



## СОДЕРЖАНИЕ

Признаки дефицита элементов питания у пшеницы.....1

Оптимизация питания ярового рапса серой в Республике Татарстан.....2

Фертигация томата кальций- и хлор-содержащими удобрениями и некорневые подкормки комплексными водорастворимыми удобрениями на светло-каштановой почве Волгоградской области.....7

Итоги конкурса научных работ студентов и аспирантов Scholar Award 2017.....12

Интенсивная технология возделывания сои: комплексный системный подход.....13

Признаки дефицита элементов питания у пшеницы (продолжение).....18

## Признаки дефицита элементов питания у пшеницы

### Азот



Бледно-зеленые верхние листья, пожелтевшие – средние и побуревшие нижние листья.  
Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar

Недостаток азота в результате пропусков при внесении свиного навоза.

Автор: Sala Florin



Пожелтение молодых листьев у растений пшеницы, испытывающих недостаток азота.

Автор: R.M. Norton

Недостаток азота у пшеницы.

Автор: L. S. Murphy



## Международный Институт Питания Растений

Иванова С.Е., вице-президент программы по Восточной Европе и Центральной Азии  
e-mail: [sivanova@ipni.net](mailto:sivanova@ipni.net)

Носов В.В., директор программы на Юге и Востоке России  
e-mail: [vnosov@ipni.net](mailto:vnosov@ipni.net)

Бесплатная подписка: [ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net)

125466 Россия, Москва,  
ул. Ландышевая, д. 12, пом. 17а  
тел./факс: +7 (495) 580 64 14

сайт: <http://www.ipni.net>  
<http://eeca-ru.ipni.net>

e-mail: [ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net)

Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в Вестнике, возможны только с письменного разрешения Международного института питания растений  
© Международный институт питания растений 2017



# Оптимизация питания ярового рапса серой в Республике Татарстан

Носов В.В., Яппаров И.А., Газизов Р.Р., Алиев Ш.А. и Ильясов М.М.

*В двухлетних полевых опытах, проведенных на выщелоченном черноземе и серой лесной почве в сельхозпредприятиях Республики Татарстан, продемонстрирована положительная роль серы в оптимизации минерального питания ярового рапса. Прибавка урожайности семян за счет применения серосодержащего удобрения достигала 7%. На серой лесной почве наблюдалось повышение содержания жира в семенах за счет внесения серы в почву в дозе 14 кг/га.*

**П**оложительная роль серы в формировании полноценного урожая основных сельскохозяйственных культур была доказана в разных почвенно-климатических условиях (Аристархов, 2007). Сера малоподвижна в растениях и при недостаточном поступлении из почвы слабо реутилизируется из старых листьев в молодые, поэтому недостаток серы у растений сначала проявляется на молодых листьях, которые становятся бледно-желтыми. Жилки и межжилковые ткани желтеют равномерно. При этом нижние листья обычно остаются зелеными. Как известно, самая высокая потребность в сере характерна, как правило, для растений из рода Brassica, включая в том числе и рапс (Нортон и др., 2013). Отмечается, что при серном голодании рапса на растениях образуется мало стручков, и они плохо выполнены (Сафиоллин, 2008).

Важно отметить, что диагностика обеспеченности почв доступной для растений серой не всегда оказывается успешной. Это связано с тем, что определение степени доступности почвенной серы растениям частично зависит от оценки скорости минерализации органического вещества почвы (Миккельсен и Нортон, 2014).

В последние годы в Республике Татарстан проводится большая работа по развитию производства растительного масличного сырья, включая рапсовое. По сравнению с другими регионами страны здесь сосредоточены наибольшие площади ярового рапса – 100 тыс. га в 2016 г. (РОССТАТ, 2017). Однако средняя урожайность данной культуры в регионе составила лишь 0.6 т/га в 2015 г. и 0.8 т/га в 2016 г. Во многом это связано с несоблюдением рекомендованной агротехники выращивания рапса, включая и систему применения удобрений.

В Республике Татарстан были проведены иссле-



Полевой опыт на серой лесной почве по состоянию на 01.07.2016 (слева направо: Носов В.В., Алиев Ш.А. и Яппаров И.А.).

дования по изучению сравнительной эффективности разных форм серосодержащих удобрений на основных культурах, среди которых был и яровой рапс. Показано, что при весеннем внесении агрономическая эффективность удобрений, содержащих серу в сульфатной форме, существенно выше по сравнению с элементарной серой (Гилязов и др., 2009). Элементарная сера в составе удобрений обладает пролонгированным действием, поскольку ее превращение в сульфатную форму зависит от микробиологической активности почвы (Jensen и др., 2011).

Цель проведенных нами исследований заключалась в том, чтобы изучить влияние применения серосодержащего удобрения на урожайность и качество семян ярового рапса при возделывании на основных типах почв Республики Татарстан. Полевой опыт в 2015 г. был проведен на черноземе выщелоченном в Буинском районе (КФХ «Мифтахетдинова Э.Р.»), а в 2016 г. – на серой лесной почве в Тюлячинском районе (ООО «Игенче»).

Таблица 1. Исходная агрохимическая характеристика почв в опытах.

| Почва                 | Гумус, % | pH <sub>ксл</sub> | Подвижный фосфор, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /кг | Минеральный азот, мг/кг |                   | Подвижная S, мг/кг | Калий, мг K <sub>2</sub> O/кг |          |
|-----------------------|----------|-------------------|--|-------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|----------|
|                       |          |                   |  | N-NO <sub>3</sub>       | N-NH <sub>4</sub> |                    | Подвижный                     | Обменный |
| Чернозем выщелоченный | 5.33     | 5.58              | 122  | 6                       | 4                 | 3                  | 111                           | 169      |
| Серая лесная          | 2.01     | 6.13              | 177  | 5                       | 4                 | 3                  | 168                           | 184      |

Примечание: содержание подвижных форм P и K в черноземе выщелоченном определялось по методу Чирикова, а в серой лесной почве – по методу Кирсанова; содержание обменного K определялось по методу Масловой.

**Таблица 2.** Схема полевых опытов.

| Вариант опыта               | Внесение удобрений в физическом весе, кг/га |         |         |                 |                           |
|-----------------------------|---|---------|---------|-----------------|---------------------------|
|                             | Под предпосевную культивацию                |         |         |                 | При посеве (NPK 16:16:16) |
|                             | Аммиачная селитра                           | NS 30:7 | Аммофос | Хлористый калий |                           |
| $N_{29}P_{46}K_{30}$        | -   | -       | -       | -               | -                         |
| $N_{90}P_{46}K_{30}$        | 177   | -       | -       | -               | -                         |
| $N_{90}P_{46}K_{30}S_{14}$  | -   | 203     | -       | -               | -                         |
| $N_{120}P_{46}K_{30}$       | 265   | -       | 42      | 10              | 150                       |
| $N_{120}P_{46}K_{30}S_{21}$ | -   | 303     | -       | -               | -                         |
| $N_{150}P_{46}K_{30}$       | 352   | -       | -       | -               | -                         |
| $N_{150}P_{46}K_{30}S_{28}$ | -   | 403     | -       | -               | -                         |

Исходная агрохимическая характеристика почв дана в табл. 1. Представлены средние значения для 28-ми почвенных образцов, отобранных с экспериментального участка весной по регулярной сетке. Данные показали, что по всем почвенным параметрам имелась незначительная пестрота, которая не могла повлиять на точность опытов. Почвы обладали тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Чернозем выщелоченный и серая лесная почва имели близкую к нейтральной и нейтральную величину pH соответственно, а содержание гумуса в черноземе выщелоченном было в 2.7 раза выше, чем в серой лесной почве. Обеспеченность почв минеральным азотом была соответственно низкой и очень низкой, подвижными формами фосфора – высокой, а подвижными формами калия – повышенной. Класс обеспеченности почв подвижной серой в обоих случаях был низким.

Схема полевых опытов представлена в табл. 2. Применение только комплексного удобрения при посеве ярового рапса – это, как правило, практика вышеуказанных хозяйств. Она, конечно, не может обеспечить полноценный рост и развитие растений, поскольку азотное питание при этом далеко от оптимального. Как уже отмечалось, содержание минерального азота в почве весной было недостаточным. В дополнение к локальному внесению комплексного NPK-удобрения в первом варианте под предпосевную культивацию давалась туко смесь, состоящая из аммофоса и хлористого калия. В последующих вариантах опытов во вносимую под

предпосевную культивацию туко смесь добавлялась либо аммиачная селитра, либо удобрение NS 30:7 (по своему составу – это сульфонитрат аммония) для получения возрастающих доз азота и серы. На черноземе выщелоченном максимальная доза азота составила 120 кг/га, а на серой лесной почве – 150 кг/га. Максимальные дозы серы в опытах при этом достигали 21 и 28 кг/га соответственно. Дозы фосфора и калия были рассчитаны балансовым методом на планируемую урожайность 3 т/га.

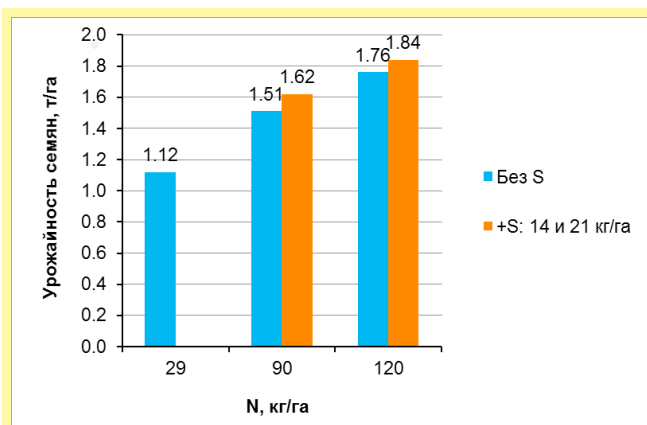
В опытах возделывался яровой рапс сорта Неман после озимой пшеницы. Использовалась агротехника, рекомендованная для Предволжской зоны (чернозем выщелоченный) и Предкамской зоны Республики Татарстан (серая лесная почва). Посев проводили обычным рядовым способом с междурядьями 15 см. Повторность в опытах – 4-х кратная, размещение делянок – рандомизированное. Учетная площадь делянки составила 100 м<sup>2</sup> (25 x 4 м). Проводился комбайновый учет урожайности.

Сезон 2015 г. характеризовался жаркой сухой погодой с мая по июль, что вызвало задержку развития растений ярового рапса, а обильные осадки в августе привели к увеличению вегетационного периода на 8-10 дней. В 2016 г. жаркая сухая погода установилась с июля по август и способствовала сокращению вегетационного периода на 8-12 дней.

Анализ содержания элементов питания в семенах и соломе ярового рапса (стебли и створки бобов) позволяет выявить ряд зависимостей, характерных четко для обоих лет наблюдений (табл. 3).

**Таблица 3.** Влияние применения серосодержащего удобрения на накопление общего азота, фосфора, калия и серы в надземной биомассе растений ярового рапса (% на абсолютно сухое вещество).

| Вариант опыта               | Чернозем выщелоченный (2015 г.) |                               |                  |      |        |                               |                  |      | Серая лесная почва (2016 г.) |                               |                  |      |        |                               |                  |      |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|------|--------|-------------------------------|------------------|------|------------------------------|-------------------------------|------------------|------|--------|-------------------------------|------------------|------|
|                             | Семена                          |                               |                  |      | Солома |                               |                  |      | Семена                       |                               |                  |      | Солома |                               |                  |      |
|                             | N                               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | S    | N      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | S    | N                            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | S    | N      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | S    |
| $N_{29}P_{46}K_{30}$        | 3.35                            | 1.76                          | 1.04             | 0.47 | 0.63   | 0.21                          | 1.06             | 0.21 | 3.30                         | 1.75                          | 1.03             | 0.44 | 0.58   | 0.19                          | 1.05             | 0.20 |
| $N_{90}P_{46}K_{30}$        | 3.52                            | 1.75                          | 1.05             | 0.45 | 0.72   | 0.20                          | 1.09             | 0.24 | 3.42                         | 1.76                          | 1.05             | 0.46 | 0.64   | 0.21                          | 1.08             | 0.22 |
| $N_{90}P_{46}K_{30}S_{14}$  | 3.71                            | 1.79                          | 1.06             | 0.53 | 0.78   | 0.23                          | 1.07             | 0.28 | 3.68                         | 1.80                          | 1.04             | 0.54 | 0.78   | 0.20                          | 1.06             | 0.30 |
| $N_{120}P_{46}K_{30}$       | 3.60                            | 1.82                          | 1.06             | 0.45 | 0.76   | 0.21                          | 1.10             | 0.22 | 3.73                         | 1.83                          | 1.06             | 0.48 | 0.75   | 0.23                          | 1.09             | 0.25 |
| $N_{120}P_{46}K_{30}S_{21}$ | 3.66                            | 1.80                          | 1.05             | 0.58 | 0.84   | 0.22                          | 1.10             | 0.31 | 3.61                         | 1.81                          | 1.05             | 0.59 | 0.81   | 0.22                          | 1.11             | 0.29 |
| $N_{150}P_{46}K_{30}$       | -                               | -                             | -                | -    | -      | -                             | -                | -    | 3.69                         | 1.83                          | 1.06             | 0.49 | 0.85   | 0.24                          | 1.12             | 0.26 |
| $N_{150}P_{46}K_{30}S_{28}$ | -                               | -                             | -                | -    | -      | -                             | -                | -    | 3.73                         | 1.86                          | 1.06             | 0.61 | 0.88   | 0.24                          | 1.11             | 0.33 |
| HCP <sub>0.05</sub>         | 0.10                            | 0.05                          | 0.02             | 0.03 | 0.04   | 0.03                          | 0.02             | 0.03 | 0.06                         | 0.05                          | 0.02             | 0.03 | 0.05   | 0.03                          | 0.03             | 0.04 |



**Рис. 1.** Влияние применения серосодержащего удобрения на урожайность семян ярового рапса на черноземе выщелоченном в 2015 г. (НСР<sub>0.05</sub> = 0.10).

Примечание: дозы фосфора и калия во всех вариантах – P46K30.

Основные закономерности связаны со статистически значимым сильным повышением накопления азота в семенах при комбинированном внесении азота в дозе 90 кг/га и серы в дозе 14 кг/га по сравнению с внесением одного азота в указанной дозе. Совместное внесение азота и серы усиливало накопление азота также и в соломе ярового рапса, причем данные улучшения наблюдались и при сочетании более высоких доз данных элементов питания. Таким образом, установлено усиление накопления азота растениями в присутствии серы, то есть оптимизация серного питания очень важна для лучшего усвоения азота растениями.

Содержание фосфора и калия в зерне и соломе ярового рапса не зависело от условий питания серой (табл. 3). Применение серосодержащего удобрения способствовало достоверному накоплению серы в надземной биомассе растений в обоих сезонах. Так, содержание серы в семенах без опти-

мизации серного питания растений находилось в диапазоне 0.45-0.49%. Внесение серосодержащего удобрения повышало рассматриваемый показатель до 0.53-0.61%.

Анализ структуры урожая ярового рапса при выращивании на черноземе выщелоченном в 2015 г. показал комплексное влияние возрастающих доз азота и серы на количество семян в стручке (табл. 4). Применение серосодержащих удобрений способствовало статистически значимому увеличению данного показателя. Максимальное значение (19 шт.) наблюдалось в варианте с внесением N120P46K30S21. В итоге в этом варианте была получена максимальная урожайность семян ярового рапса, составившая 1.84 т/га (рис. 1). При дозе азота 90 кг/га получено достоверное положительное влияние применения серосодержащего удобрения на урожайность семян: внесение серы в дозе 14 кг/га способствовало росту урожайности семян на 7%. На более высоком фоне азотного питания прибавка от серы равнялась 5%, однако она была недостоверной.

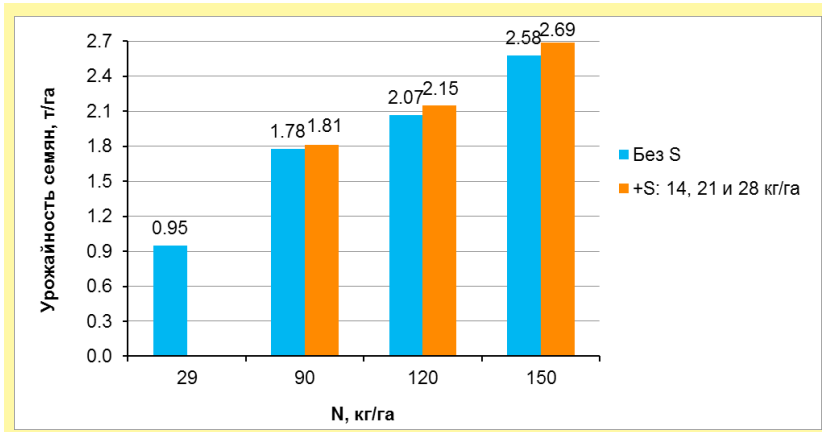
В опыте на серой лесной почве в 2016 г. наблюдалось статистически значимое увеличение высоты растений при внесении серы в почву на фоне доз азота до 120 кг/га (табл. 5). Остальные элементы структуры урожая при этом изменялись незначительно. Можно отметить тенденцию к повышению густоты стояния растений перед уборкой, а также массы 1000 семян при применении серосодержащего удобрения. Максимальная урожайность семян в данном сезоне составила 2.69 т/га в варианте с внесением N150P46K30S28 (рис. 2). Однако достоверного действия серы на урожайность семян не происходило – прибавка урожайности от ее применения составила 2-4%. По-видимому, более благоприятные условия увлажнения и температурный режим,

**Таблица 4.** Влияние применения серосодержащего удобрения на структуру урожая ярового рапса на черноземе выщелоченном (2015 г.).

| Вариант опыта  | Высота растений, см | Количество растений перед уборкой, шт./м <sup>2</sup> | Количество стручков на растении, шт. | Количество семян в стручке, шт. | Масса 1000 семян, г |
|--|---------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| N <sub>29</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                  | 72                  | 77  | 33                                   | 15                              | 3.6                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                  | 82                  | 85  | 37                                   | 16                              | 3.6                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>14</sub>  | 84                  | 85  | 36                                   | 17                              | 3.6                 |
| N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                 | 83                  | 85  | 35                                   | 18                              | 3.6                 |
| N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>21</sub> | 87                  | 85  | 36                                   | 19                              | 3.6                 |
| НСР <sub>0.05</sub>  | 5                   | 3   | 3                                    | 1                               | 0.1                 |

**Таблица 5.** Влияние применения серосодержащего удобрения на структуру урожая ярового рапса на серой лесной почве (2016 г.).

| Вариант опыта  | Высота растений, см | Количество растений перед уборкой, шт./м <sup>2</sup> | Количество стручков на растении, шт. | Количество семян в стручке, шт. | Масса 1000 семян, г |
|--|---------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| N <sub>29</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                  | 95                  | 68  | 48                                   | 12                              | 3.0                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                  | 115                 | 76  | 56                                   | 16                              | 3.3                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>14</sub>  | 121                 | 77  | 58                                   | 15                              | 3.4                 |
| N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                 | 132                 | 75  | 67                                   | 16                              | 3.3                 |
| N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>21</sub> | 143                 | 79  | 65                                   | 16                              | 3.4                 |
| N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                 | 151                 | 77  | 69                                   | 18                              | 3.5                 |
| N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>28</sub> | 150                 | 78  | 72                                   | 18                              | 3.5                 |
| НСР <sub>0.05</sub>  | 5                   | 7   | 5                                    | 2                               | 0.2                 |



**Рис. 2.** Влияние применения серосодержащего удобрения на урожайность семян ярового рапса на серой лесной почве в 2016 г. (НСР<sub>0,05</sub> = 0.19).  
Примечание: дозы фосфора и калия во всех вариантах – Р46К30.

наблюдавшиеся в данном сезоне, способствовали более интенсивной минерализации гумуса почвы. Причем даже на серой лесной почве со сравнительно невысоким содержанием гумуса интенсивное протекание процессов его минерализации могло способствовать мобилизации почвенных резервов серы, что снизило потребность в серосодержащих удобрениях.

Следует отметить практически прямолинейный характер зависимости между урожайностью семян ярового рапса и дозой азотных удобрений в проведенных полевых опытах в обоих сезонах. В западной части Канады при нормальных условиях увлажнения рост урожайности ярового рапса

также продолжался при внесении высоких доз азота (Brandt и др., 2005). Максимальная доза азота в данных исследованиях также ограничивалась 150 кг/га.

Изучение качества семян ярового рапса свидетельствует о том, что достоверного влияния применения серосодержащего удобрения на содержание жира и белка в семенах при возделывании на черноземе выщелоченном в 2015 г. не было (табл. 6). В то же время на серой лесной почве в 2016 г. отмечалось достоверное положительное влияние внесения серы в дозе 14 кг/га на содержание жира в семенах ярового рапса. Следовательно, в определенных почвенно-климатических условиях применение серосодержащих удобрений может оказывать положительное влияние на масличность семян.

Отчуждение серы из почвы с 1 тонной семян ярового рапса при расчете на стандартную влажность (12%) находилось в диапазоне 3.9-5.4 кг (табл. 7). В вариантах, где сера не вносилась, данный диапазон составил 3.9-4.3 кг/т, а в вариантах с применением серосодержащего удобрения – 4.7-5.4 кг/т. Полученные величины соответствуют опубликованным обобщениям по накоплению серы в семенах рапса (Нортон и др., 2013).

Важно также рассмотреть данные по отчуждению серы с урожаем семян ярового рапса с 1 гектара (табл. 7). Например, в варианте с внесением N150P46K30 в 2016 г. при урожайности 2.58 т/га с поля с семенами отчуждалось 11.1 кг S/га. В 70-х годах среднее количество серы, поступающей с атмосферными осадками на земную поверхность применительно к Республике Татарстан, составляло 4.5-6.8 кг/га (Слущкая, 1972; Ерофеев, 1975). Это указывает на заметный отрицательный баланс серы при получении высоких урожаев рапса даже без поправки на снижение поступления серы в атмосферу в последние годы за счет экологических регулирований газообразных выбросов промышленных предприятий. Следовательно, при интенсификации агротехнологий возделывания ярового рапса без включения серосодержащих удобрений

**Таблица 6.** Влияние применения серосодержащего удобрения на содержание жира и белка в семенах ярового рапса (%).

| Вариант опыта  | Чернозем выщелоченный (2015 г.) |       | Серая лесная почва (2016 г.) |       |
|--|---------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|  | Жир                             | Белок | Жир                          | Белок |
| N <sub>29</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                  | 42.5                            | 21.2  | 42.3                         | 20.4  |
| N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                  | 43.7                            | 22.7  | 43.1                         | 21.8  |
| N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>14</sub>  | 44.1                            | 23.4  | 44.4                         | 22.7  |
| N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                 | 43.9                            | 24.1  | 43.6                         | 22.9  |
| N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>21</sub> | 44.0                            | 24.8  | 44.3                         | 24.4  |
| N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                 | -                               | -     | 45.1                         | 24.8  |
| N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>28</sub> | -                               | -     | 45.7                         | 25.3  |
| НСР <sub>0,05</sub>  | 0.8                             | 0.9   | 1.1                          | 1.6   |

**Таблица 7.** Вынос серы из почвы с урожаем семян ярового рапса и агрономическая эффективность применения серосодержащего удобрения (АЭ<sub>S</sub>).

| Вариант опыта  | Чернозем выщелоченный (2015 г.) |       |                                  | Серая лесная почва (2016 г.) |       |                                  |
|--|---------------------------------|-------|----------------------------------|------------------------------|-------|----------------------------------|
|  | Вынос серы                      |       | АЭ <sub>S</sub><br>кг семян/кг S | Вынос серы                   |       | АЭ <sub>S</sub><br>кг семян/кг S |
|  | кг/т семян                      | кг/га |                                  | кг/т семян                   | кг/га |                                  |
| N <sub>29</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                  | 4.1                             | 4.6   | -                                | 3.9                          | 3.7   | -                                |
| N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                  | 4.0                             | 6.0   | -                                | 4.0                          | 7.1   | -                                |
| N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>14</sub>  | 4.7                             | 7.6   | 7.9                              | 4.8                          | 8.7   | 2.1                              |
| N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                 | 4.0                             | 7.0   | -                                | 4.2                          | 8.7   | -                                |
| N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>21</sub> | 5.1                             | 9.4   | 3.8                              | 5.2                          | 11.2  | 3.8                              |
| N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>                 | -                               | -     | -                                | 4.3                          | 11.1  | -                                |
| N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>28</sub> | -                               | -     | -                                | 5.4                          | 14.5  | 3.9                              |

Примечание: вынос серы приведен без учета побочной продукции.

**Таблица 8.** Экономика применения серосодержащего удобрения под яровой рапс (руб./га).

| Вариант опыта               | Чернозем выщелоченный (2015 г.) |                  |                       | Серая лесная почва (2016 г.) |                  |                       |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|------------------|-----------------------|
|                             | Стоимость удобрений             | Стоимость урожая | Прибыль от внесения S | Стоимость удобрений          | Стоимость урожая | Прибыль от внесения S |
| $N_{90}P_{46}K_{30}$        | 7004                            | 30200            | -                     | 7942                         | 36200            | -                     |
| $N_{90}P_{46}K_{30}S_{14}$  | 7532                            | 32400            | 1672                  | 9247                         | 41400            | 600                   |
| $N_{120}P_{46}K_{30}$       | 8280                            | 35200            | -                     | 9247                         | 43000            | -                     |
| $N_{120}P_{46}K_{30}S_{21}$ | 9055                            | 36800            | 825                   | 10551                        | 51600            | 1600                  |
| $N_{150}P_{46}K_{30}$       | -                               | -                | -                     | 10551                        | 53800            | -                     |
| $N_{150}P_{46}K_{30}S_{28}$ | -                               | -                | -                     | 7942                         | 36200            | 2200                  |

*Примечание: не включены затраты на доставку удобрений в хозяйство, тукосмещение и внесение в почву, а также на послеуборочную доработку прибавки урожая.*

в систему питания растений происходит истощение почвенных резервов серы, сосредоточенных в основном в составе гумуса почвы.

В табл. 7 представлена также агрономическая эффективность применения серосодержащего удобрения (АЭ<sub>с</sub>) или, другими словами, окупаемость 1 кг внесенной в составе комплексного удобрения серы прибавкой урожая семян яровой рапса. Для рассматриваемых почвенно-климатических условий данная величина составила 2.1-7.9 кг семян на 1 кг внесенной в почву серы.

Экономические расчеты, основанные на стоимости удобрений и стоимости полученного урожая семян яровой рапса в сезонах 2015-2016 гг., свидетельствуют о том, что отдача от применения серосодержащего удобрения составила от 600 до 2200 руб./га (табл. 7). При этом мы не оценивали затраты на доставку удобрений в хозяйство, тукосмещение и внесение в почву, а также на послеуборочную доработку прибавки урожая.

В целом, полученные за два года результаты продемонстрировали, что оптимизация питания яровой рапса серой – это важная составляющая повышения продуктивности данной сельскохозяйственной культуры. При этом наблюдалось значительное улучшение усвоения азота растениями. Безусловно, необходимо продолжение исследований по установлению оптимальных доз серы под яровой рапс в данных почвенно-климатических условиях, а также по изучению влияния серосодержащих удобрений на качество семян.

*Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.*

*Яппаров И.А. – врио директора, доктор биологических наук.*

*Газизов Р.Р. – заместитель директора, кандидат сельскохозяйственных наук.*

*Алиев Ш.А. – главный научный сотрудник отдела*

*воспроизводства почвенного плодородия и питания растений, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.*

*Ильясов М.М. – ведущий научный сотрудник отдела разработки био- и нанотехнологий в земледелии и животноводстве, кандидат сельскохозяйственных наук.*

*ФГБНУ «Татарский НИИАХП» (г. Казань); e-mail: niiaxp2@mail.ru.*

## Литература

- Аристархов А.Н. 2007. Агрохимия серы. ВНИИА, Москва, 272 с.*
- Нортон Р., Миккельсен Р. и Дженсен Т. 2014. Значение серы в питании растений. Сера в почвах и серосодержащие удобрения. Питание растений. Вестник Международного института питания растений, 3: 2-5. <http://eeca-ru.ipni.net/article/EECARU-2255>*
- Миккельсен Р. и Нортон Р. 2014. Сера в почвах и серосодержащие удобрения. Питание растений. Вестник Международного института питания растений, 3: 6-9 <http://eeca-ru.ipni.net/article/EECARU-2256>*
- Сафиоллин Ф.Н. 2008. Рапс в лесостепи Поволжья. Изд-во Казанского гос. ун-та, Казань, 408 с.*
- Гилязов М.Ю., Фасхутдинов Ф.Ш. и Сулейманов И.Р. 2009. Действие серосодержащих удобрений на урожайность некоторых сельскохозяйственных культур в условиях серой лесной почвы. В кн.: Фундаментальные и прикладные исследования в АПК на современном этапе развития химии. Изд-во Орловского ГАУ, Орел. С. 24-27.*
- Jensen T., Norton R. and Nosov V. 2011 Balanced nutrition in Brassica napus production with emphasis on S fertilizer. Proc. 13th Int. Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, pp. 54-56. <http://anz.ipni.net/article/ANZ-3062>*
- Brandt S., Ulrich D., Lafond G., Kutcher R., Malhi S. and Johnston A. 2005. Management of high yielding canola cultivars. Better Crops with Plant Food, 89 (1): 12-14. <http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-2005-1>*
- Слуцкая Л.Д. 1972. Сера как удобрение. Агрохимия, 1: 130-143.*
- Ерофеев А.А. 1975. Диагностика серного питания полевых культур на дерново-подзолистых почвах. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук, Москва.*

# Фертигация томата кальций- и хлорсодержащими удобрениями и некорневые подкормки комплексными водорастворимыми удобрениями на светло-каштановой почве Волгоградской области

Носов В.В., Плескачев Ю.Н., Филин В.И., Чамурлиев О.Г., Борисенко И.Б., Холод А.А. и Сидоров А.Н.

В полевом опыте, проведенном на светло-каштановой почве, использование кальций- и хлорсодержащих удобрений (кальциевой селитры и хлорида аммония) для фертигации томата в сочетании с некорневыми подкормками комплексными водорастворимыми удобрениями способствовало получению максимальной урожайности стандартных плодов. При этом также улучшались такие важные показатели качества продукции, как содержание растворимых сухих веществ в плодах и лежкость плодов.

Хорошо известно, что недостаток кальция сильно сказывается на урожайности плодов томата (Holwerda, 2006). Нарушение водного режима растений и неправильный минеральный, особенно кальциевый, обмен рассматривают в качестве причины возникновения вершинной гнили плодов (Авдеев и др., 2014). Считается, что для полноценного питания растений кальцием важно не только его содержание в питательном растворе, но и соотношение с другими катионами (Jones, 2007). Ранее проведенное нами исследование показало значительные преимущества при использовании кальциевой селитры для фертигации томата на светло-каштановой почве по сравнению с другими формами азотных удобрений (Плескачев и др., 2017).

Цель данной работы заключалась в изучении срав-



Общий вид полевого опыта с томатом 3 августа 2016 г.

**Таблица 1.** Агрохимическая характеристика светло-каштановой почвы весной перед высадкой рассады (0-20 см).

| рН (H <sub>2</sub> O) | Гумус, % | N-NH <sub>4</sub> | N-NO <sub>3</sub> | Подвижный                          | Подвижный            |
|-----------------------|----------|-------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------|
|                       |          |                   |                   | Р (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | К (K <sub>2</sub> O) |
| мг/кг почвы           |          |                   |                   |                                    |                      |
| 7.4                   | 1.82     | 6                 | 27                | 70                                 | 644                  |

Примечания: подвижные Р и К определялись по методу Мачигина.

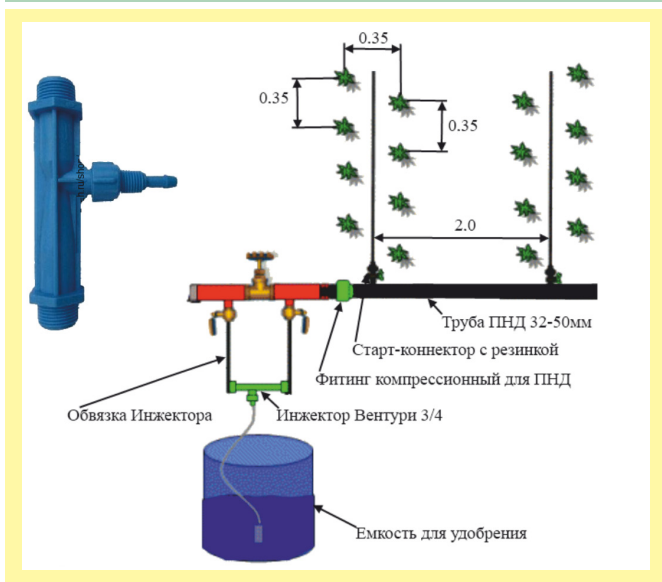
**Таблица 2.** Системы питания томата в полевом опыте.

| № варианта | Под культувацию: N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> | Фертигация: N <sub>120</sub> = N <sub>20</sub> x 6    | Некорневые подкормки** |
|------------|--|---|------------------------|
| 1          | NPK 16:16:16   | Аммиачная селитра                                     | -                      |
| 2          |  |   | +                      |
| 3          |  | Кальциевая селитра                                    | -                      |
| 4          |  |   | +                      |
| 5          |  | Кальциевая селитра (1-4 фертигации)                   | -                      |
| 6          |  | Кальциевая селитра + хлорид аммония* (5-6 фертигации) | +                      |

\* 75% N из кальциевой селитры и 25% – из хлорида аммония.  
 \*\* 1-я – в фазу активного роста (NPK 20:20:20 + микроэлементы),  
 2-я – в фазу цветения-плодообразования (NPK 12:6:36 + S+ Mg + микроэлементы).

нительной эффективности использования аммиачной селитры, кальциевой селитры (нитрата кальция) и комбинации кальциевой селитры и хлорида аммония для фертигации томата в совокупности с некорневыми подкормками комплексными водорастворимыми удобрениями, содержащими макро- и микроэлементы, в открытом грунте на орошаемой светло-каштановой почве сухостепной зоны Волгоградской области. Для этого в 2016 г. были выполнены исследования в УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ.

Светло-каштановая почва имела тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Почвенные образцы отбирались весной перед высадкой рассады с каждой опытной делянки, и в табл. 1 представлены средние значения для основных агрохимических показателей почвы экспериментального участка. В целом, можно отметить низкое варьирование изученных почвенных показателей. Реакция почвенного раствора была слабощелочной (рН<sub>H2O</sub> = 7.4). Среднее содержание гумуса по участку составило 1.82%, то есть почву можно отнести к среднегумусированному классу. Содержание аммонийного азота было низким (6 мг/кг почвы), а нитратного – высоким (27 мг/кг почвы), поскольку до высадки рассады было проведено внесение в почву комплексного удобрения. Оно также способствовало доведению содержания подвижного фосфора на опытном участке до высокого – 5-го класса обеспеченности для овощных культур, а



**Рис. 1.** Схема системы капельного орошения в полевом опыте с томатом.

подвижного калия – до очень высокого – 6-го класса обеспеченности. Расчет доз минеральных удобрений проводился согласно рекомендациям (Филин и Плещачев, 2016) для уровня планируемой урожайности 100 т/га, и, таким образом, созданный уровень плодородия не лимитировал получение высокой урожайности томата.

Общая схема полевого опыта представлена в табл. 2. Под культивацию перед высадкой рассады с учетом будущего расположения рядов растений локально вносилось комплексное NPK-удобрение состава 16:16:16 в дозе 200 кг/га (физический вес). Высадка рассады проводилась 21-22 мая. С 6-го июня по 11 июля практически с недельным интервалом было проведено шесть фертигаций разными формами азотных удобрений, включая аммиачную селитру, кальциевую селитру, а также комбинацию кальциевой селитры и хлорида аммония. В последнем случае кальциевая селитра использовалась до фазы цветения-образования плодов (1-4 фертигации), а смесь кальциевой селитры и хлорида аммония – начиная с фазы цветения-образования плодов (5-6 фертигации). При этом пропорции компонентов в вышеуказанной смеси были следующими: 75% азота поступало из кальциевой селитры и 25% – из хлорида аммония.

Также методом расщепленных делянок изучались некорневые подкормки комплексными водорастворимыми удобрениями. Первая некорневая подкормка проводилась в фазу активного роста растений – 18 июня. При этом использовалось NPK-удобрение состава 20:20:20, содержащее следующие микроэлементы (%): В – 0,02, Cu – 0,01, Fe – 0,1, Mn – 0,05, Mo – 0,01 и Zn – 0,02. Вторая некорневая подкормка проводилась в фазу цветения-плодообразования – 30 июня. Для нее применялось NPK-удобрение состава

12:6:36, содержащее Mg (2,5% MgO), S (5% SO<sub>3</sub>), а также аналогичный набор микроэлементов. Концентрация растворов для некорневых подкормок составляла 0,3%, а расход – 300 л/га.

Опыт закладывался методом организованных повторений при одноярусном систематическом размещении вариантов. Была соблюдена 4-х кратная повторность каждого варианта опыта. Площадь опытной делянки составила 70 м<sup>2</sup> (2,8 x 25 м), а учетная площадь – 35 м<sup>2</sup> (1,4 x 25 м). Ширина защитных межделяночных и концевых полос была равна 1 и 2,5 м соответственно. Количество высаженных растений на 1 га составило 28000 шт.

Применялась рекомендованная агротехника выращивания томата для сухостепной зоны Волго-Донского междуречья. Предшественник – сафлор красильный. Возделывался томат сорта Новичок волгоградской селекции. Это детерминантный сорт среднераннего срока созревания. В Волгоградском ГАУ недавно начата важная работа по возрождению селекции и семеноводства томата.

Для полива томата использовалась специально смонтированная система капельного орошения (рис. 1). Поливы проводили для поддержания предполивного порога влажности почвы в активном слое на уровне 80% НВ. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, а также контролировали при помощи тензиометров.

Что касается качества поливной воды, то она была слабощелочной (pH = 7,5), удельная электропроводность (ЕС) составила 0,22 мСм/см, а содержание твердых частиц находилось в пределах 42-48 мг/дм<sup>3</sup>. Анионно-катионный состав поливной воды представлен в табл. 3, из которой следует, что количество растворимых солей было характерно для пресной воды. Содержание ионов Na<sup>+</sup> не превышало содержание ионов Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>. Сумма анионов (катионов) составила 12,63 ммоль/дм<sup>3</sup>, а количество водорастворимых солей – 0,838 г/дм<sup>3</sup>. Таким образом, поливная вода, используемая для капельного орошения на опытном участке, была вполне пригодной и не могла оказывать негативного влияния на рост и развитие растений томата.

При характеристике агрометеорологических условий в районе проведения опыта в 2016 г. следует отметить, что в сравнении со среднемноголетними данными температура воздуха в мае была на 0,7 °С ниже, в июне – на 0,1 °С выше, в июле – на 0,2 °С выше, а в августе – на 0,5 °С ниже климатической нормы. Относительная влажность воздуха в мае 2016 г. была на 14% выше среднемноголетних значений, а в июне, июле и августе на 4-5% превышала климатическую норму. Количество выпавших осадков по сравнению со среднемноголетними данными в мае 2016 г. было на 68 мм больше (практически выпало 3 нормы месячных осадков), в июне их оказалось на 7 мм мень-

**Таблица 3.** Анионно-катионный состав поливной воды.

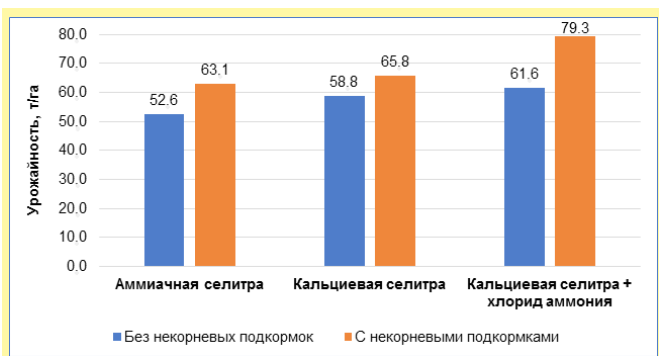
| Единицы               | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Σ анионов | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Σ катионов |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------|
| ммоль/дм <sup>3</sup> | 0.20                          | 3.00                          | 4.00            | 5.43                          | 12.63     | 3.00             | 3.50             | 6.00            | 0.13           | 12.63      |
| г/дм <sup>3</sup>     | 0.006                         | 0.183                         | 0.142           | 0.261                         | 0.592     | 0.060            | 0.043            | 0.138           | 0.005          | 0.246      |



**Таблица 4.** Влияние программ фертигации и некорневых подкормок на структуру урожая томата сорта Новичок и отход плодов.

| Фертигация                          | Некорневые подкормки | Количество плодов с куста, шт. | Масса плода, г | Урожайность плодов с куста, кг | Отход (пораженные болезнями плоды), % |               |
|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|                                     |                      |                                |                |                                | Через 14 сут.                         | Через 31 сут. |
| Аммиачная селитра                   | -                    | 20                             | 94             | 1.88                           | 6                                     |               |
|                                     | +                    | 23                             | 98             | 2.25                           | 6                                     |               |
| Кальциевая селитра                  | -                    | 21                             | 100            | 2.08                           | 5                                     |               |
|                                     | +                    | 21                             | 112            | 2.32                           | 4                                     |               |
| Кальциевая селитра + хлорид аммония | -                    | 22                             | 100            | 2.18                           | 5                                     |               |
|                                     | +                    | 26                             | 109            | 2.86                           | 4                                     |               |
| НСР <sub>0.05</sub>                 |                      | 2                              | 2              | 0.26                           | -                                     |               |

Примечание: структура урожая (количество и масса плодов, а также урожайность с куста) определялась для стандартной продукции.



**Рис. 2.** Влияние программ фертигации и некорневых подкормок на урожайность стандартных плодов томата сорта Новичок (НСР<sub>0.05</sub> = 1.1).

ше климатической нормы, а в июле и августе осадков было больше нормы на 21 и 11 мм соответственно. Таким образом, агрометеорологические условия периода вегетации томата в 2016 г. можно охарактеризовать как близкие к климатической норме по температурному режиму при несколько повышенной относительной влажности воздуха.

В связи с тем, что в апреле и мае 2016 г. осадков выпало выше нормы, фактические весенние запасы доступной влаги в почве перед высадкой рассады томата на экспериментальном участке составили 121-128 мм. Следовательно, их можно характеризовать как хорошие.

Анализ структуры урожая томата свидетельствует о том, что минимальное количество плодов на кусте (20 шт.), а также минимальная масса плода (94 г) формировались в первом варианте с фертигацией аммиачной селитрой и без проведения некорневых подкормок (табл. 4). Максимальные же показатели (26 шт. и 109 г соответственно) были получены

в последнем варианте, где для фертигации применялось сочетание кальциевой селитры и хлорида аммония и осуществлялись некорневые подкормки комплексными водорастворимыми удобрениями. В результате урожайность стандартных плодов была максимальной в последнем варианте – 79.3 т/га и минимальной – в первом варианте – 52.6 т/га (рис. 2). Таким образом, использование для фертигации кальций- и хлорсодержащих удобрений в совокупности с некорневыми подкормками комплексными водорастворимыми удобрениями повысило продуктивность томата на 51% по сравнению с системой питания, включающей в открытом грунте только фертигацию аммиачной селитрой. Использование одной кальциевой селитры для фертигации в целом было лучше в сравнении с аммиачной селитрой. Отход (количество пораженных болезнями плодов) практически не изменялся по вариантам опыта и составил 4-6%.

Органолептические показатели качества плодов томата определялись группой из 9-ти человек во вре-



**Определение органолептических показателей** качества плодов томата 4 августа 2016 г.

**Таблица 5.** Влияние программ фертигации и некорневых подкормок на качество плодов томата сорта Новичок.

| Фертигация                          | Некорневые подкормки | Растворимые сухие вещества, % | Нитраты, мг/кг сырой массы | Прочность, % | Лежкость, % товарных плодов |               |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|---------------|
|                                     |                      |                               |                            |              | Через 14 сут.               | Через 31 сут. |
| Аммиачная селитра                   | -                    | 6.23                          | 31.3                       | 91           | 82.4                        | 9.1           |
|                                     | +                    | 6.41                          | 31.4                       | 93           | 83.1                        | 9.6           |
| Кальциевая селитра                  | -                    | 6.54                          | 30.2                       | 92           | 84.5                        | 11.0          |
|                                     | +                    | 6.67                          | 30.7                       | 93           | 85.7                        | 11.7          |
| Кальциевая селитра + хлорид аммония | -                    | 6.75                          | 29.5                       | 92           | 86.3                        | 12.3          |
|                                     | +                    | 6.93                          | 29.9                       | 93           | 87.8                        | 12.9          |
| НСР <sub>0.05</sub>                 |                      | 0.06                          | 0.1                        | 1            | 0.7                         | 0.6           |

**Таблица 6.** Влияние программ фертигации и некорневых подкормок на эффективность использования воды растениями томата сорта Новичок.

| Фертигация                          | Некорневые подкормки | Атмосферные осадки | Оросительная норма | Запасы продуктивной влаги в почве | Σ    | Общая урожайность плодов, т/га | Коэффициент водопотребления*, м³/т | Эффективность использования воды, кг/га/мм |
|-------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|------|--------------------------------|------------------------------------|--|
|                                     |                      |                    |                    |                                   |      |                                |                                    |  |
| Аммиачная селитра                   | -                    | 1430               | 4200               | 1276                              | 6906 | 60.5                           | 114.0                              | 87.6                                       |
|                                     | +                    |                    |                    | 1264                              | 6894 | 72.6                           | 94.9                               | 105.3                                      |
| Кальциевая селитра                  | -                    |                    |                    | 1213                              | 6843 | 67.6                           | 101.2                              | 98.7                                       |
|                                     | +                    |                    |                    | 1227                              | 6857 | 75.7                           | 90.5                               | 110.4                                      |
| Кальциевая селитра + хлорид аммония | -                    |                    |                    | 1245                              | 6875 | 70.9                           | 96.9                               | 103.1                                      |
|                                     | +                    |                    |                    | 1251                              | 6881 | 91.2                           | 75.4                               | 132.5                                      |

\* Отношение суммарного водопотребления к общей урожайности (включая стандартные и нестандартные плоды).

мая полевого дня 4 августа. Для этой цели был проведен сбор плодов с вариантов опыта без некорневых подкормок комплексными удобрениями. По 5-бальной шкале оценивались такие параметры, как внешний вид, сладость, сочность, консистенция и вкус плодов. Усреднение полученных оценок свидетельствует о том, что итоговые 4.1, 4.6 и 4.7 балла получили плоды, собранные соответственно с вариантов с фертигацией аммиачной селитрой, кальциевой селитрой и комбинацией кальциевой селитры и хлорида аммония.

Эти результаты подтверждаются и данными лабораторного анализа качества плодов (табл. 5). Содержание растворимых сухих веществ – важный показатель качества плодовоовощной продукции. Оно достоверно улучшалось при использовании для фертигации кальциевой селитры по сравнению с аммиачной селитрой. Однако комбинация кальциевой селитры и хлорида аммония давала наилучший результат. Добавление к изученным программам фертигации некорневых подкормок способствовало статистически значимому повышению содержания растворимых сухих веществ в плодах. Таким образом, их максимальный уровень (6.93%) был, соответственно, достигнут в последнем варианте, где проводилась фертигация кальциевой селитрой в сочетании с хлоридом аммония и осуществлялись некорневые подкормки комплексными водорастворимыми удобрениями.

Минимальное содержание нитратов в плодах наблюдалось в вариантах с использованием для фертигации комбинации кальциевой селитры и хлорида аммония – 29.5-29.9 мг/кг сырой массы (табл. 5). Снижение было небольшим, но достоверным по сравнению с другими программами фертигации.

Прочность плодов была высокой во всех вариантах опыта, что, скорее всего, определяется биологическими особенностями сорта Новичок, который среди других характеристик выделяется хорошей прочностью плода (табл. 5). Самая высокая прочность плодов (93%) отмечена в вариантах, где применялись некорневые подкормки комплексными водорастворимыми удобрениями. Меньшая прочность плодов (91%) была получена в варианте с фертигацией аммиачной селитрой без некорневых подкормок. Эти небольшие различия были достоверными.

Как известно, биохимические функции, выполняемые кальцием в растении, обеспечивают

устойчивость плодов к гниению во время хранения (Holwerda, 2006). Мы изучили выход товарных плодов через 14 и 31 суток хранения при температуре 2-3 °С. Лежкость плодов после обоих периодов хранения достоверно улучшалась при использовании для фертигации кальциевой селитры по сравнению с аммиачной селитрой. При этом комбинация кальциевой селитры и хлорида аммония давала еще более высокий эффект. При использовании вышеуказанных кальций- и хлорсодержащих удобрений для фертигации и проведении некорневых подкормок комплексными водорастворимыми удобрениями наблюдалась наилучшая лежкость – 87.8% товарных плодов через 14 суток и 12.9% – через 31 суток. Сохранность плодов томата, несомненно, прямо коррелировала с содержанием в них сухого вещества.

Нами была также проведена оценка эффективности использования воды растениями томата (табл. 6). Наибольшее поступление влаги в опыте происходило за счёт поливной воды – 4200 м³/га, что в среднем составило 61% от общего водопотребления томата. Атмосферные осадки за период вегетации составили 143 мм или 1430 м³/га. На дату высадки рассады в почве находилось 1213-1276 м³/га продуктивной влаги. Коэффициент водопотребления томата, рассчитанный как отношение суммарного водопотребления растений к общей урожайности (включая стандартные и нестандартные плоды), существенно улучшался за счет оптимизации минерального питания томата – сочетания кальциевой селитры и хлорида аммония при фертигации и проведения некорневых подкормок комплексными водорастворимыми удобрениями. При этом наблюдалось наиболее эффективное использование воды на формирование урожая, поскольку на 1 мм израсходованной воды формировалось 132.5 кг плодов. Наименее эффективным вариантом по использованию воды на формирование урожая стал вариант с фертигацией аммиачной селитрой без некорневых подкормок, в котором на 1 мм израсходованной воды формировалось 87.6 кг плодов. Следовательно, оптимизация минерального питания томата с включением кальция и в небольшом количестве – хлора в программу фертигации в сочетании с некорневыми подкормками комплексными удобрениями позволяет существенно улучшить эффективность использо-

| Таблица 7. Мониторинг состава обменных катионов в светло-каштановой почве (0-20 см). |                      |                  |      |                  |     |                 |     |
|--|----------------------|------------------|------|------------------|-----|-----------------|-----|
| Фертигация   | Некорневые подкормки | Ca <sup>2+</sup> |      | Mg <sup>2+</sup> |     | Na <sup>+</sup> |     |
|  |                      | 1                | 2    | 1                | 2   | 1               | 2   |
| ммоль (экв)/100 г почвы  |                      |                  |      |                  |     |                 |     |
| Аммиачная селитра  | -                    | 17.7             | 16.9 | 6.5              | 5.7 | 0.6             | 0.5 |
|  | +                    | 18.4             | 17.5 | 6.7              | 6.2 | 0.6             | 0.6 |
| Кальциевая селитра   | -                    | 20.5             | 18.4 | 7.9              | 6.7 | 0.6             | 0.6 |
|  | +                    | 21.2             | 18.9 | 7.1              | 6.6 | 0.7             | 0.6 |
| Кальциевая селитра + хлорид аммония  | -                    | 19.9             | 18.1 | 7.4              | 6.4 | 0.6             | 0.6 |
|  | +                    | 18.2             | 16.6 | 7.0              | 6.5 | 0.5             | 0.5 |

Примечания: 1 – до высадки рассады, 2 – после уборки (обменные Ca и Mg – вытяжка 1 М KCl, обменный Na – вытяжка 1 М CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>)

| Таблица 8. Мониторинг содержания суммы водорастворимых солей и хлоридов в светло-каштановой почве, а также удельной электропроводности почвы (0-20 см). |                      |                                |       |       |       |            |       |       |       |            |      |      |      |
|---|----------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|------------|------|------|------|
| Фертигация  | Некорневые подкормки | Сумма водорастворимых солей, % |       |       |       | Хлориды, % |       |       |       | ЕС, мСм/см |      |      |      |
|   |                      | 1                              | 2     | 3     | 4     | 1          | 2     | 3     | 4     | 1          | 2    | 3    | 4    |
| Аммиачная селитра   | -                    | 0.069                          | 0.071 | 0.072 | 0.071 | 0.003      | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.21       | 0.21 | 0.21 | 0.21 |
|   | +                    | 0.071                          | 0.073 | 0.074 | 0.073 | 0.003      | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.20       | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Кальциевая селитра  | -                    | 0.072                          | 0.077 | 0.080 | 0.078 | 0.004      | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.18       | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
|   | +                    | 0.074                          | 0.080 | 0.083 | 0.080 | 0.004      | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.21       | 0.23 | 0.23 | 0.23 |
| Кальциевая селитра + хлорид аммония   | -                    | 0.072                          | 0.077 | 0.080 | 0.078 | 0.004      | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.22       | 0.24 | 0.24 | 0.24 |
|   | +                    | 0.070                          | 0.076 | 0.079 | 0.076 | 0.003      | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.24       | 0.26 | 0.26 | 0.25 |

Примечания: 1 – до высадки рассады, 2 – после предпоследней фертигации, 3 – после последней фертигации, 4 – после уборки.

вания воды растениями.

Среди обменных катионов в изученной светло-каштановой почве преобладают катионы Ca<sup>2+</sup>. Содержание обменного натрия в почве характерно для несолонцовых светло-каштановых почв (2.2-2.4% от ЕКО). При фертигации только кальциевой селитрой в почву в общей сложности было внесено 226 кг СаО/га. В связи с этим мы провели мониторинг состава обменных катионов (табл. 7). Так, определение содержания обменного кальция в почве до высадки рассады и после уборки урожая томата показало тенденцию к уменьшению данного показателя при небольших различиях по вариантам опыта. Относительно динамики содержания обменного магния в почве за период вегетации томата следует отметить несколько меньшее снижение данного показателя в вариантах с некорневыми подкормками комплексными удобрениями, содержащими в том числе и магний (вторая некорневая подкормка). Содержание обменного натрия в почве за рассматриваемый период практически не изменилось.

Количество водорастворимых солей в почве опытного участка соответствует разряду незасоленных почв. Содержание хлоридов в почве было незначительным. При использовании хлорида аммония за одну фертигацию в почву поступало порядка 13 кг Cl/га, а в сумме за предпоследнюю и последнюю фертигации – 26 кг Cl/га. В опыте был проведен мониторинг таких показателей солевого режима почвы, как суммарное содержание водорастворимых солей и хлоридов, а также выполнено определение удельной электропроводности почвы портативным прибором «Комбо» (табл. 8). Включение в программу питания томата небольших количеств хлорида аммония, начиная с фазы цветения-образования

плодов, не оказало влияния на содержание суммы водорастворимых солей и хлоридов в почве. Мониторинг удельной электропроводности почвы при этом также не выявил существенных изменений.

После предпоследней и последней фертигаций отмечается тенденция к слабому увеличению содержания в почве водорастворимых солей при использовании для фертигации кальциевой селитры по сравнению с аммиачной селитрой, что, по-видимому, связано с большим внесением кальциевой селитры в физическом весе. Однако после уборки урожая данные различия стали меньше.

В заключение отметим, что полученные в 2016 г. результаты подтверждают выводы наших предыдущих исследований, выполненных в 2015 г. также на светло-каштановой почве (Плескачев и др., 2017), о значительных преимуществах при использовании для фертигации томата кальциевой селитры по сравнению с аммиачной селитрой. Последнее исследование к тому же продемонстрировало, что включение в программу фертигации хлоридов, а также проведение некорневых подкормок комплексными водорастворимыми удобрениями может давать еще более лучшие результаты. При этом наблюдается не только рост урожайности томата, но и улучшение таких качественных показателей, как содержание растворимых сухих веществ в плодах и лежкость плодов.

В нашей работе показано положительное влияние некорневых подкормок целым комплексом макро- и микроэлементов (N, P, K, S, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Mo и Zn) на урожайность и качество плодов томата. По-видимому, необходимы дальнейшие исследования для научно-обоснованного внесения с некорневыми подкормками именно тех макро- и микроэлементов, которые дают наибольшую отдачу в орошаемом аг-

роцене томаты.

Результаты 2016 г. также свидетельствуют о том, что изученные системы питания томата, включающие внесение с фертигацией существенных количеств кальция и небольших количеств хлора, не оказывали какого-либо отрицательного влияния на содержание солей и состав обменных катионов в светло-каштановой почве.

*Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.*

*Плескачев Ю.Н. – заведующий кафедрой, доктор сельскохозяйственных наук, профессор; e-mail: pleskachiov@yandex.ru.*

*Филин В.И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.*

*Чамурлиев О.Г. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; e-mail: attika.ge@yandex.ru.*

*Борисенко И.Б. – заведующий НИЛ, доктор технических наук; e-mail: borisenivan@yandex.ru.*

*Холод А.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: olodok2009@rambler.ru.*

*Сидоров А.Н. – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: sashka2008@mail.ru.*

*Кафедра «Земледелие и агрохимия», Волгоградский государственный аграрный университет.*

## Литература

*Holwerda H.T. 2006. Подборка материала по овощной культуре. Руководство по организации специализированного питания растений. Томат. SQM S.A., 83 с. [http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop\\_Kit\\_Tomato\\_L-RU.pdf](http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-RU.pdf)*

*Авдеев Ю.И., Авдеев А.Ю. и Кигаипаева О.П. 2014. Методика селекции томата на устойчивость к экстремальным факторам среды, вызывающим вершинную гниль томатов. Селекция, семеноводство и технология выращивания овощных, бахчевых, технических и кормовых культур, 1: 40-52.*

*Jones J.B., Jr. 2007. Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse, and Home Garden. Second Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA.*

*Плескачев Ю.Н., Паратунов А.А. и Носов В.В. 2017. Фертигация томатов в условиях светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья. Питание Растений. Вестник Международного института питания растений, 2: 7-9. <http://eesa-ru.ipni.net/article/EECARU-2393>*

*Филин В.И. и Плескачев Ю.Н. 2017. Практическое руководство по фертигации овощных культур. Волгоград, ВолГАУ-МИПР, 94 с.*

## Итоги конкурса научных работ студентов и аспирантов Scholar Award 2017

*Международный институт питания растений ежегодно проводит конкурс научных работ студентов и аспирантов в области питания растений в основных сельскохозяйственных регионах мира. В Восточной Европе и Центральной Азии конкурс проводится в России, Украине и Казахстане.*



### Силуянова Ольга



Ольга Владимировна Силуянова в 2009 г. с отличием закончила Вельский сельскохозяйственный техникум по специальности «Агрономия» и в том же году поступила в Вологодскую государственную молочнохозяйственную академию на факультет агрономии и лесного хозяйства. В 2014 году она получила диплом с отличием, а в 2015 году поступила в аспирантуру ВГМХА по специальности «Общее земледелие и растениеводство». Тема научной работы Ольги: «Агроэкологическая эффективность биомодифицированных органоминеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве». В настоящее время, помимо обучения в аспирантуре, она работает в Вологодском агрохимическом центре в отделе мониторинга почв.

Ольга – автор и соавтор 5-ти опубликованных и 2-х принятых к публикации статей, победитель конкурса научных работ студентов, аспирантов и молодых ученых Министерства сельского хозяйства 2017, обладатель грамот и дипломов за отличную учебу, активное участие в научной и творческой жизни академии. После окончания аспирантуры Ольга планирует продолжить научную и практическую деятельность в области агроэкологии и агрохимии.

## Гузенко Алексей



Алексей Юрьевич Гузенко – студент 3-го курса Волгоградского ГАУ по специальности «Защита растений и фитосанитарный контроль». Активист по НИРС – уже на 1-ом курсе заинтересовался темой защиты растений от вредителей, в частности, саранчовых, довольно часто встречающихся в Волгоградской обл. Со 2-го курса со своей работой «Современные подходы в борьбе со стадными саранчовыми на Волгоградских землях» начал участвовать в различных конкурсах и конференциях. Среди наград: диплом II степени за участие в I этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых ВУЗов Минсельхоза РФ в номинации «Агрономия» (г. Волгоград, 2016 г.); диплом победителя во II этапе того же конкурса (г. Краснодар, 2016 г.); диплом за VI место того же конкурса (г. Москва, 2016 г.); диплом за I место в I этапе того же конкурса (г. Волгоград, 2017 г.); диплом I степени XVII Международной научной конференции студентов и магистрантов «Научный поиск молодежи XXI века» (Республика Беларусь, 2016 г.); диплом II степени за участие в XXI Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской обл. по направлению «Агрономия, зоотехния, ветеринария и переработка сельскохозяйственного сырья» (г. Волгоград, 2016 г.).

Алексей – автор 6-ти публикаций, где представлен мониторинг новых химических препаратов в борьбе с итальянским прусом в Волгоградской обл. В данное время работает над дипломной работой по теме: «Инновационные методы борьбы со стадными саранчовыми на Волгоградских землях Палласовского района». На конкурс IPNI была представлена работа «Опыт применения ЖКУ при возделывании подсолнечника в ООО АПК «Родина» Киквидзенского района Волгоградской области», поскольку агрохимия также входит в сферу его научных интересов.

Алексей является активным членом творческого отдела студенческого совета. Для усовершенствования полученных и приобретения новых практических знаний и навыков с 1-го курса пошел в стройотряд. Как командир отряда был награжден грамотой (2015 г.) и благодарственным письмом (2016 г.) за добросовестный труд в организации работы студенческих сельскохозяйственных отрядов Волгоградской обл.

В дальнейшем собирается поступить в магистратуру и продолжить работу в выбранном направлении.

## Интенсивная технология возделывания сои: комплексный системный подход

Гильермо Бальбоа, Майк Стюарт, Фернандо Сальваджиотти, Фернандо Гарсиа, Эрос Франциско, Игнасио Чиампитти

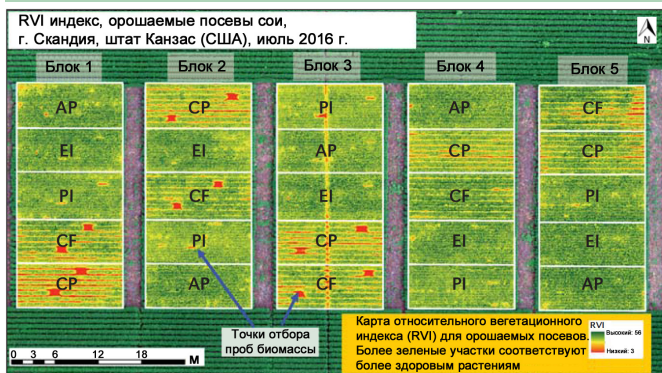
*Экологическая интенсификация оказала влияние на урожайность, биомассу и поглощение азота соей. Узкие междурядья, высокая норма высева, современные агротехнические приемы и сбалансированное питание увеличили эффективность распределения биомассы растений, которую оценивали с использованием индекса урожайности (harvest index, HI) и относительного выноса азота с урожаем семян (NHI), а также определения содержания азота в зерне.*

*Частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (partial factor productivity of fertilizer, PFPf) увеличился при одновременном применении лучших приемов агротехники и системы удобрений. При этом рост урожайности составил 19% и 28% на орошаемых и богарных землях соответственно.*

*Комплексный подход, одновременно рассматривающий многочисленные факторы управления в системе земледелия, необходим для повышения реальной урожайности.*

«**Н**едобор урожая» - это разница между потенциальной урожайностью, которая может быть достигнута в данном регионе (максимальная урожайность без биогенных и абиогенных стрессов) и фактической урожайностью,

полученной в поле. Его величину можно существенно снизить, выбирая лучший сорт и систему применения удобрений, а также учитывая взаимодействие этих факторов между собой и с окружающей средой (почва, климат). Например, выбирая генотип, шири-



**Аэроснимок, демонстрирующий различия в значениях относительного вегетационного индекса (Ratio Vegetation Index, RVI)** [отношения отражающей способности в инфракрасной и видимой красной областях, БИК/ВК] на орошаемой плантации сои в Скандии, Канзас (США). Зеленый цвет коррелирует со здоровыми посевами.

CP – практика хозяйства (ПХ)

CF – внесение удобрений (ВУ)

PI – густота посева (ГП)

EI – экологическая интенсификация (ЭИ)

AP – интенсивная технология (ИТ)

ну междурядий, сроки высева и систему применения удобрений, разработанную в соответствии со стратегией 4R: выбор правильных форм и доз удобрений, а также сроков и способов их внесения. В последние годы в некоторых работах отдельно оценивалось влияние применения удобрений или агротехнических приемов на урожайность сои, однако работ по комплексному исследованию влияния этих факторов еще недостаточно.

Закон минимума Либиха устанавливает, что рост и развитие растений управляется наиболее ограниченным ресурсом или фактором. Согласно этому закону, если растение получает достаточное количество сбалансированных питательных элементов в соответствии с его потребностями, урожайность будет ограничиваться каким-то другим фактором, например, уровнем инсоляции или доступностью воды. Цель настоящей работы - исследование комплексного системного подхода, одновременно рассматривающего питание растений и агротехнические приемы, который способствует лучшему пониманию систем земледелия, основанных на понятии экологической интенсификации (Cassman, 1999).

Исследования были выполнены в 2014 и 2015 годах на 4 плантациях сои, расположенных в окрестностях города Скандия, штат Канзас (США), в богарных и орошаемых условиях. На каждой плантации исследовались пять систем земледелия - от малозатратной

типичной практики хозяйства до интенсивной. Оценивались следующие варианты: практика хозяйства (ПХ), внесение удобрений (ВУ), высокая густота посева (ГП), экологическая интенсификация (ЭИ) и интенсивная технология (ИТ) (табл. 1). В отличие от варианта ПХ в варианте ВУ вносили фосфорные, калийные и серосодержащие удобрения. В варианте ГП норма высева была увеличена на 57 тыс. семян/га по сравнению с ПХ, ширина междурядий была уменьшена с 76 до 38 см, удобрения не вносились. Вариант ЭИ представлял собой комбинацию вариантов ВУ и ГП с нормой высева 335 тыс. семян/га, шириной междурядий 38 см, внесением удобрений, сбалансированных по макро- и микроэлементам питания, а также применением фунгицида/инсектицида. Среднее количество осадков для обоих сезонов составляло 41.4 мм в год. Кроме того, орошаемые участки дополнительно получали в среднем 17.5 мм воды. Наконец, вариант ИТ был аналогичен варианту ЭИ, но с внесением двойных доз микроэлементов и двукратными обработками средствами защиты.

В каждом опыте ежегодно оценивали детальную фенологию растений (этапы вегетативного роста (V4, V6) и репродуктивного развития (R1, R5, R7)), биомассу, содержание элементов питания, а также проективное покрытие листьев.

Индекс урожайности (Harvest Index, HI) и относительный вынос азота с урожаем семян (N Harvest Index, NHI) рассчитывали по следующим формулам:

$$\text{Индекс урожайности (HI)} = \frac{\text{масса семян (кг абс. сухого вещества/га)}}{\text{надземная биомасса растения (кг абс. сухого вещества/га)}}$$

$$\text{Относительный вынос азота с урожаем семян (NHI)} = \frac{\text{вынос азота семенами (кг/га)}}{\text{вынос азота надземной биомассой растения (кг/га)}}$$

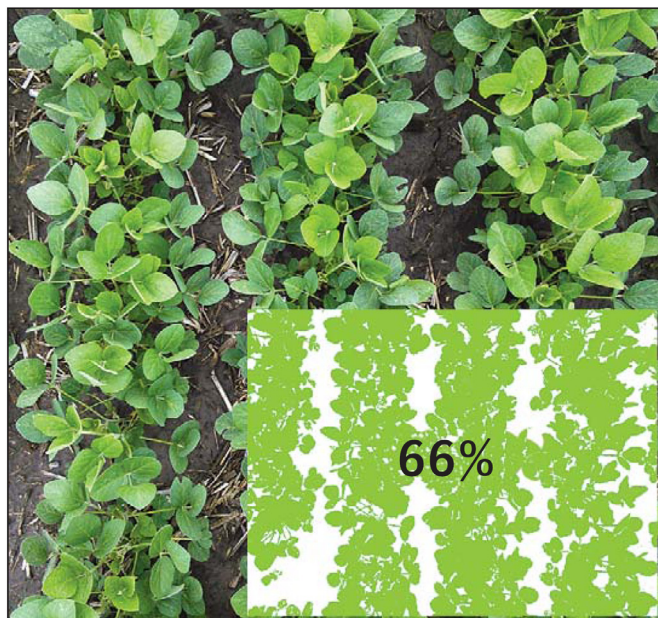
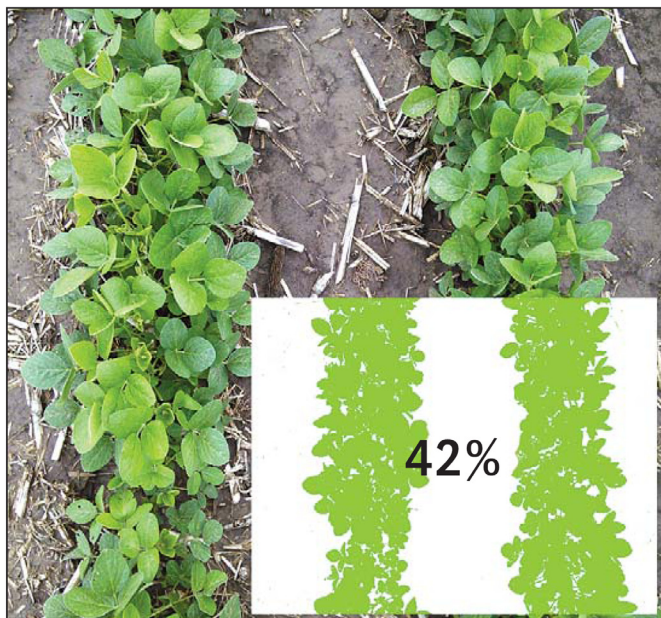
Частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (partial factor productivity of fertilizer, PFPf) рассчитывали как отношение урожайности к общему количеству внесенных удобрений (N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O+S) в вариантах ПХ и ЭИ.

## Результаты

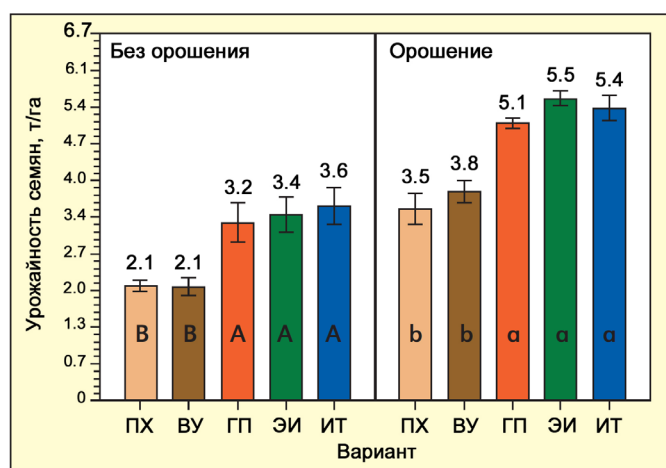
Анализ изображений показал видимые различия в проективном покрытии листьев растений сои на фенологической стадии V4 (четыре трилистника) (рис. 1). В условиях орошения проективное покры-

**Таблица 1.** Схема опыта с соей, г. Скандия, штат Канзас (США) в 2014–2015 г.г.

| Вариант   | ПХ       | ВУ       | ГП       | ЭИ             | ИТ              |
|---|----------|----------|----------|----------------|-----------------|
| Норма высева, семян/га  | 274 тыс. | 274 тыс. | 331 тыс. | 331 тыс.       | 331 тыс.        |
| Ширина междурядий, см   | 76       | 76       | 38       | 38             | 38              |
| Удобрения   | нет      | (P-K-S)  | нет      | (N*-P-K-S)     | (N*-P-K-S)      |
| Микроэлементы питания   | нет      | Нет      | нет      | 1×(Fe, Zn, B)* | 2×(Fe, Zn, B)** |
| Фунгицид/инсектицид   | нет      | Нет      | нет      | 1×**           | 2×**            |
| ПХ – практика хозяйства, ВУ – внесение минеральных удобрений, ГП – высокая густота посевов, ЭИ – экологическая интенсификация (ВУ + ГП), ИТ – интенсивная технология. *Вносили на стадии R3 (начало созревания бобов). **Вносили на стадиях R1 (начало цветения) и R3. Дозы удобрений N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O-S (кг д.в./га): 63-10-35-9 и 63-15-48-12 на богарных и орошаемых участках соответственно. В варианте ВУ азотное удобрение не вносилось. |          |          |          |                |                 |



**Рис. 1.** Проективное покрытие посевов листьев сои в вариантах ПХ (слева) и ЭИ (справа) на фенологической стадии V4 (четыре трилистника), г. Скандия, штат Канзас (США), вегетационный сезон 2015 г. Вставки рисунков и степени покрытия выполнены с использованием программы Siscob®, EMBRAPA.



**Рис. 2.** Урожайность семян сои на богарных и орошаемых участках в Скандии, Канзас, средние данные по 2014–2015 гг. Разные буквы в колонках отмечают статистически значимые различия для урожайности семян ( $p < 0.05$ ).

тие составляло 42% в варианте ПХ и 66% – в варианте ЭИ. Большее покрытие на ранней стадии развития в варианте ЭИ приводило к большему улавливанию света и, вероятно, повышало эффективность перехода углерода в биомассу.

### Урожайность семян

Данные о средней урожайности семян сои для двух лет исследования представлены на **рис. 2**. Урожайность семян в богарных условиях, усредненная по вариантам опыта и годам, составила 2.9 т/га. Максимальная средняя урожайность была достигнута в варианте ИТ – 3.56 т/га, но она статистически не отличалась от вариантов ГП (3.2 т/га) и ЭИ (3.4 т/га). Средняя урожайность для этих трех самых интенсивных вариантов (ГП, ЭИ и ИТ) составляла 3.4 т/га. В вариантах опыта ПХ и ВУ средняя урожайность была 2.1 т/га. Таким образом, недобор урожая, вычисленный по этим данным для богарных усло-

вий, составил 1.34 т/га. Хотя урожайность сои в вариантах ГП и ЭИ статистически не различалась, в варианте ГП происходил некомпенсированный вынос элементов питания растений из почвы, и поэтому потенциальный урожай последующих культур севооборота был подвержен риску. Действительно, данные, полученные в настоящем исследовании в 2015 году, показывают, что при выращивании кукурузы после сои в варианте опыта ГП снижение урожайности кукурузы составило 1.34 т/га по сравнению с вариантом ЭИ. Снижение урожайности кукурузы стало результатом отрицательного баланса элементов питания в почве при возделывании сои.

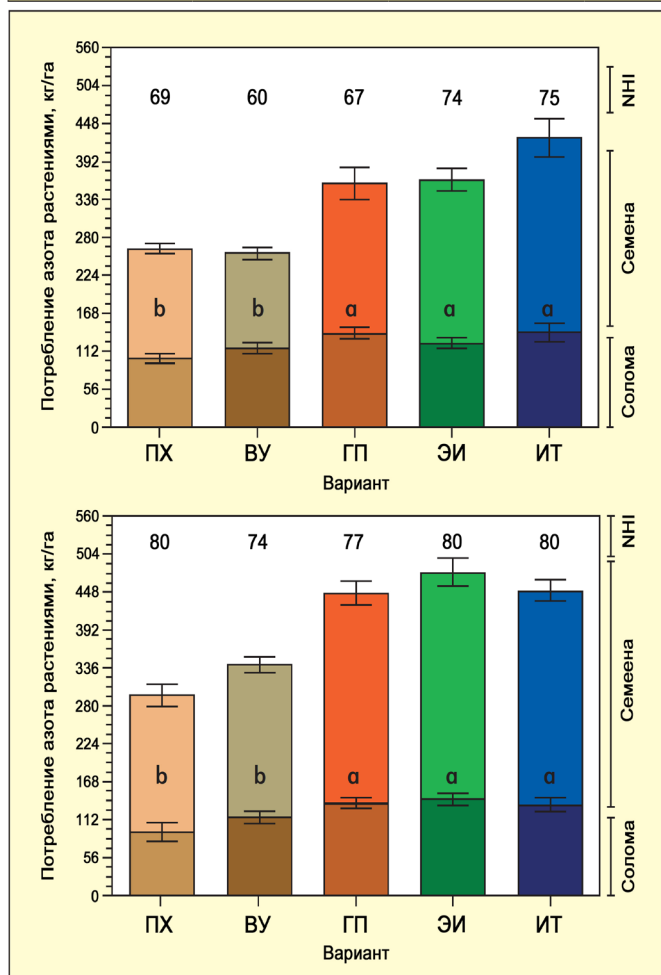
В условиях орошения урожайность семян, усредненная по вариантам опыта и годам, составила 4.64 т/га, что на 1.75 т/га больше, чем средняя урожайность на богарных полях. Увеличение интенсивности производства путем сужения междурядий и увеличения нормы высева повысило урожайность на 1.61 т/га: в варианте ПХ средняя урожайность составила 3.49 т/га, а в варианте ГП – 5.11 т/га (**рис. 2**). Хотя урожайность в вариантах ПХ (3.49 т/га) и ВУ (3.83 т/га) численно различалась, разница между ними была статистически незначимой. Средняя урожайность для менее интенсивных вариантов (ПХ и ВУ) составляла 3.63 т/га. Максимальная урожайность на орошаемых полях (5.51 т/га) была достигнута в варианте опыта ЭИ, и хотя это была самая высокая урожайность, она несущественно отличалась от вариантов ГП (5.11 т/га) и ИТ (5.38 т/га). Средняя урожайность для этих трех наиболее интенсивных вариантов (ГП, ЭИ и ИТ) составила 5.31 т/га. Поэтому недобор урожая, рассчитанный для орошаемых полей, составил 1.68 т/га. В среднем, каждые 25.4 мм воды, использованной для орошения, давали 98 кг семян сои.

В условиях орошения частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (PFPf), рассчитанный как отношение урожайности

**Таблица 2.** Общая биомасса, солома и индекс урожайности семян (НИ) в богарных и орошаемых условиях (г. Скандия, штат Канзас), средние данные за 2014–2015 гг.

| Вариант | Сухая биомасса, кг/га |          | Солома, кг/га |          | НИ           |          |
|---------|-----------------------|----------|---------------|----------|--------------|----------|
|         | без орошения          | орошение | без орошения  | орошение | без орошения | орошение |
| ПХ      | 84186                 | 10107 в  | 6347 а        | 6625 в   | 0,25 в       | 0,34 а   |
| ВУ      | 8287 б                | 13051 б  | 6238 а        | 9244 б   | 0,25 в       | 0,29 б   |
| ГП      | 10788 а               | 15410 а  | 7620 а        | 10357 а  | 0,29 б       | 0,33 а   |
| ЭИ      | 9736 а                | 16635 а  | 6438 а        | 11127 а  | 0,34 а       | 0,33 а   |
| ИТ      | 10479 а               | 16183 а  | 7035 а        | 10849 а  | 0,33 а       | 0,33 а   |

ПХ – практика хозяйства, ВУ – внесение минеральных удобрений, ГП – высокая густота посевов, ЭИ – экологическая интенсификация (ВУ + ГП), ИТ – интенсивная технология. НИ – индекс урожайности. Статистически значимые различия ( $p < 0.05$ ) отмечены разными буквами.



**Рис. 3.** Поглощение азота растениями сои и относительный вынос азота с урожаем семян (НИ) для вариантов выращивания сои в богарных (вверху) и орошаемых (внизу) условиях в г. Скандия, штат Канзас (США), средние данные за 2014–2015 гг. Разные буквы в колонках отмечают статистически значимые различия для потребления азота растениями ( $p < 0.05$ ).

семян к общему количеству внесенного удобрения, равнялся 14 (кг семян/кг удобрения) в варианте ПХ и 17 – в варианте ЭИ. Для богарных условий частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (PFPf) составлял 11 и 14 в вариантах ПХ и ЭИ соответственно. Частный коэффициент использования элементов питания из удобрений (PFPf) в варианте ЭИ был больше, чем в варианте ПХ на 19% и 28% при орошении и в богарных условиях соответственно. В условиях интенсификации производства (узкие междурядья и увеличенная норма высева)

каждый килограмм внесенного удобрения был более эффективным в повышении продуктивности сои.

### Общая биомасса растений и индекс урожайности семян

При орошении общее производство биомассы составило в среднем 14.3 т/га, что было на 50% больше, чем в богарных условиях (табл. 2). В варианте ПХ общая биомасса растений и количество соломы были стабильно меньше, чем в остальных орошаемых вариантах. В богарных условиях общая биомасса растений демонстрировала ту же тенденцию, что и урожай семян (рис. 2), а в более интенсивных вариантах (ГП, ЭИ и ИТ) биомасса была больше на 24%, чем в вариантах ПХ и ВУ (1.98 т/га). При орошении в более интенсивных вариантах биомасса сои была больше на 39% (4.5 т/га), чем средняя биомасса в вариантах ПХ и ВУ (табл. 2). Внесение минеральных удобрений (PKS) в варианте опыта ВУ позволило увеличить производство общей биомассы на 29% (2.95 т/га) по сравнению с вариантом ПХ. Сочетание внесения минеральных удобрений с макро- и микроэлементами с однократной обработкой средствами защиты в варианте опыта ЭИ позволило увеличить биомассу сои на 65% (6.53 т/га).

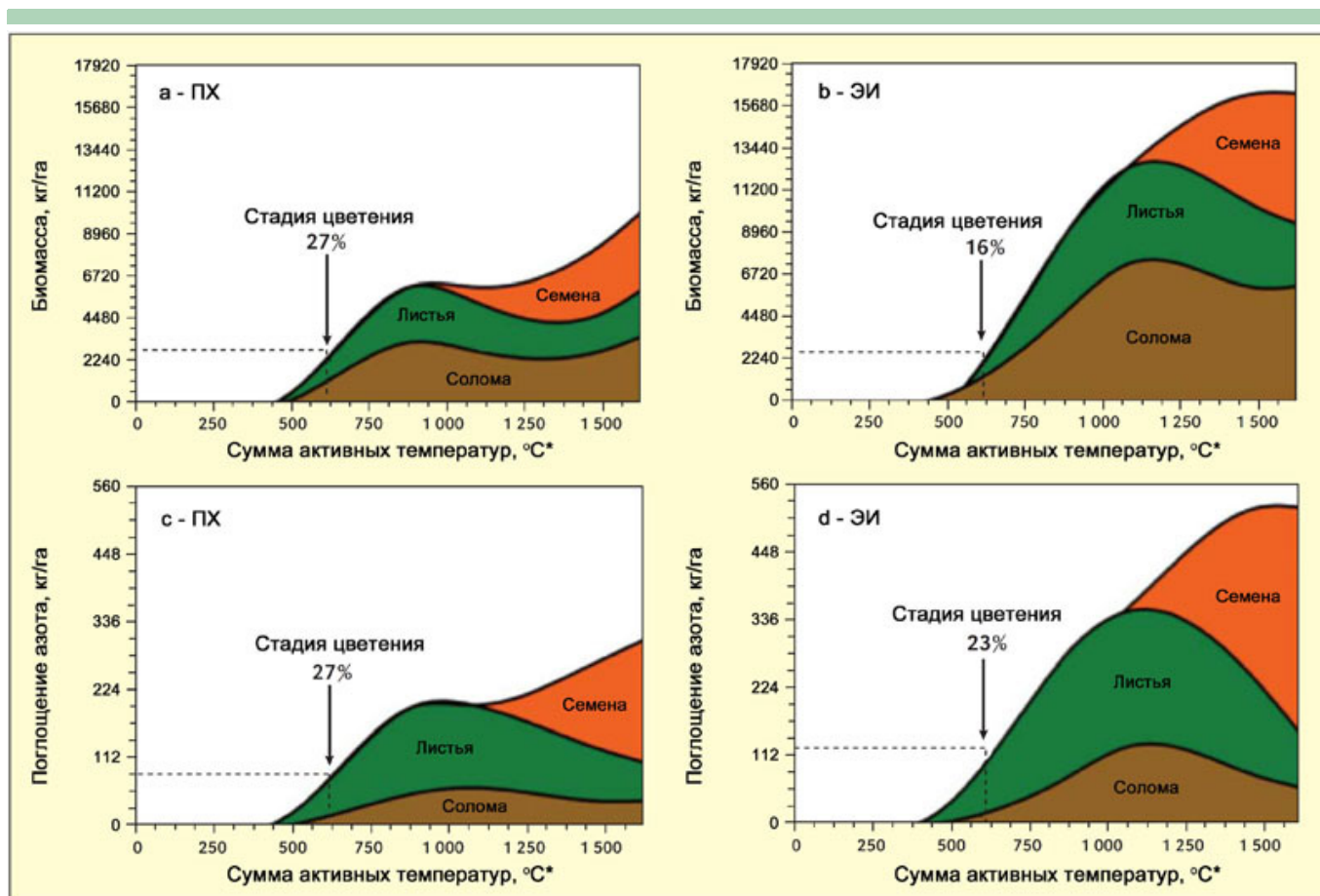
Таким образом, настоящее исследование показало положительное влияние применения минеральных удобрений и агротехнических приемов на производство общей биомассы растений как в орошаемых, так и в богарных условиях. При этом в богарных условиях при интенсификации производства индекс урожайности семян повышался за счет роста биомассы семян, тогда как при орошении интенсификация процесса приводила к росту общей биомассы растений (табл. 2).

### Общее поглощение азота

Росту биомассы растений соответствовало увеличение общего поглощения азота. Средние для двух сезонов величины общего поглощения азота растениями варьировали от 258 до 426 кг/га в богарных условиях и от 302 до 476 кг/га – при орошении (рис. 3). В обоих случаях поглощение азота в более интенсивных вариантах (ГП, ЭИ и ИТ) было выше, чем в вариантах ПХ и ВУ.

При орошении относительный вынос азота с урожаем зерна (НИ) оставался стабильным во всех ва-





**Рис. 4.** Сезонные изменения биомассы растений сои и поглощения азота в вариантах ПХ и ЭИ для отдельных частей растений на орошаемых участках в г. Скандия, штат Канзас (США), средние данные за 2014–2015 гг.

риантах опыта. При этом среднее содержание азота в семенах составляло 70% от общего содержания азота в надземных органах растений.

В богарных условиях относительный вынос азота с урожаем зерна (NH) несколько изменялся по вариантам опыта и в целом был выше в более интенсивных вариантах опыта (ЭИ, ИТ). В богарных условиях среднее содержание азота в семенах составляло 62% от его общего количества в надземной части растений, что было на 8% меньше, чем при орошении.

### Сезонные изменения биомассы растений, содержание и распределение азота в различных частях растения сои

В настоящей статье представлены данные о сезонных изменениях биомассы растений и динамики накопления азота для вариантов ПХ и ЭИ в условиях орошения. Значительные различия в сезонном накоплении биомассы наблюдались между малоинтенсивными (ПХ, рис. 4а) и высокоинтенсивными (ЭИ, рис. 4б) вариантами. В варианте ЭИ кумулятивная биомасса растений на стадии начала цветения (R1) составляла меньшую часть от общей кумулятивной биомассы в конце сезона (16%), чем в варианте ПХ (27%). Это значит, что большая часть биомассы рас-

тений (больше чем 80%) в варианте ЭИ была накоплена в наиболее критические стадии репродуктивного периода роста и развития сои. В варианте ЭИ к концу сезона было накоплено на 60% больше биомассы, чем в варианте ПХ. Эта дополнительная биомасса в варианте ЭИ была произведена, прежде всего, после начала цветения (R1) при стабильной скорости накопления вплоть до конца стадии налива семян (рис. 4а и 4б). Это отличие в накоплении биомассы растениями в течение сезона и общей биомассы в конце сезона в вариантах опыта ПХ и ЭИ было основным фактором, повлиявшим на урожайность, поскольку величины индекса урожайности (HI) различались в этих вариантах опыта незначительно.

Сезонное потребление азота в вариантах ПХ и ЭИ демонстрировало те же закономерности, что и накопление биомассы растений (рис. 4в и 4г). Более высокое (почти двукратное) поглощение азота растениями наблюдалось в высокопродуктивном варианте ЭИ по сравнению с вариантом ПХ. Более низкое поглощение азота в варианте ПХ соответствовало меньшей урожайности по сравнению с вариантом ЭИ. Кроме того, в варианте ЭИ относительный вынос азота с урожаем зерна был на 5% выше, чем в варианте опыта ПХ (NH=71% и 66% в вариантах ЭИ и ПХ соответственно).

\* Сумма активных температур выше 10 °C (growing degree days - GDD), рассчитываемая по формуле:  $GDD = (t_{max} + t_{min})/2 - 10$ , где  $t_{max}$  – максимальная температура за сутки (принимается равной 30°C, если она выше данной величины);  $t_{min}$  – минимальная температура за сутки (принимается равной 10 °C, если она ниже данной величины) (примечание переводчика).

## Выводы

Интенсификация возделывания сои, включающая применение минеральных удобрений и ряд агротехнических мероприятий (более узкие междурядья, большая норма высева, сбалансированное питание растений), влияет на накопление биомассы растениями, поглощение ими азота и на эффективность его распределения по частям растения, которую оценивают с использованием индекса урожайности (НИ) и величины относительного выноса азота с урожаем семян (NHI).

Относительный вынос азота с урожаем семян (NHI) повышался при интенсификации системы земледелия. При этом индекс урожайности зерна оставался неизменным в высокопродуктивных вариантах опыта в условиях орошения. В этих условиях сбалансированное питание растений было ключевым фактором для увеличения биомассы растений и поглощения азота.

Улавливание света на ранних стадиях развития растений было выше в варианте ЭИ по сравнению с ПХ. Но это не повлияло на накопление биомассы на ранних стадиях развития. Однако в дальнейшем в поздний репродуктивный период более высокая скорость и продолжительность роста растений наблюдались в вариантах опыта с лучшим проективным покрытием листьев на ранних стадиях развития растений. Это подтверждалось ростом биомассы растений, которая была на 60% больше в варианте опыта ЭИ, чем в варианте ПХ.

Устойчивая интенсификация производства сои требует комплексного подхода, включающего оптимизацию питания растений и агротехнических приемов, что приводит к повышению эффективности всей системы земледелия.

## Признаки дефицита элементов питания у пшеницы (продолжение)

Начало на стр. 1

### Фосфор



Красновато-фиолетовое окрашивание, начиная с верхушки, распространяется вниз по всей ширине листа.  
Авторы: M.K. Sharma and P. Kumar



Ослабленный рост и появление красновато-фиолетового оттенка на старых листьях у растения пшеницы, испытывающего недостаток фосфора.

Автор(ы): M.K. Sharma and P. Kumar

Г-н Бальбоа – аспирант Канзасского Государственного Университета; e-mail: balboa@ksu.edu.

Д-р Стьюарт – Региональный директор Международного института питания растений по Северной Америке

Д-р Сальваджиотти – исследователь INTA, Оливьерос, Аргентина

Д-р Гарсиа – Региональный директор Международного института питания растений по Южному конусу Латинской Америки

Д-р Франциско – Зам. директора Международного института питания растений в Бразилии

Д-р Чиампитти – специалист по растениеводству и системам земледелия, профессор Канзасского Государственного Университета (США), e-mail: ciampitti@ksu.edu.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность Группе контроля качества урожая Канзасского Государственного Университета за сбор и обработку всех образцов для данной работы, а также Международному институту питания растений (IPNI), программе Фулбрайта и BASF за финансовую поддержку.

### Литература

Cassman, K.G. 1999. Proc. Natl. Acad. Sci. 96:5952-5959.

Перевод с английского и адаптация: Иванова С.Е.



Недостаток фосфора у пшеницы.  
Автор(ы): T. L. Roberts



Пшеница после длительно возделываемой и плохо удобрявшейся люцерны. Ослабленный рост растений вызван пропуском стартового удобрения. Содержание подвижного фосфора в почве под рядами с плохо развитыми растениями составило 3 мг Р/кг, а под рядами с хорошо развитыми растениями – 13 мг Р/кг.  
Автор(ы): J. Lee

## Калий



Краевой хлороз и некроз старых листьев.  
Автор(ы): M.K. Sharma and P. Kumar



Недостаток калия у пшеницы.  
Автор(ы): T. Jensen



Недостаток калия у пшеницы.  
Автор(ы): M.K. Sharma and P. Kumar



Недостаток калия у пшеницы.  
Автор(ы): Ernst Mutert

## Кальций



Пожелтение и деформирование молодых листьев – основные признаки недостатка кальция.

Автор(ы): *Bhushan Prakash Phadnis*

## Магний



Недосток магния у пшеницы.

Автор(ы): *T. L. Roberts*

## Сера



Недосток серы (в центре) у озимой пшеницы. Соотношение N:S в растениях превышало 16:1, что свидетельствует о дефиците серы. На участках поля слева и справа от центрального участка вносилось серное удобрение в дозе 34 кг S/га.

Автор(ы): *Stephen Maloney*



У проростков пшеницы, испытывающих недостаток серы, хлороз (пожелтение) сильнее проявлялся на молодых листьях..

Автор(ы): *M.K. Sharma and P. Kumar*



Недосток серы у пшеницы. Верхние листья – бледно-зеленые, нижние – более темные.

Автор(ы): *M.K. Sharma and P. Kumar*



Хлоротичный – пожелтевший лист растения при дефиците серы (слева) и лист нормального зеленого цвета (справа).

Автор(ы): *M.K. Sharma and P. Kumar*

## Хлор



Пятнистость листьев пшеницы – физиологическое заболевание, вызванное недостатком хлора. Полевой опыт, проводившийся д-ром Энгелем в графстве Бигхорн штата Монтана (США).  
Автор(ы): *A. E. Ludwick*



Варианты опыта с внесением и без внесения хлора.  
Автор(ы): *L. S. Murphy*

## Железо



Межжилковый хлороз (пожелтение) листьев. Жилки при этом резко выделяются, так как остаются зелеными.  
Автор(ы): *M.K. Sharma and P. Kumar*



При прогрессировании дефицита железа жилки обесцвечиваются – становятся светло-зелеными или бледно-желтыми.  
Автор(ы): *M.K. Sharma and P. Kumar*



Недостаток железа у пшеницы.  
Автор(ы): *C. S. Snyder*



Недостаток железа у пшеницы. Обратимое обесцвечивание межжилковых тканей и резко выделяющиеся зеленые жилки.  
Автор(ы): *M.K. Sharma and P. Kumar*

## Медь



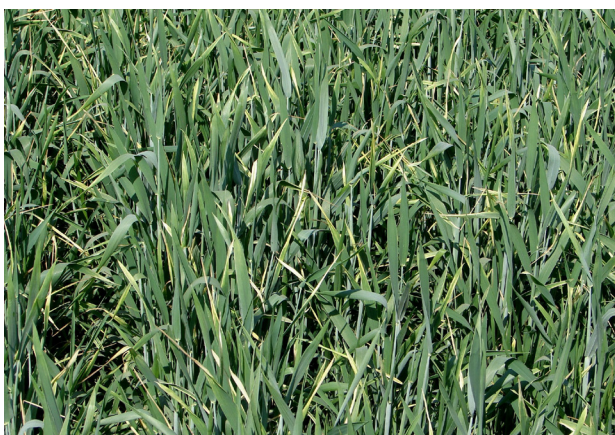
При недостатке меди верхушки молодых листьев увядают, скручиваются и отмирают.

*Автор(ы): M.K. Sharma and P. Kumar*



Недостаток меди у пшеницы. Молодые листья становятся бледно-зелеными или желтыми, сморщиваются, ломаются, поникают и увядают.

*Автор(ы): M.K. Sharma and P. Kumar*



Отмирание верхушек молодых листьев у растений пшеницы, испытывающих дефицит меди.

*Автор(ы): M.K. Sharma and P. Kumar*



Недостаток меди у пшеницы часто путают с листовыми болезнями. Симптомы включают хлороз и некроз молодых листьев.

## Молибден



Недостаток молибдена у пшеницы на кислой почве.

*Автор(ы): S. Tu*

## Марганец



Почвенные показатели: pH (H<sub>2</sub>O) = 8,2, подвижный марганец (вытяжка ДТПУ) – 1,8 мг Mn/кг почвы. Содержание марганца во флаговом листе – 13 мг Mn/кг абсолютно сухого вещества.

*Автор(ы): U. S. Sadana*

## Бор



Недостаток бора у пшеницы.  
Автор(ы): T. L. Roberts



Недостаток бора у пшеницы.  
Автор(ы): T. L. Roberts

## Цинк



Недостаток цинка у пшеницы. Желтые и бурые некротические пятна постепенно увеличиваются в размерах в направлении верхушки и основания листа.  
Автор(ы): M.K. Sharma and P. Kumar



Недостаток цинка у пшеницы.  
Автор(ы): S. Stacey



МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ  
ИНСТИТУТ

Восточная Европа и Центральная Азия

125466 Российская Федерация, Москва, ул. Ландышевая, д.12, вл. 17а  
Тел./Факс: 8 (495) 580 64 14  
<http://eeca-ru.ipni.net>  
<http://www.ipni.net>  
[ipni-eeca@ipni.net](mailto:ipni-eeca@ipni.net)

Выше урожай и качество, сохраняя окружающую среду...  
С помощью науки

