

*The article presents the results of studies to assess the productivity of winter wheat varieties when applying fertilizers to the planned yield of 4.5 and 8.5 t/ha, and the use of a system of stimulating drugs in the treatment of growing plants in the forest-steppe of the Middle Volga region. The elements of the structure and productivity of the winter wheat crop were assessed. The maximum yield was reached on Yuka crops of 6.05 t/ha (planned yield of 4.5 t/ha) and 9.27 t/ha (planned yield of 8.5 t/ha). The best indicators were noted in the case of systemic treatment of crops with MEGAMIX and YaraVita. The planned yield level on average for varieties was 122% against the background of 1 (the planned harvest is 4.5 t/ha), and 99% against the second background (the planned harvest is 8.5 t/ha).*

*Key words: winter wheat, fertilizers, planned yield, stimulating preparations.*

УДК 631.828.2:631.828:633.34

DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.08

## **ЗНАЧЕНИЕ СЕРЫ В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ СОИ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОГО РЕГИОНА**

**Л.В. Левшаков<sup>1</sup>, к. с.-х. н., В.В. Пироженко<sup>2</sup>,**

**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И. И. Иванова  
г. Курск, ул. К. Маркса, 70, [leo-levshakov@yandex.ru](mailto:leo-levshakov@yandex.ru)**

**<sup>2</sup>ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Курская»  
г. Курск, ул. Энгельса, 140а, e-mail: [agrohim\\_46\\_1@mail.ru](mailto:agrohim_46_1@mail.ru)**

*Проведены исследования по применению минеральных серосодержащих удобрений при возделывании сои на тёмно-серых лесных почвах с очень низким содержанием подвижной серы (1,19 мг/кг). Определён уровень прибавки урожая зерна сои от внесения серосодержащих удобрений. Наиболее продуктивно и эффективно внесение удобрения марки NPKS (15-15-15-10) в дозе 3 ц/га весной до посева, при этом получена наиболее высокая урожайность сои (2,80 т/га). Удобрения с серой на почвах с очень низким её содержанием улучшают качественные характеристики зерна сои. Наиболее эффективно внесение сульфата аммония в дозе 2,3 ц/га, при этом белок повышается до 40,54% (+1,69% к контролю), а растительный жир – до 21,92% (+0,77%).*

*Ключевые слова: тёмно-серая лесная почва, подвижная сера, соя, удобрения с серой, урожайность, белок, жир.*

Для цитирования: Левшаков Л.В., Пироженко В.В. Значение серы в повышении продуктивности сои на серых лесных почвах Центрально-Чернозёмного региона // Плодородие. – 2023. – №6. – С. 31-34.  
DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.08.

Полноценное и сбалансированное питание в течение всего вегетационного периода – основа получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур [1]. Поэтому, для обеспечения высокой продуктивности возделывания сельскохозяйственных культур, почва должна содержать высокий уровень доступных форм всех элементов, включая макро-, мезо-и микроэлементы [2]. В последние годы при возделывании многих культур, в том числе сои, в системе питания всё более важное значение отводится сере [3-5]. Это связано с тем, что из бобовых культур, возделываемых в России, соя характеризуется наиболее высоким содержанием серы в семенах (0,30 %) и, соответственно, наиболее высоким выносом её с урожаем [2]. Считается, что достаточная обеспеченность растений серой в значительной степени определяет качество растительного белка [3]. Отмечается [6], что на продуктивность возделывания большинства сельскохозяйственных культур влияют не только обеспеченность почвы доступной для растений серой, но и соотношение её с макроэлементами, в первую очередь с азотом. В работах многих учёных [3, 5, 7] показано, что сера, наряду с азотом, является одним из важнейших элементов, входящих в зерно сои в состав аминокислот и белковых соединений и определяющих её качество.

Степень использования подвижной серы из почвы зависит от многих факторов, наиболее важными и значимыми из которых, по мнению многих исследователей, являются особенности возделываемой культуры, уровень обеспеченности почв серой, погодные условия в период вегетации, дозы и способы внесения удобрений и др. [1, 2, 8].

Анализ плодородия почвенного покрова Курской области, проведенный в последние годы показал, что большая часть площадей почв сельскохозяйственных угодий имеет низкое содержание подвижной серы [9, 10]. Более 90% обследованной площади пашни относят к почвам с дефицитом подвижной серы. При этом прослеживается прямая зависимость между содержанием доступных для растений форм серы и основными показателями почвенного плодородия, такими как содержание органического вещества, величиной pH и гранулометрическим составом [2, 7, 10]. Наблюдается устойчивая отрицательная динамика снижения обеспеченности почв сельскохозяйственных угодий подвижной серой. Основными причинами считаются уменьшение интенсивности выпадения сернистых соединений из атмосферы и увеличение в структуре посевных площадей культур, в значительной степени накапливающих и выносящих с высокими урожаями большое количество серы. Такая картина наблюдается во многих областях европейской части России, включая регионы лесостепи Центрального Черноземья [10].

При возделывании сои на почвах с дефицитом серы в системе минерального питания всё более широко используют серосодержащие минеральные удобрения [9]. Ассортимент серосодержащих удобрений в течение последнего времени значительно изменился. В настоящее время, помимо классических комплексных удобрений с различным содержанием макроэлементов и серы, всё более активно применяются водорастворимые серосодержащие удобрения [5].

Вследствие этого, важным и актуальным вопросом в современных технологиях возделывания сои является разработка приёмов, способов и доз внесения минеральных удобрений с серой. Необходимы практические исследования, позволяющие установить наиболее оптимальные параметры внесения серосодержащих удобрений, обеспечивающих стабилизацию плодородия почвы, повышение урожайности и качества зерна сои в почвенно-климатических условиях Центрального Черноземья.

**Цель исследования** – определить количественные показатели увеличения урожайности и качества зерна сои при внесении серосодержащих удобрений на тёмно-серой лесной почве с низким содержанием подвижной серы.

**Методика.** Полевые опыты по эффективности видов и доз серосодержащих удобрений на тёмно-серой лесной почве с низким содержанием подвижной серы проводили на опытном поле НОПЦ «Учхоз «Знаменское» Курской ГСХА им. И. И. Иванова в 2020 – 2022 г. Схема опытов при возделывании сои включала следующие варианты:

1. Контроль (без удобрений);
2.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (1,3 ц/га),  $\text{N}_{45}$  до посева;
3.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (2,3 ц/га),  $\text{N}_{46}\text{S}_{55}$  до посева;
4.  $\text{N:P:K:S}$  (15:15:15:10) – 3 ц/га ( $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}\text{S}_{30}$ ) до посева;
5. Нитрофоска, 16:16:16 – 2,9 ц/га ( $\text{N}_{46}\text{P}_{46}\text{K}_{46}$ ) до посева;
6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно по листу;
7. Ikar Elais, N:S, 13:32, 1 л/га +  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , 0,25 ц/га ( $\text{N}_{11}$ ), двукратно по листу.

Опыты с минеральными удобрениями на сое проводили на делянках общей площадью 300 м<sup>2</sup>, учётной 200 м<sup>2</sup>. Применяли классическую технологию возделывания сои, оптимизированную для условий Центрально-Чернозёмного региона. В опытах использовали сою сорта Казачка, технология возделывания сои классическая для лесостепи Центрально-Чернозёмного региона. Уборку сои по вариантам опытов осуществляли комбайном «Террион». После уборки урожайность сои пересчитывали на 100 %-ную чистоту и 12 %-ную влажность зерна. Непосредственно перед уборкой определяли структуру урожая сои по следующим показателям: количество бобов на одном растении, количество зерен в одном бобе, масса зерна с каждого растения, масса 1000 зерен.

Отобранные почвенные образцы анализировали в агрохимической лаборатории САС «Курская» по соответствующим методикам. Качество зерна сои по содержанию белка и жира определяли в лаборатории кафедры «Технология производства и переработки с.-х. продукции» на анализаторе зерна «Infratec™1241». Содержание подвижной серы устанавливали методом объемной трилометрической оценки сульфатов (ГОСТ 26490-85). В исследованиях применяли традиционные минеральные удобрения производства АО «ФосАгро» и жидкое водорастворимое серно-азотное (S-N) удобрение Ikar Elais.

На эффективность применения удобрений в значительной степени влияют агрометеорологические факторы. Погодные условия в период проведения исследований (2020-2022 г.) характеризовались значительной вариабельностью и отличиями от среднесезонных значений, но в целом были типичными для Центрально-Черноземного региона. Наиболее благоприятные условия для получения максимальной продуктивности подсолнечника сложились в 2020 и в 2022 г. В 2020 г. вегетационный период начался на 2 нед раньше среднесезонных сроков, а далее началась холодная и затяжная весна. Последующие летние месяцы были

благоприятными по температуре и осадкам, что обеспечило высокую урожайность сои. В 2021 г. погодные условия значительно отличались от среднеклиматической нормы. Благоприятные весенние месяцы сменились летней жаркой и сухой погодой с небольшим количеством осадков, что явилось доминирующим фактором снижения уровня полученной урожайности. Погодные условия 2022 г. наиболее благоприятны по соотношению температуры, количества и периодичности выпадения атмосферных осадков. Однако в сентябре выпала двухмесячная норма осадков, что осложнило и задержало сроки проведение уборки сои и повлияло на качество зерна.

**Результаты и их обсуждение.** Сера входит в число важнейших элементов питания и по важности для получения высокой продуктивности сои её ставят на четвёртое место после азота, фосфора и калия [2, 3, 11]. Поэтому требуются оптимальные условия обеспечения этим элементом растений сои в течение всего периода вегетации. Однако, как показывают данные агрохимического обследования зональных почв Курской области, содержание подвижной серы в пахотном слое очень низкое [12]. В таблице 1 представлены данные об обеспеченности почв региона подвижными формами серы.

**1. Обеспеченность подвижной серой почв Курской области, мг/кг**

| Почвы                | Обеспеченность почв, % |                      |                    | Среднезвешенное содержание |
|----------------------|------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|
|                      | низкая,<br>< 6,0       | средняя,<br>6,0-12,0 | высокая,<br>> 12,0 |                            |
| Серые лесные         | 94,7                   | 4,9                  | 0,4                | 2,52                       |
| Чернозёмы            | 92,3                   | 7,2                  | 0,5                | 3,19                       |
| В среднем по области | 93,4                   | 6,1                  | 0,5                | 2,90                       |

Наиболее низкое содержание подвижной серы отмечено в серых лесных почвах. В 2021 г. почти 95% площади имели низкую обеспеченность и среднее содержание серы – 2,52 мг/кг почвы. В этих условиях в системе минерального питания сои внесение удобрений с серой становится обязательным технологическим приёмом. Помимо содержания подвижной серы в почвах, на эффективность применения серосодержащих минеральных удобрений в значительной степени влияют такие агрохимические показатели, как содержание макроэлементов, в первую очередь доступного азота, кислотно-щелочной режим, содержание органического веществ. Полевые опыты проведены на тёмно-серой лесной почве с очень низким содержанием гумуса (2,3%), pH 4,2, низкой обеспеченностью азотом (118 мг/кг), повышенной фосфором (137 мг/кг) и калием (129 мг/кг). Почва участка минимально обеспечена подвижной серой (1,19 мг/кг). Внесение удобрений под культивацию по вариантам проведения полевых опытов, в том числе серосодержащих, повышает содержание элементов питания в пахотном слое, улучшая тем самым условия минерального питания в течение всего периода вегетации (табл. 2).

Внесение аммонийной селитры весной под культивацию в дозе  $\text{N}_{45}$  увеличивает содержание щелочногидролиземого азота в почве до 135,1 (+17,1 к контролю) мг/кг, а сульфата аммония в дозе  $\text{N}_{45}\text{S}_{55}$  обеспечило повышение на 14,2 мг/кг. При использовании сульфата аммония содержание подвижной серы значительно увеличивается (на 1,60 мг/кг), но остаётся ещё на низком уровне обеспеченности. При внесении комплексного удобрения с серой в дозе  $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}\text{S}_{30}$  в почве закономерно увеличивается содержание азота (+18,8), фосфора

(+16,1), калия (+16,7) и серы (+0,9 мг/кг). Нитроаммофоска в дозе  $N_{46}P_{46}K_{46}$  также увеличивает содержание в почве азота, фосфора, калия. Внесение водорастворимых удобрений при листовой подкормке не влияет на содержание элементов питания в почве.

## 2. Агрохимические показатели плодородия тёмно-серой лесной почвы по вариантам опытов (в среднем за 2020–2022 г.), мг/кг

| Вариант  | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | S    |
|--|-------|-------------------------------|------------------|------|
| 1. Контроль (без удобрений)  | 118,0 | 131,0                         | 129,0            | 1,25 |
| 2. $NH_4NO_3$ , $N_{45}$ , до посева                                 | 135,1 | 135,5                         | 132,5            | 1,32 |
| 3. $(NH_4)_2SO_4$ , $N_{46}S_{55}$ , до посева                       | 132,2 | 136,8                         | 134,2            | 2,85 |
| 4. $N_{45}P_{45}K_{45}S_{30}$ , до посева                            | 136,8 | 147,1                         | 145,7            | 2,15 |
| 5. $N_{46}P_{46}K_{46}$ , до посева                                  | 141,9 | 145,7                         | 147,4            | 1,42 |
| 6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно по листу                            | 121,8 | 132,9                         | 131,1            | 1,32 |
| 7. Ikar Elais, 1 л/га + $CO(NH_2)_2$ , $N_{11}$ , двукратно по листу | 119,8 | 133,2                         | 132,0            | 1,30 |
| HCP <sub>05</sub>  | 3,01  | 5,19                          | 4,72             | 0,09 |

Внесение удобрений оптимизирует условия питания сои в течение вегетационного периода, что отражается на интенсивности ростовых процессов и полученной урожайности. Перед уборкой определяли элементы структуры урожая, такие как количество бобов с одного растения, озерненность боба, масса зёрен с одного боба и масса 1000 зёрен. Полученные данные показывают, что внесение различных видов минеральных удобрений, в том числе серосодержащих, повлияло на повышение показателей структуры урожая сои по вариантам опыта (табл. 3).

Внесение аммонийной селитры в дозе  $N_{45}$  весной под предпосевную культивацию увеличивает количество бобов на одном растении на 0,9 шт., количество зёрен в бобе на 3,4 шт., массу зерен с одного растения – на 0,55 г и массу 1000 зерен на 5,1 г – до 13,7 г.

## 3. Влияние минеральных серосодержащих удобрений, на структуру урожая сои по вариантам опыта, НОПЦ «Учхоз «Знаменское» (в среднем за 2020–2022 г.)

| Вариант опыта  | Высота растений, см | Число бобов на 1 растении | Число зерен на 1 растении | Масса зерна с 1 растения, г | Масса 1000 зерен, г |
|--|---------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1. Контроль (без удобрений)  | 99,4                | 19,9                      | 36,7                      | 4,78                        | 126,7               |
| 2. $NH_4NO_3$ , $N_{45}$ , до посева                                 | 103,0               | 20,8                      | 40,1                      | 5,33                        | 131,8               |
| 3. $(NH_4)_2SO_4$ , $N_{46}S_{55}$ , до посева                       | 105,6               | 21,3                      | 43,0                      | 5,91                        | 135,8               |
| 4. $N_{45}P_{45}K_{45}S_{30}$ , до посева                            | 106,8               | 21,6                      | 43,8                      | 6,19                        | 137,0               |
| 5. $N_{46}P_{46}K_{46}$ , до посева                                  | 103,5               | 21,0                      | 40,6                      | 5,51                        | 134,6               |
| 6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу                           | 100,4               | 20,2<br>0,3               | 37,1<br>0,4               | 4,84<br>0,06                | 127,8<br>1,1        |
| 7. Ikar Elais, 1 л/га + $CO(NH_2)_2$ , $N_{11}$ , двукратно по листу | 101,9               | 20,6<br>0,7               | 38,6<br>1,9               | 5,12<br>0,34                | 130,1<br>4,6        |
| HCP <sub>0,5</sub>   | 1,23                | 0,52                      | 1,96                      | 0,48                        | 2,82                |

Более эффективно оказалось внесение минеральных удобрений, содержащих серу. При внесении сульфата аммония на одном растении количество бобов увеличилось на 1,4 шт., зерен на 6,3 шт., масса зерна на 1,13 г и масса 1000 зерен на 9,1 г. Внесение комплексного удобрения с серой в дозе  $N_{45}P_{45}K_{45}S_{30}$  увеличило количество бобов на 1,7 шт., зерен на 7,1 шт. При этом масса зерна увеличилась на 1,41 г, а масса 1000 зерен на 9,1 г. В

варианте внесения нитрофоски в дозе  $N_{46}P_{46}K_{46}$  количество бобов увеличилось на 0,6 шт., зерен на 3,5 шт., масса зерна на 0,68 г и масса 1000 зерен на 1,4 г. Листовая подкормка Ikar Elais в дозе 1 л/га не оказывает достоверного влияния на структуру урожая сои и более эффективна при совместном внесении с карбамидом. При этом эффективность практически одинакова с вариантом внесения аммонийной селитры в дозе  $N_{45}$ . Удобрения с серой активизируют рост и развитие растений, что отразилось на их высоте. В сравнении с контролем она увеличилась от 1,0 см (Ikar Elais двукратно в дозе 1 л/га) и до 7,4 см (комплексное удобрение с серой в дозе  $N_{45}P_{45}K_{45}S_{30}$ ).

Показатели структуры урожая сои закономерно отразились на полученной урожайности. На эффективность серосодержащих удобрений значительно влияют погодные условия, что отразилось на более высокой урожайности сои в 2020 и 2022 г., связанной с благоприятными климатическими факторами. Внесение удобрений с серой на тёмно-серой лесной почве и полученный уровень урожайности по вариантам опыта демонстрируют их высокую эффективность на почвах с очень низким содержанием подвижной серы. Внесение аммонийной селитры весной под предпосевную культивацию в дозе 1,3 ц/га в среднем за три года дало прибавку зерна сои 0,24 т/га в сравнении с контролем и урожайность 2,40 т/га. Сульфат аммония в дозе 2,3 ц/га в этих условиях обеспечил прибавку 0,48 т/га, что на 0,24 т/га больше в сравнении с вариантом применения аммонийной селитры (табл. 4).

## 4. Урожайность сои при внесении минеральных удобрений на тёмно-серой лесной почве (НОПЦ «Учхоз «Знаменское»)

| Вариант  | Урожайность т/га |         |             |                     |               |
|--|------------------|---------|-------------|---------------------|---------------|
|  | 2020 г.          | 2021 г. | 2022 г.     | В среднем за 3 года | Прибавка      |
| 1. Контроль (без удобрений)  | 2,21             | 1,92    | 2,35        | 2,16                | -             |
| 2. $NH_4NO_3$ , $N_{45}$ , до посева                                 | 2,48             | 2,10    | <b>2,61</b> | 2,40                | 0,24          |
| 3. $(NH_4)_2SO_4$ , $N_{46}S_{55}$ , до посева                       | 2,63             | 2,42    | 2,88        | 2,64                | 0,48<br>*0,24 |
| 4. $N_{45}P_{45}K_{45}S_{30}$ , до посева                            | 2,77             | 2,58    | <b>3,05</b> | <b>2,80</b>         | 0,64<br>*0,17 |
| 5. $N_{46}P_{46}K_{46}$ , до посева                                  | 2,69             | 2,40    | <b>2,81</b> | 2,63                | 0,47          |
| 6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу                           | 2,28             | 1,99    | <b>2,42</b> | 2,23                | 0,07          |
| 7. Ikar Elais, 1 л/га + $CO(NH_2)_2$ , $N_{11}$ , двукратно по листу | 2,44             | 2,09    | <b>2,55</b> | 2,36                | 0,20          |
| HCP <sub>05</sub>  |                  |         |             |                     | 0,13          |

\*За счёт серы.

Наиболее эффективным и продуктивным был вариант, где вносили комплексное удобрение NPKS (15-15-15-10) в дозе  $N_{45}P_{45}K_{45}S_{30}$  весной под культивацию. Урожайность сои повысилась на 0,64 т/га и составила 2,80 т/га, в том числе за счёт внесения серы 0,17 т/га.

Внесение Ikar Elais двукратно в качестве листовой подкормки в дозе 1 л/га не оказывает достоверного влияния на увеличение урожайности сои. При листовой некорневой подкормке более эффективно двукратное внесение Ikar Elais совместно с карбамидом в дозе 0,25 ц/га. В этом варианте урожайность составила 2,36 т/га с прибавкой к контролю 0,2 т/га.

Применение различных марок минеральных удобрений, в том числе с серой, положительно влияет на качество зерна сои (табл. 5).

**5. Качество зерна сои по вариантам внесения минеральных удобрений на темно-серой лесной почве, НОПЦ «Учхоз «Знаменское» (в среднем за 2020-2022 г.)**

| Вариант опыта   | Белок | Прибавка | Масличность | Прибавка |
|---|-------|----------|-------------|----------|
|   | %     |          |             |          |
| 1. Контроль (без удобрений)   | 38,85 | -        | 21,15       | -        |
| 2. $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , $\text{N}_{45}$ , до посева                                 | 40,12 | 1,27     | 21,78       | 0,63     |
| 3. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , $\text{N}_{46}$ , $\text{S}_{55}$ , до посева           | 40,54 | 1,69     | 21,92       | 0,77     |
| 4. $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}\text{S}_{30}$ , до посева                     | 40,47 | 1,62     | 22,33       | 1,18     |
| 5. $\text{N}_{46}\text{P}_{46}\text{K}_{46}$ , до посева                                  | 40,25 | 1,40     | 22,06       | 0,91     |
| 6. Ikar Elais, 1 л/га, двукратно, по листу  | 39,06 | 0,21     | 21,20       | 0,05     |
| 7. Ikar Elais, 1 л/га + $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , $\text{N}_{11}$ , двукратно по листу | 40,07 | 1,22     | 21,40       | 0,35     |
| $\text{HCP}_{05}$   |       | 0,41     |             | 0,29     |

Оптимизация минерального питания по вариантам внесения удобрений повышает качественные показатели зерна сои. Азотные удобрения, в том числе с серой, более эффективно увеличивают содержание белка. Внесение аммонийной селитры в дозе 1,3 ц/га повысило белок на 1,27% к контролю и растительное масло на 0,63%. Сульфат аммония в дозе 2,3 ц/га повысил белок на 1,69% и растительный жир на 0,77%.

Внесение комплексного удобрения с серой марки N:P:K:S (15:15:15:10), в дозе 3 ц/га весной под предпосевную культивацию повысило белок на 1,62%, и растительный жир на 1,18% (22,33%). Внесение нитрофоски без серы в пятом варианте в эквивалентном соотношении по макроэлементам показало несколько меньшую эффективность. Листовая подкормка Ikar Elais двукратно в дозе 1 л/га не оказала достоверного влияния на качество зерна сои и прибавки были на уровне погрешности опыта. Более эффективным оказался вариант листовой подкормки с двукратным внесением Ikar Elais в дозе 1 л/га и карбамида в дозе 0,25 ц/га. Белок увеличился на 1,22% к контролю, растительный жир повысился на 0,355%.

**Заключение.** Полученные данные полевых опытов по внесению удобрений с серой при возделывании сои на темно-серой лесной почве с низким содержанием подвижной серы (1,19 мг/кг) подтверждают их эффективность. Показано, что удобрения с серой более достоверно повышают показатели структуры урожая серы в сравнении с внесением удобрений без серы. Установлено, что внесение серосодержащих удобрений оказало существенное влияние на повышение продуктивности возделывания сои. Применение сульфата аммония в дозе

2,3 ц/га повысило урожайность по отношению к контролю на 0,48 т/га - до 2,64 т/га, в том числе за счёт внесения серы на 0,24 т/га в сравнении с аммонийной селитрой. Наиболее эффективным и продуктивным был вариант, где вносили комплексное удобрение NPKS (15-15-15-10) в дозе  $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}\text{S}_{30}$  весной под культивацию. Урожайность сои повысилась на 0,64 т/га и составила 2,80 т/га, в том числе за счёт внесения серы на 0,17 т/га.

Листовая некорневая подкормка Ikar Elais в дозе 1 л/га более эффективна при совместном внесении с карбамидом в дозе 0,25 ц/га. Урожайность составила 2,36 т/га с прибавкой к контролю 0,2 т/га.

Применение различных марок минеральных удобрений, в том числе с серой, увеличивает качественные показатели зерна сои. Сульфат аммония в дозе 2,3 ц/га повысил белок до 40,54% (+1,69% к контролю) и растительный жир до 21,92% (+0,77%). Внесение комплексного удобрения с серой марки N:P:K:S (15:15:15:10) в дозе 3 ц/га весной под предпосевную культивацию повысило белок по сравнению с контролем на 1,62% (40,47%) и растительный жир на 1,18% (22,33%).

*Литература*

1. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. – М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. – 228 с.
2. Аристархов А.Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность её применения // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016.- №5.- С. 39 – 47.
3. Zenda T., Liu S., Dong A., Duan H. Revisiting Sulphur—The Once Neglected Nutrient: It's Roles in Plant Growth, Metabolism, Stress Tolerance and Crop Production. Agriculture 2021.-№11.-P.626. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070626>.
4. Schnug E., Haneklaus S. Proc. First Sino-German workshop on aspects of sulfur nutrition of plants / E. Schnug, S. Haneklaus – London.- 2005.- С. 175-178.
5. Рекомендации по применению серосодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры / Г.В. Пироговская и др.//Нац. Акад. Наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АП; НАН Беларуси, 2020. – 64 с.
6. Grant C.A., Clayton G.W., Johnston A.M. Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the Black soil zone of western Canada //Can. J. Plant Sci. – 2003. – V.83, №4. – С.745-758.
7. Чевычелов А. В., Левшаков Л. В., Лазарев В. И. Влияние удобрений, содержащих серу, на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019.- №4.- С.51-54.
8. Аристархов А.Н., Сычев В. Г. Агрохимия серы. – М.: ВНИИА, 2007. – 272 с.
9. Влияние комплексных серосодержащих удобрений на питательный режим и водопотребление сельскохозяйственных культур на зональных почвах Центрального Черноземья / Л.В. Левшаков, А.В. Чевычелов, В.И. Лазарев и др. //Вестник Курской ГСХА.- 2019. – №7. – С. 58 – 65.
10. Мониторинг содержания серы и микроэлементов в почвах Центрально-Черноземного района России / С.В. Лукин, Д.А. Куницын, В.В. Пироженко и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2022.- Т. 36.- №1.- С. 4-7. doi: 10.53859/02352451\_2022\_36\_1\_4.
11. Randall P.J., Spencer K., Freney J.R. Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat // Australian journal of Agric. Research. -1981. -V. 32.- P. 203-212.
12. Левшаков Л.В., Пироженко В. В. Сера в почвах Курской области // Агрохимический вестник. – 2022. – №3. – С. 49-53. doi: 10.24412/1029-2551-2022-3-009.

**THE IMPORTANCE OF SULFUR IN INCREASING SOYBEAN PRODUCTIVITY ON GRAY FOREST SOILS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION WITH A DEFICIENCY OF THIS MESOELEMENT**

L.V. Levshakov<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, V.V. Pirozhenko<sup>2</sup>, Acting Director

<sup>1</sup>FGBOU VO Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, Kursk, ul. K. Marx 70, leo-levshakov@yandex.ru

<sup>2</sup>FGBU State Agrochemical Service Station "Kursk", Kursk, 140a Engels str., e-mail: agrohim\_46\_1@mail.ru

Practical studies of the use of mineral sulfur-containing fertilizers in soybean cultivation on dark gray forest soils with a very low content of mobile sulfur (1.19 mg/kg) have been carried out. The level of increase in the yield of soybean grain from the application of sulfur-containing fertilizers has been determined. The most productive and effective application of fertilizers of the NPKS brand (15-15-15-10) at a dose of 3 c/ha in the spring before sowing, while the highest yield of soybeans (2.80 t/ha) was obtained. Fertilizers with sulfur on soils with a very low sulfur content increase the quality characteristics of soybean grain. The most effective application of ammonium sulfate at a dose of 2.3 c/ha, while protein increases to 40.54% (+1.69% to control) and vegetable fat to 21.92% (+0.77%).

Keywords: dark gray forest soil, mobile sulfur, soy, fertilizers with sulfur, yield, protein, fat.