УДК 631.828; 633.853.494

Научная статья

Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-93-97

О.Ю. Соловьев[1] ✉,
В.К. Швидченко[2],
И.А. Евсеенко[1]

[1] Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция, с. Шагалалы, Северо-Казахстанская обл., Казахстан

[2] Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

✉ *solovyev_1990@mail.ru*

Поступила в редакцию:
17.01.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Влияние минеральных удобрений на формирование сухого вещества и урожайность ярового рапса в условиях Северного Казахстана

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Актуальным трендом развития сельскохозяйственного производства является возделывание ярового рапса как высокорентабельной и экспортной культуры. Минеральное питание является неотъемлемой частью повышения резистентности рапса к неблагоприятным факторам среды, повышения и стабилизации урожайности.

Цель исследований — оценка эффективности различных форм и норм внесения минеральных удобрений на урожайность и морфобиологические показатели ярового рапса.

Методы. Полевые опыты закладывались на экспериментальном поле Северо-Казахстанской СХОС в 2018–2020 гг. Климат зоны — засушливый, сумма положительных температур — 2400–2700 ºС, среднегодовое количество осадков — 240–330 мм, ГТК — 0,8–0,7. Почва — обыкновенный тяжелосуглинистый чернозем с нейтральной реакцией, гумус — 4,5–5,0%.

Объект исследования — гибрид ярового рапса САЛЬСА CL F1 (00-тип, среднеранний). Учеты и наблюдения проведены по актуальным государственным стандартам, а также методике проведения государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Результаты. В результате исследований установлено, что применение различных видов и норм минеральных удобрений обеспечивает прибавку урожайности ярового рапса 0,42–0,68 т/га. Наибольший эффект получен по варианту P80:N80 нитроаммофос с урожайностью 1,72 т/га, превышение стандарта на 64%. Данные факты подтверждаются структурным анализом полученного урожая, а также наблюдениями за динамикой нарастания сухой массы.

Ключевые слова: яровой рапс, минеральные удобрения, эффективность, продуктивность, масличность, структура урожайности

Для цитирования: Соловьев О.Ю., Швидченко В.К., Евсеенко И.А. Влияние минеральных удобрений на формирование сухого вещества и урожайность ярового рапса в условиях Северного Казахстана. *Аграрная наука.* 2023; 373(8): 93–97.
https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-93-97

© Соловьев О.Ю., Швидченко В.К., Евсеенко И.А.

Research article

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-93-97

Oleg Yu. Soloviev[1] ✉,
Vladimir K. Shvidchenko[2],
Inna A. Yevseyenko[1]

[1] North Kazakhstan Agricultural Experimental Station, Shagalaly village, North Kazakhstan region, Kazakhstan

[2] Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan

✉ *solovyev_1990@mail.ru*

Received by the editorial office:
17.01.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

The influence of mineral fertilizers on the formation of dry matter and the yield of spring rapeseed in the conditions of Northern Kazakhstan

ABSTRACT

Relevance. The current trend in the development of agricultural production is the cultivation of spring rape, as a highly profitable and export crop. Mineral nutrition is an integral part of increasing the resistance of rapeseed to adverse environmental factors, increasing and stabilizing yields.

The purpose of the research is to evaluate the effectiveness of various forms and norms of mineral fertilizers on the yield and morphobiological parameters of spring rape.

Methods. Field experiments were laid on the experimental field of the North Kazakhstan Agricultural Academy in 2018–2020. The climate of the zone is arid, the sum of positive temperatures is 2400–2700 °C, the average annual precipitation is 240–330 mm, GTC is 0.8–0.7. The soil is ordinary heavy loamy chernozem with a neutral reaction, humus is 4.5–5.0%.

The object of the study is a hybrid of spring rapeseed SALSA CL F1 (00-type, medium early). Records and observations were carried out according to current state standards, as well as the methodology for conducting state variety testing of agricultural crops.

Results. As a result of the research, it was found that the use of various types and norms of mineral fertilizers provides an increase in the yield of spring rapeseed of 0.42–0.68 t/ha. The greatest effect was obtained for the P80:N80 nitroammophos variant, with a yield of 1.72 t/ha, exceeding the standard by 64%. These facts are confirmed by the structural analysis of the obtained crop, as well as observations of the dynamics of the increase in dry matter.

Key words: spring rapeseed, mineral fertilizers, efficiency, productivity, oil content, yield structure

For citation: Soloviev O.Yu., Shvidchenko V.K., Yevseyenko I.A. The influence of mineral fertilizers on the formation of dry matter and the yield of spring rapeseed in the conditions of Northern Kazakhstan. *Agrarian science.* 2023; 373(8): 93–97 (In Russian).
https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-93-97

© Soloviev O.Yu., Shvidchenko V.K., Yevseyenko I.A.

Введение/Introduction

Яровой рапс, несмотря на резкое падение цен в 2018–2019 гг., остается высокорентабельной экспортной культурой, способной резко повысить эффективность сельскохозяйственного производства. Мировое производство по возделыванию рапса за последние 20 лет сильно возросло. Эта культура является важным источником возобновляемой энергии, создаются новые условия и технологии для использования масличного рапса [1, 2]. Посевные площади ярового рапса в Республике Казахстан в 2022 г. составили 141 854,1 га, при этом большая часть, или 57,3%, посевных площадей приходится на Северо-Казахстанскую область.

Несмотря на достаточную распространенность культуры и изученность ее технологии эффективного возделывания, средняя урожайность ярового рапса не превышает 11 ц/га, тогда как передовые хозяйства получают 24–25 ц/га[1]. Основным фактором, с помощью которого возможно резко повысить продуктивность рапса, являются минеральные удобрения. Как и все капустные (крестоцветные) культуры, рапс имеет большую потребность в элементах питания. Интенсивное поглощение питательных веществ рапсом происходит от начала развития стебля до окончания цветения и довольно тесно коррелирует с динамикой нарастания (прироста) сухой фитомассы. Соотношение по выносу элементов питания (N:P:K = 1:0,45:0,85) подчеркивает высокую потребность рапса в азоте. Применение минеральных удобрений в дозе (NPK) 60 кг д. в. / га обеспечивает получение урожайности семян рапса на уровне 2,0 т/га, на контроле (PK) — 60–1,58 т/га. Доля использованных азотных удобрений в приросте урожая рапса составляет 24–34% от суммарного действия полного минерального удобрения (NPK). Окупаемость 1 кг действующего вещества азота прибавками урожая семян по вариантам опыта — 6,3–9,0 кг семян [3].

Эффективность удобрений зависит от требований культуры и исходного содержания элементов в почве. Для формирования урожая семян яровой рапс выносит значительно больше азота, фосфора, калия, и особенно серы, по сравнению с зерновыми злаковыми культурами. С увеличением норм внесения минеральных удобрений у растений ярового рапса повышается вероятность формирования фактической урожайности семян к планируемой, при этом в производственных условиях из-за внешних факторов планируемый уровень урожайности семян не формируется. Повышение уровня минерального питания за счет минеральных удобрений позволяет значительно повысить урожайность и масличность семян ярового рапса [4]. Обеспечение рапса минеральным питанием с целью получения высокой урожайности семян — один из важнейших элементов технологии возделывания этой культуры, при этом за годы исследований внесение минеральных удобрений способствовало повышению урожайности семян на 0,9 т/га [5].

Однако несмотря на способность рапса интенсивно поглощать питательные элементы в период роста, его часто описывают как культуру с низкой способностью насыщения почвы азотом и низкой продуктивностью семян на единицу внесенного азота, что составляет примерно половину для зерновых [6]. При этом воздействие удобрений улучшает рост растений в высоту, увеличивает накопление сырой и сухой биомассы, что также отражается практически на всех элементах структуры урожая, вследствие чего повышается и сама урожайность семян, достигая уровня 3,0–3,3 т/га при показателе неудобренного контроля 1,5 т/га [7]. Экспериментальными исследованиями также установлено увеличение количества стручков на растениях, массы семян с одного растения и массы 1000 семян при применении минеральных удобрений, которое в итоге также выражается в значительной прибавке урожайности на удобренных вариантах [8, 9]. Поэтому улучшение эффективности использования азота и других элементов рапса имеет решающее значение для обеспечения конкурентоспособности этой культуры на агрономическом, экологическом и экономическом уровне [10].

Цель исследования — изучение влияния норм внесения минеральных удобрений в действующем веществе, широко представленных на рынке РФ и азиатских стран, с влиянием на урожайность и элементы структуры ярового рапса.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Полевые опыты закладывались на экспериментальном стационаре Северо-Казахстанской СХОС в 2018–2020 гг. в степной зоне Северо-Казахстанской области. Климат зоны — засушливый, среднеобеспеченный теплом. Среднегодовое количество осадков — 240–330 мм. Период вегетации колеблется в диапазоне 136–137 дней, среднемноголетняя сумма положительных температур — 2400–2500 °С, ГТК (гидротермический коэффициент) — 0,8–0,7. Рельеф равнинный с большим количеством неглубоких впадин, занятых озерами. Ландшафты характеризуются отсутствием лесов.

Почва опытного участка — карбонатный тяжелосуглинистый чернозем с нейтральной и слабощелочной реакцией, pH водной вытяжки — 7,8–8,1. Содержание гумуса — 4,5–5,0%.

Объект исследования — гибрид ярового рапса САЛЬСА CL F1 (00-тип, среднеранний), районированный в Северо-Казахстанской области и ежегодно занимающий более 5000–6000 га. Данный гибрид в большей степени раскрывает почвенно-климатический потенциал зоны обыкновенных черноземов и обеспечивает стабильную урожайность.

Схема опыта

1. Контроль (без удобрений)
2. P_{120} фосфоритная мука: N_{60} аммиачная селитра
3. P_{80} фосфоритная мука: N_{40} аммиачная селитра
4. P_{80} N_{80} нитроаммофос
5. P_{80} аммофос: N_{60} аммиачная селитра
6. P_{60} аммофос: N_{40} аммиачная селитра

Внесение доз P_{120}, P_{80}, P_{60} минеральных удобрений (коэффициент обозначает норму внесенного удобрения в действующем веществе на 1 га): фосфоритная мука (ф. м.) P_2O5 — 17%, нитроаммофос (наф.) — N 23%, P_2O_5 23%, аммофос (амм) — N 10%, P_2O_5 45% (под осеннюю культивацию на глубину 10–12 см с последующим прикатыванием), аммиачная селитра (аа) — N 34% (весной, перед посевом).

Учеты и наблюдения проведены по государственным стандартам, а также методике проведения государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: определение нитратного азота — ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86[2]), подвижного

[1] Бюро национальной статистики агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. https://stat.gov.kz/ru/
[2] ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.

фосфора — по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91[3]); методы определения содержания сухого вещества в зеленой массе (корма) — по ГОСТ 31640-2012[4]; урожайность и структура урожая — по Методике проведения государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений[5]; обработка полученных результатов исследований на достоверность проведена методом многофакторного дисперсионного анализа MANOVA[6] с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и пакета программ Statistica 10.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Применение минеральных удобрений оказывает существенное регулирующее воздействие на рост и урожайность рапса [11]. Кроме того, научными исследованиями доказано, что внесение соответствующего количества минеральных удобрений (азотных, фосфорных) увеличивает содержание сухого вещества (СВ) растений, хлорофилла, скорость фотосинтеза и урожайность рапса [12].

Образование оптимальной вегетативной массы в большей степени обусловлено внесением удобрений. Прирост сухой биомассы на протяжении всего вегетационного периода идет неравномерно, изменяясь в зависимости от применяемых видов и норм минеральных удобрений.

Как показывают исследования в среднем за три года, интенсивный прирост сухой массы начинает проявляться на посевах рапса в фазе стеблевания (0,83–1,23 т/га). Согласно наблюдениям, отмечены слабый рост рапса до фазы образования боковых побегов и фазы стеблевания и начало интенсивного роста и развития в период «цветение — созревание». От цветения до созревания увеличение сухой массы происходило не только за счет роста вегетативной массы, но и за счет образования репродуктивных органов. Растения, получившие фосфор в смеси с азотом, имели темно-зеленую окраску листьев и большую листовую пластинку. По данным рисунка 1 видно, что более интенсивное накопление воздушно-сухой массы было на удобренных вариантах.

По результатам учета можно сказать, что наибольший эффект на накопление СВ оказал вариант P_{120}ф.мN_{60}аа с фосфоритной мукой и аммиачной селитрой. Превышение контроля в фазу цветения составило 54%, в фазу созревания — 80%. Незначительное отклонение от лучшего варианта обеспечил нитроаммофос $P_{80}N_{80}$наф, превышение стандарта — на 52,5–68,7% соответственно.

Снижение нормы внесения удобрений в варианте P_{80}ф.мN_{40}аа незначительно отразилось в период цветения, однако к периоду созревания отмечено значительное снижение биомассы на 13,0% от лучшего варианта.

Наиболее интенсивное накопление СВ на рапсе наблюдается на вариантах с внесением фосфоритной муки + аммиачная селитра, нитроаммофоса и аммофоса + аммиачная селитра.

По результатам дисперсионного анализа групповые средние различаются значимо ($НСР_{0,05}$ ($f_{кр.}$) — 3,68), следовательно, результаты учета достоверны.

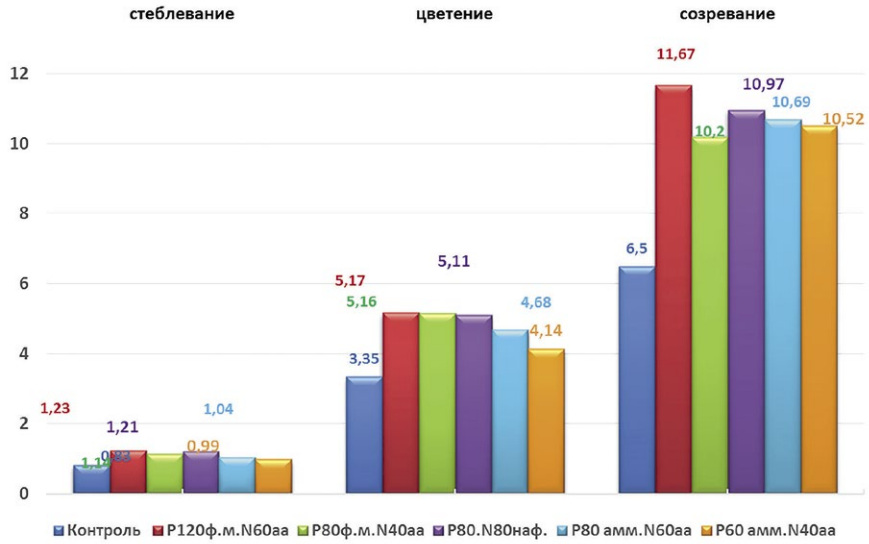
Биологической особенностью рапса является высокая потребность во влаге и элементах питания. В исследуемых годах внесение минеральных удобрений заметно повышало урожайность рапса (1,46–1,72 т/га) при урожае на контроле 1,04 т/га (табл. 1). При подсчете урожайности получены достоверные прибавки по всем удобренным вариантам при НСР 0,08–0,31 т/га.

Наибольшая прибавка получена по варианту $P_{80}N_{80}$наф (0,68 т/га) при урожайности 1,72 т/га. Данный вариант также обеспечил самые высокие показатели структуры урожая и высокую выживаемость растений к уборке — 80,2%. Анализ морфометрических показателей урожая растений рапса показал, что прибавки урожая на удобренных вариантах получены в основном за счет увеличения: числа плодов на одном растении — на 13,5–20,8 шт/раст при контроле 36,1 шт/раст, числа семян в плоде — на 2,2–6,2 шт. Масса 1000 семян на удобренных вариантах — 3,2–3,5 г при контроле 3,0 г. Результаты учетов говорят о высоком влиянии видов и норм внесения минеральных удобрений на морфологические и биологические показатели вегетативных органов растений рапса.

Посредством проведения корреляционного анализа в исследовании ставилась цель выявления зависимости урожайности по вариантам опыта от параметров

Рис. 1. Динамика накопления сухого вещества растений рапса в зависимости от удобрений в 2018–2020 гг., т/га

Fig. 1. Dynamics of accumulation of dry matter in rapeseed plants depending on fertilizers in 2018–2020, t/ha



[3] ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.
[4] ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.
[5] Правила проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений. Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан (доступно с 2021 г). https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011879 (дата обращения: 15 января 2023 г.).
[6] Метод многомерного дисперсионного анализа (MANOVA). https://www.ibm.com/docs/ru/spss-statistics/beta?topic=statistics-multivariate-analysis-variance-manova

Таблица 1. **Урожайность и некоторые морфометрические показатели рапса в 2018–2020 гг.**
Table 1. **Yield and some morphometric indicators of rapeseed in 2018–2020**

Вариант	Урожайность		Морфометрический показатель					
	т/га	+/-	Число растений по всходам, шт/м^2	Число растений перед уборкой, шт/м^2	% выживаемости к уборке	Кол-во плодов на одном растении, шт.	Число семян в одном плоде, шт.	Масса 1000 семян, г
Контроль	1,04	–	107	71	66,4	36,1	21,8	3,0
P_{120}ф.мN_{60}аа	1,63	0,59	109	86	78,9	54,5	24,6	3,4
P_{80}ф.мN_{40}аа	1,55	0,51	106	79	74,5	54,4	27,0	3,4
$P_{80}N_{80}$наф	1,72	0,68	111	89	80,2	56,9	28,0	3,5
P_{80}аммN_{60}аа	1,54	0,50	106	78	73,6	53,3	27,1	3,3
P_{60}аммN_{40}аа	1,46	0,42	110	85	77,3	49,6	24,0	3,2
$НСР_{0.05}$	0,08–0,31							
Корр.				0,83–0,98	–	0,50–0,78	0,86–0,95	0,86

независимых переменных (в нашем случае показателей структуры урожая), а также динамики нарастания сухой биомассы.

По результатам анализа выявлена высокая корреляционная зависимость показателей структуры на урожайность семян рапса: числа растений перед уборкой — на уровне 0,83–0,98 по вариантам опыта, что соответствует высокой степени тесноты связи (по шкале Чеддока), количества плодов на растении — 0,50–0,78 (заметная и высокая степень), числа семян в одном плоде — 0,86–0,95 (высокая степень), массы 1000 семян — 0,86 (высокая степень корреляции).

Динамика накопления СВ в зеленой массе растений рапса также обеспечила большую тесноту корреляционных связей с урожайностью. Уровень связи урожайности с содержанием СВ в фазу стеблевания составляет 0,93–0,95, к фазам цветения и созревания снижается до 0,86–0,96 (высокая и очень высокая степень связи).

В результате анализа воздействия каждого фактора на продуктивность ярового рапса выявлена высокая зависимость влияния динамики нарастания СВ в зеленой массе растений по вариантам опыта и показателей структуры урожая.

Выводы/Conclusion

Согласно полученным результатам эксперимента выявлено, что применение различных видов и норм минеральных удобрений обеспечивало прибавку урожайности ярового рапса — 0,42–0,68 т/га. Наибольший эффект получен по варианту $P_{80}N_{80}$ нитроаммофос с урожайностью 1,72 т/га. Данные факты подтверждаются анализом морфометрических показателей полученного урожая, а также наблюдениями за динамикой нарастания сухой массы.

Математическая обработка взаимосвязи урожайности по вариантам опыта с показателями структуры урожая и динамики накопления сухой массы говорит о высокой положительной корреляции данных факторов на уровне высокой и очень высокой степени связи (по шкале Чеддока).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в работу.
Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.
All authors made an equal contribution to the work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены в рамках научно-технической программы BR10764908 «Разработать систему земледелия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и технических культур) с применением элементов технологии возделывания, дифференцированного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Казахстана».

FUNDING

The materials were prepared in the framework of the scientific and technical program BR10764908 «Develop a farming system for the cultivation of crops (cereals, legumes, oilseeds and industrial crops) using elements of cultivation technology, differentiated nutrition, plant protection products and equipment for profitable production based on a comparative study of various cultivation technologies for the regions of Kazakhstan».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sims R.E.H., Hastings A., Schlamadinger B., Taylor G., Smith P. Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biology.* 2006; 12(11): 2054–2076. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01163.x

2. Koçar G., Civaş N. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2020; 28(12): 900–916. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.022

3. Хайруллин А.М., Багаутдинов Ф.Я., Гайфуллин Р.Р., Валитов А.В., Ахияров Б.Г. Влияние форм азотных удобрений на урожайность и биохимический состав семян рапса ярового. *Пермский аграрный вестник.* 2019; (2): 101–109. https://elibrary.ru/qlskws

4. Нурлыгаянов Р.Б., Исмагилов Р.Р., Ахияров Б.Г., Исмагилов К.Р., Алимгафаров Р.Р. Особенности минерального питания ярового рапса. *Международный сельскохозяйственный журнал.* 2019; (1): 29–31. https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-11007

REFERENCES

1. Sims R.E.H., Hastings A., Schlamadinger B., Taylor G., Smith P. Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biology.* 2006; 12(11): 2054–2076. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01163.x

2. Koçar G., Civaş N. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2020; 28(12): 900–916. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.022

3. Khairullin A.M., Bagautdinov F. Ya., Gaifullin R.R., Valitov A.V., Akhiyarov B.G. Influence of the nitrogen fertilizers forms on yield and biochemical copmosition of the spring rape seeds. *Perm Agrarian Journal.* 2019; (2): 101–109 (In Russian). https://elibrary.ru/qlskws

4. Nurlygajnov R.B., Ismagilov R.R., Akhiyarov B.G., Ismagilov K.R., Alimgafarov R.R. Features of mineral nutrition of spring rape. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal.* 2019; (1): 29–31 (In Russian). https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-11007

5. Нурлыгаянов Р.Б., Филимонов А.Л. Минеральное питание ярового рапса. *Плодородие.* 2019; (2): 16–18. https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.107.05

6. Sylvester-Bradley R., Kindred D.R. Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany.* 2009; 60(7): 1939–1951. https://doi.org/10.1093/jxb/erp116

7. Дзанагов С.Х., Черджиев Д.А., Томаев А.Б. Влияние различных удобрений на ростовые процессы и урожайность ярового рапса на черноземе выщелоченном РСО-Алания. *Известия Горского государственного аграрного университета.* 2015; 52(3): 10–15. https://elibrary.ru/uhldkn

8. Байкалова Л.П., Бобровский А.В., Крючков А.А. Влияние минеральных удобрений и средств защиты растений на элементы структуры и урожайность ярового рапса. *Вестник КрасГАУ.* 2020; (3): 3–10. https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-3-10

9. Бобровский А.В., Крючков А.А. Влияние минеральных удобрений на элементы структуры и урожайность семян ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи. *Достижения науки и техники АПК.* 2019; (7): 41–43. https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10710

10. Bouchet A.-S., Laperche A., Bissuel-Belaygue C., Snowdon R., Nesi N., Stahl A. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development.* 2016; 36: 38. https://doi.org/10.1007/s13593-016-0371-0

11. Zou J., Lu J.-W., Chen F., Li Y.-S. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, and boron fertilizers on yield and profit of rapeseed (*Brassica napus* L.) in the Yangtze River Basin. *Acta Agronomica Sinica.* 2009; 35(1): 87–92 (на кит. яз.). https://doi.org/10.3724/SP.J.1006.2009.00087

12. Gu X. et al. Compensative impact of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by water stress at re-greening stage under different nitrogen rates. *Chinese Journal of Eco-Agriculture.* 2016; 24(5): 572–581 (на кит. яз.).

5. Nurlygayanov R.B., Filimonov A.L. Mineral nutrition of spring rape. *Plodorodie.* 2019; (2): 16–18 (In Russian). https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.107.05

6. Sylvester-Bradley R., Kindred D.R. Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany.* 2009; 60(7): 1939–1951. https://doi.org/10.1093/jxb/erp116

7. Dzanagov S.Kh., Cherdzhiev D.A., Tomaev A.B. The effect of different fertilizers on the growth processes and yielding capacity of spring rape on leached chernozem in North Ossetia-Alania. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University.* 2015; 52(3): 10–15 (In Russian). https://elibrary.ru/uhldkn

8. Baykalova L.P., Bobrovsky A.V., Kryuchkov A.A. The influence of mineral fertilizers and plant protection means on the structure elements and spring rapeseed productivity. *Bulletin of KSAU.* 2020; (3): 3–10 (In Russian). https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-3-10

9. Bobrovskiy A.V., Kryuchkov A.A. Effects of mineral fertilisers on the structure and yield of spring rape-seed crops under the conditions of Krasnoyarsk forest-steppe. *Achievements of Science and Technology of AIC.* 2019; (7): 41–43 (In Russian). https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10710

10. Bouchet A.-S., Laperche A., Bissuel-Belaygue C., Snowdon R., Nesi N., Stahl A. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development.* 2016; 36: 38. https://doi.org/10.1007/s13593-016-0371-0

11. Zou J., Lu J.-W., Chen F., Li Y.-S. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, and boron fertilizers on yield and profit of rapeseed (*Brassica napus* L.) in the Yangtze River Basin. *Acta Agronomica Sinica.* 2009; 35(1): 87–92 (In Chinese). https://doi.org/10.3724/SP.J.1006.2009.00087

12. Gu X. et al. Compensative impact of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by water stress at re-greening stage under different nitrogen rates. *Chinese Journal of Eco-Agriculture.* 2016; 24(5): 572–581 (In Chinese).

ОБ АВТОРАХ

Олег Юрьевич Соловьев,
аспирант, научный сотрудник,
Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция,
ул. Центральная, 19, с. Шагалалы, Аккайынский р-н,
Северо-Казахстанская обл., 150311, Казахстан
solovyev_1990@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7341-5851

Владимир Корнеевич Швидченко,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
пр-т Женис, 62, Астана, Акмолинская обл., 010011, Казахстан
shvidchenko50@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7426-9115

Инна Андреевна Евсеенко,
аспирант, научный сотрудник,
Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция,
ул. Центральная, 19, с. Шагалалы, Аккайынский р-н,
Северо-Казахстанская обл., 150311, Казахстан
Inna_evseenko@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3366-9037

ABOUT THE AUTHORS

Oleg Yurievich Soloviev,
Postgraduate Student, Researcher,
North Kazakhstan Agricultural Experimental Station,
19 Tsentralnaya Str., Shagalaly village, Akkayyn district,
North Kazakhstan region, 150311, Kazakhstan
solovyev_1990@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7341-5851

Vladimir Korneevich Shvidchenko,
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
62 Zhenis Ave., Astana, 010011, Kazakhstan
shvidchenko50@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7426-9115

Inna Andreevna Yevseyenko,
Postgraduate Student, Researcher,
North Kazakhstan Agricultural Experimental Station,
19 Tsentralnaya Str., Shagalaly village, Akkayyn district,
North Kazakhstan region, 150311, Kazakhstan
Inna_evseenko@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3366-9037