

# 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>KCl</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.

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 <sub>29</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	-	-	-	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	177	-	-	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>14</sub>	-	203	-	-	-
N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	265	-	42	10	150
N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>21</sub>	-	303	-	-	-
N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	352	-	-	-	-
N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>28</sub>	-	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 тукосмесь, состоящая из аммофоса и хлористого калия. В последующих вариантах опытов во вносимую под

предпосевную культивацию тукосмесь 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.

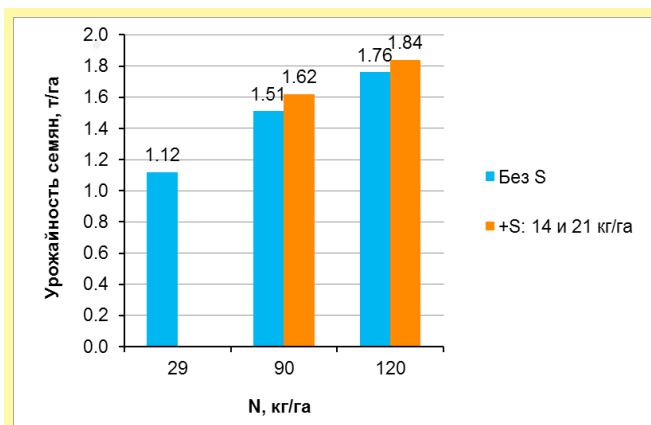
В опытах возделывался яровой рапс сорта Неман после озимой пшеницы. Использовалась агротехника, рекомендованная для Предволжской зоны (чернозем выщелоченный) и Предкамской зоны Республики Татарстан (серая лесная почва). Посев проводили обычным рядовым способом с междурядьями 15 см. Повторность в опытах – 4-х кратная, размещение делянок – рандомизированное. Учетная площадь делянки составила 100 м<sup>2</sup> (25 х 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 <sub>29</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	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 <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	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 <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>14</sub>	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 <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	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 <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>21</sub>	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 <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.69	1.83	1.06	0.49	0.85	0.24	1.12	0.26
N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>28</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	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. ( $HCP_{0.05} = 0.10$ ).

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.

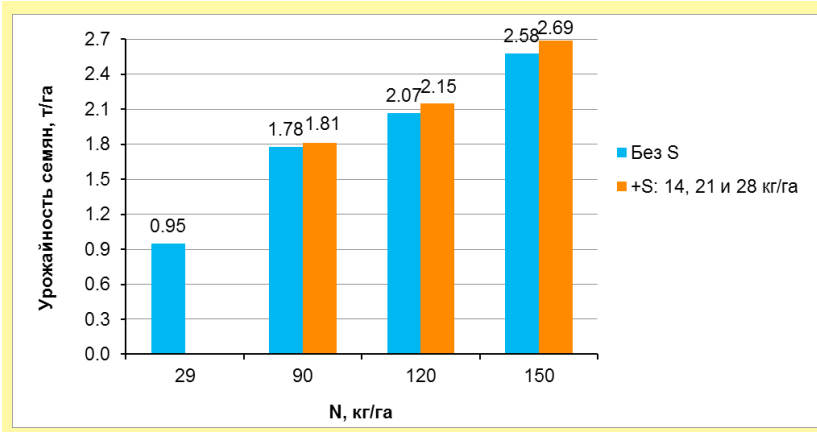
В опыте на серой лесной почве в 2016 г. наблюдалось статистически значимое увеличение высоты растений при внесении серы в почву на фоне доз азота до 120 кг/га (табл. 5). Остальные элементы структуры урожая при этом изменялись несущественно. Можно отметить тенденцию к повышению густоты стояния растений 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
HCP <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
HCP <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 – P46K30.

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, поступавшей 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 регулираний 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> , кг семян/кг S	Вынос серы		АЭ <sub>S</sub> , 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 <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	7004	30200	-	7942	36200	-
N <sub>90</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>14</sub>	7532	32400	1672	9247	41400	600
N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	8280	35200	-	9247	43000	-
N <sub>120</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>21</sub>	9055	36800	825	10551	51600	1600
N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub>	-	-	-	10551	53800	-
N <sub>150</sub> P <sub>46</sub> K <sub>30</sub> S <sub>28</sub>	-	-	-	7942	36200	2200

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

В целом, полученные за два года результаты продемонстрировали, что оптимизация питания ярового 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.*