield increase was noted on 0 background ( $N_{60}P_{60}$ ) with a natural level of mobile phosphorus and pre-sowing application of nitrogen and phosphorus fertilizers. It is possible to obtain seeds of sweet sorghum in the southern forest-steppe of Omsk region. To achieve high yields on soils with an average content of mobile phosphorus, it is necessary to use nitrogen and phosphorus fertilizers. It is also indispensable to select an early ripening variety capable of forming high quality seeds in the specific conditions of Siberia.

#### Bibliography:

1. Improvement of the farming system on reclaimed lands of Omsk region: instructional guidelines / V. S. Boyko, A. Yu. Timokhin, S. P. Gavar, M. A. Asanov, L. V. Omelyanyuk, A. I. Cheremisin, A. S. Motorin, V. I. Shmakov, A. P. Guseva. – Omsk: Publishing house IP of E.A. Maksheeva, 2018. – 32 p.
2. Feed additives with sorption and antioxidant properties for correction of immune status and productivity increase of cattle in case of bulk type feeding / O. A. Desyatov, V. E. Ulitko, L. A. Pykhtina, Yu. E. Voevodin // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2021. – № 1. – P. 175–182. – DOI 10.18286/1816-4501-2021-1-175-182.
3. State and prospects for development of feed production in the Non-black soil zone of the Russian Federation / A. A. Kutuzova, A. S. Shpakov, V. M. Kosolapov, D. M. Teberdiev, V. T. Volovik // Feed production. – 2021. – № 2. – P. 3–9. – DOI 10.25685/KRM.2021.2021.2.001.
4. Balysh, A. Grass sorghum is a promising feed crop / A. Balysh, L. Kartavenkova // Science and Innovations. – 2021. – № 2. – P. 72–74.
5. Screening of sweet sorghum varieties for green mass yield under irrigation conditions in the south-east of Kazakhstan / T. G. Kunyapiyeva, R. K. Zhapayev, Zh. O. Ospanbaev, E. K. Zhushupbekov, M. G. Mustafaev, A. S. Doszhanova // Vestnik of the Belarusian State Agricultural Academy. – 2021. – № 4. – P. 82–86.
6. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on the production of biogas from maize and sorghum in a water limited environment / S. Amaducci, M. Colauzzi, F. Battini, Alessandra Fracasso, A. Perego // European Journal of Agronomy. – 2016. – Vol. 76. – P. 54–65. – DOI:10.1016/j.eja.2016.01.019.
7. Assefa, Y. Grain Sorghum Water Requirement and Responses to Drought Stress: A Review / Y. Assefa, S. Staggenborg, V.P.V. Prasad // Crop Management. – 2010. – Vol. 9. – P. 1–11. – DOI: 10.1094/CM-2010-1109-01-RV.
8. Energy dissipation and antioxidant enzyme system protect photosystem II of sweet sorghum under drought stress / Y. Y. Guo, S. S. Tian, S. S. Liu, W. G. Wang, N. Sui // Photosynthetica. – 2017. – Vol. 56. – P. 861–872. – DOI:10.1007/s11099-017-0741-0.

9. Evaluation of productivity and economically valuable traits and properties of Yarik sweet sorghum hybrid / B. A. Volodin, M. P. Zhukova, I. A. Donets, A. S. Golub, N. S. Chukhlebova // *Vestnik of the AIC of Stavropol*. – 2019. – № 1. – P. 74-77. – DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-33-74-77.
10. Shkodina, E.P. Biological bases of sorghum cultivation in the North-West of the Non-Black soil zone / E.P. Shkodina // *Agrarian science of the Euro-North-East*. – 2021. – № 4. – P. 531-541. – DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541>.
11. Gulidova, V. A. Sweet sorghum – an alternative to corn / V. A. Gudilova, S. Yu. Guseva // *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. – 2020. – № 3. – P. 15-20.
12. Timokhin, A. Yu. Leguminous crops in the system of irrigated agroecosystem: monograph / A. Yu. Timokhin, V. S. Boyko. – Omsk: FSBEI Omsk ASC, 2021. – 164 p. – ISBN 978-5-98559-008-1.
13. Economically valuable features of competitive testing of sweet sorghum / S. I. Kapustin, A. B. Volodin, A. S. Kapustin, M. Yu. Kukharuk // *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*. – 2021. – № 3. – P. 56-61. – DOI 10.37670/2073-0853-2021-89-3-56-61.
14. Boyko, V.S. Increase of soybean productivity on meadow-black soils of the Omsk Irtysh region / V. S. Boyko, A. Yu. Timokhin // *Agriculture*. – 2017. – № 8. – P. 21-23.
15. Content of labile organic matter in meadow black soil in case of long-term application of fertilizers / N. F. Balabanova, N. A. Voronkova, V. D. Doronko, V. A. Volkova, N. A. Tsyganova // *Agriculture*. – 2020. – № 2. – P. 7-9. – DOI 10.24411/0044-3913-2020-10202.
16. Kozlov, A. V. Mobility of silicates, parameters of soddy-podzolic soil fertility, bioaccumulation of silicon and productivity of agricultural crops under the influence of zeolite / A. V. Kozlov, A. Kh. Kulikova, I. P. Uromova // *Agricultural biology*. – 2021. – № 1. – P. 183-198. – DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.183rus.
17. Sokolov, O. A. Ecological and physiological assessment of mineral nutrition of plants / O. A. Sokolov, V. A. Chernikov, N. Ya. Shmyreva // *Izvestiya of TAA*. – 2016. – № 3. – P. 5-17.
18. Shuliko, N. N. Phytotoxicity of leached black soil in spring barley cultivation / N. N. Shuliko, O. F. Khamova, E. V. Tukmacheva // *Vestnik of Omsk State Agrarian University*. – 2016. – № 4. – P. 52-57.
19. Ecological assessment of the content of heavy metals in the soils of agroecosystems of Western Siberia / V. N. Yakimenko, G. A. Konarbaeva, V. S. Boyko, A. Yu. Timokhin // *Ecology and Industry of Russia*. – 2020. – № 12. – P. 52-57. – DOI 10.18412/1816-0395-2020-12-52-57.
20. Shukis, E. R. Duplet – a new sorghum variety / E. R. Shukis, S. K. Shukis // *Grain Economy of Russia*. – 2011. – № 2. – P. 12-14.
21. Belchenko, S. A. Productivity of spring sorghum assortment depending on the background of mineral nutrition / S. A. Belchenko, A. V. Dronov, V. F. Shapovalov // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. – 2018. – № 2. – P. 38-44. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-2-38-44.
22. Pigorev, I. Ya. Productivity of sweet sorghum in the conditions of Kursk region / I. Ya. Pigorev, V. A. Semykin // *Achievements of modern natural science*. – 2010. – № 9. – P. 193-195.
23. Realization of productive potential by sorghum varieties with different maturity time in the conditions of the Altai Territory / E. R. Shukis, A. B. Volodin, S. K. Shukis, A. P. Drobyshev // *Vestnik of Altai State Agrarian University*. – 2020. – № 5. – P. 69-77.
24. Productivity of sorghum crops depending on agrotechnical methods of cultivation in the regions of the Russian Federation (review) / O. P. Kibalnik, I. G. Efremova, Yu. V. Bochkareva, A. V. Prakhov, D. S. Semin // *Agrarian science of the Euro-North-East*. – 2021. – № 2. – P. 155-166. – DOI <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.155-166>.
25. Shukis, E. R. Solutions of the problem of seed quality of sorghum crops on the Altai Territory / E. R. Shukis, S. K. Shukis // *Feed production*. – 2019. – № 5. – P. 31-36. – DOI 10.25685/KRM.2019.2019.30731.
26. Efficiency of application of growth bioregulators in cultivation of feed sorghum and soybeans in the South-West of the Central region // *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. – 2020. – № 3. – P. 5-14.