



Растениеводство Crop production

DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-1-7-19

УДК 633.853.494, 631.811

Научная статья / Research article

Продуктивность ярового рапса при использовании многокомпонентных удобрений

Т.В. Зубкова 

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец, Российская Федерация

✉ ZubkovaTanua@yandex.ru

Аннотация. Полевые опыты проведены на черноземе выщелоченном в условиях лесостепи Центрального Черноземья с 2018 по 2020 гг. В качестве объекта исследований был выбран сорт ярового рапса Рубеж. Обработку растений рапса проводили двукратно в фазу розетки и роста центрального стебля согласно схеме: 1) контроль (без обработки); 2) Эколист Макро 12–4–7 (2 л/га); 3) Бионекс-Кеми (2 л/га); 4) Эколист Макро 12–4–7+ Борогум (2 л/га + 1,0 л/га); 5) Бионекс-Кеми + Борогум (2 л/га + 1,0 л/га). Установлено, что используемые в опыте препараты способствовали сокращению вегетационного периода на 2–3 дня. Обработка растений ярового рапса препаратами положительно повлияла на показатели структуры урожая и в целом на продуктивность ярового рапса. Внекорневая подкормка исследуемыми препаратами способствовала большему завязыванию и сохранности стручков. Максимальную прибавку по сравнению с контролем удалось получить при использовании комплекса удобрений Эколист Макро 12–4–7+ Борогум на 1,80 ц/га и Бионекс-Кеми + Борогум на 1,62 ц/га. Изучаемые препараты снижали в семенах ярового рапса белок, но значительно повышали масличность. Максимальный выход масла был получен от применения смеси Эколист Макро 12–4–7+ Борогум (769,4 кг/га).

Ключевые слова: рапс, микроудобрения, внекорневые подкормки, урожайность, масличность

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 7 ноября 2021 г., принята к публикации 14 февраля 2022 г.

Для цитирования: Зубкова Т.В. Продуктивность ярового рапса при использовании многокомпонентных удобрений // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 1. С. 7–19. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-1-7-19

© Зубкова Т.В., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Influence of multicomponent fertilizers on spring rapeseed productivity

Tatyana V. Zubkova 

Yelets State University named after I.A. Bunin, Yelets, Russian Federation

✉ ZubkovaTanua@yandex.ru

Abstract. Field experiments were conducted on leached chernozem in conditions of forest-steppe of the Central Chernozem region in 2018–2020. Spring rapeseed cv. Rubezh was chosen as the object of the research. The processing of rapeseed plants was carried out twice: in the leaf rosette phase and growth of the central stem—according to the scheme: 1. Control (without treatment); 2. Ecolist Macro 12–4–7 (2L/ha); 3. Bionex-Kemi (2L/ha); 4. Ecolist Macro 12–4–7+ Borogum (2L/ha + 1.0 l/ha); 5. Bionex-Kemi + Borogum (2L/ha + 1.0 L/ha). The studies conducted showed that the fertilizers used in the experiment contributed to a reduction in the growing season by 2–3 days. The treatment of spring rapeseed plants with agents positively affected both the indicators of the crop structure and, in general, the productivity of spring rapeseed. Foliar top dressing with the studied fertilizers contributed to greater fruit setting and preservation of the pods. In comparison with the control, the maximum increase—1.80 c/ha and 1.62 c/ha—was obtained when using Ecolist Macro 12–4–7+ Borogum fertilizer complex and Bionex-Kemi + Borogum, respectively. The studied multicomponent fertilizers resulted in reducing of protein in spring rapeseed seeds, but significantly increased the oil content. The maximum oil yield was obtained from the use of a mixture of Ecolist Macro 12–4–7+ Borogum (769.4 kg/ha).

Keywords: rapeseed, micro fertilizers, foliar top dressing, yield, oil content

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Article history: Received: 7 November 2021. Accepted: 14 February 2022

For citation: Zubkova TV. Influence of multicomponent fertilizers on spring rapeseed productivity. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(1):7–19. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-1-7-19

Введение

Рапс является одной из самых распространенных среди возделываемых в мире масличных культур [1]. Именно создание селекционерами безэруковых низкоглюкозинолатных сортов способствовало значительному развитию потенциала данной культуры в мировом производстве [2, 3]. В агропромышленном секторе рапс является в настоящее время незаменимым компонентом севооборотов в таких крупных регионах выращивания, как Австралия, Западная Канада, Центральный Китай и многие страны Европейского Союза [4].

Рапс является сырьем для производства растительного масла и экстракционного шрота [5, 6]. Масло рапса характеризуется высоким содержанием олеиновой кислоты (около 60 %) и полиненасыщенной линоленовой кислоты (около 10 %) [7, 8]. Также рапсовое масло используется в качестве топлива для дизельных автомобилей и тракторов, особенно в странах Европы [9].

Липецкая область в 2021 г. была лидером по производству ярового рапса в Центральном федеральном округе. Общая площадь под масличными культурами составила более 330 тыс. га, из которых на долю рапса приходилось 58,5 тыс. га. В 2015 г. по размеру посевных площадей ярового и озимого рапса область занимала лишь 10-е место. Уже в 2019 г. посевная площадь под яровым рапсом составила 47,4 тыс. га, а в 2020 г. — 51,6 тыс. га. По валовому сбору масличных культур область вышла в 2020 г. на 5-е место в Центральном федеральном округе, на 13-е — в Российской Федерации.

Средняя урожайность по области в 2021 г. составила 16,8 ц/га. Лидерами стали следующие районы: Добровский (21,7 ц/га), Становлянский (21,2 ц/га), Воловский (21,0 ц/га), Измалковский (20,8 ц/га) и Чаплыгинский (18,5 ц/га).

Для увеличения урожайности данной культуры необходимым является дальнейшее совершенствование технологии возделывания культуры применительно к региональным условиям выращивания.

Недостаточное питание растений приводит к нарушению основных физиологических процессов, что неблагоприятно для роста и развития растений, способствует снижению урожая [10–13].

Внекорневые подкормки в современных агротехнологиях являются весьма эффективным способом для оперативного обеспечения сельскохозяйственных культур необходимыми элементами питания [14, 15].

Цель исследований — оценка урожайности и качества семян ярового рапса в зависимости от внекорневой подкормки выбранными удобрениями в условиях лесостепи Центрального Черноземья.

Материалы и методы исследования

Исследования по влиянию микроудобрений на урожайность ярового рапса проводили на опытном поле Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина (ЕГУ им. И.А. Бунина) по следующей схеме: 1) контроль (без обработки); 2) Эколист Макро 12–4–7 (2 л/га); 3) Бионекс-Кеми (2 л/га); 4) Эколист Макро 12–4–7 + Борогум (2 л/га + 1,0 л/га); 5) Бионекс-Кеми + Борогум (2 л/га + 1,0 л/га).

Микроудобрения вносили в фазу розетки листьев рапса и в начале роста центрального стебля. По календарным срокам это приходилось на III декаду мая и I декаду июня. Опыты были заложены в 4-кратной повторности. Почва опытного участка — чернозем выщелоченный со следующей агрохимической характеристикой: pH — 5,3...5,5, содержание гумуса — 5,7...5,8 %, общее содержание азота — 0,28...0,29 %, фосфора — 197,2...198,3 мг/кг, калия — 124,7...125,3 мг/кг, кальция — 25,7...26,1 мг-экв./100 г и магния — 2,41...2,45 мг-экв./100 г.

В качестве объекта исследований был выбран сорт ярового рапса Рубеж. Данный сорт характеризуется высокими продуктивностью и качеством маслосемян. Высевали яровой рапс в I декаде мая, на глубину 2 см с нормой посева 2,0 млн шт./га. В полевом опыте яровой рапс возделывался по общепринятой технологии для Центрального федерального округа. Опыты проводились

в соответствии с методикой опытного дела Б.А. Доспехова [16]. Определение фотосинтетических пигментов проводили методом спектрофотометрии с помощью спектрофотометра КФК-ЗМ. Содержание жира и белка определяли методом инфракрасной спектроскопии. Исследование содержания основных элементов в семенах золы рапса с использованием метода энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии.

Характеристика препаратов:

Эколист Макро 12–4–7 — жидкое многокомпонентное удобрение с высоким содержанием основных макро- (азот, фосфор, калий) и микроэлементов, предназначенное для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур в периоды интенсивного роста или в условиях труднодоступности основных питательных элементов. Эколист Макро 12–4–7 содержит полностью усвояемые микроэлементы со специальным хелатным комплексом — хелацид. Хелацид является новым комплексом микроэлементов в виде хелатов ЭДТА и органических кислот. Способствует быстрому и безопасному проникновению микроэлементов в клетки листьев растений, делая некорневые подкормки лучшим и наиболее эффективным способом устранения либо недопущения дефицита микроэлементов.

Состав удобрения Эколист Макро 12–4–7, г/л: N—144,0; P₂O₅—48,0; K₂O—84,0; B—0,24; Cu—0,12; Fe—0,24; Mn—0,12; Mo—0,06; Zn—0,06.

Борогум — органогуминовое удобрение, которое используется для быстрого корнеобразования и стимуляции роста.

Состав, %: B—11,0, Mo—0,005, Co—0,01, Cu—0,01, Zn—0,01, Mn—0,05, Ni—0,001, Li—0,0005, S—0,01, Se—0,0001, Cr—0,001.

Бионекс-Кеми Растворимый — удобрение, которое используется для стимулирования роста и развития сельскохозяйственных культур, а также для улучшения качества продукции.

Состав Бионекс-Кеми Растворимый, %: N—14; P₂O₅—18; Mg—0,7; S—20; B—0,025; Fe—0,01; Zn—0,01; Cu—0,01; Mn—0,01; Mo—0,005; Co—0,001.

Микроэлементы Co, Cu, Mn, Zn — в полимерно-хелатной форме.

Результаты исследований и обсуждение

В 2018, 2019 и 2020 гг. за май–август среднесуточная температура воздуха была равна 19,4, 18,5 и 17,9 °С; сумма осадков — 137,0, 214,8 и 227,0 мм; ГТК (по Селянинову) — 0,58, 0,94 и 1,28 соответственно. В целом погодные условия для развития растений ярового рапса в годы исследований складывались положительно.

В среднем вегетационный период развития ярового рапса сорта Рубеж составил от 100 до 103 дней. Обработка растений препаратами способствовала сокращению вегетационного периода на 3...5 дней.

Установлено, что внесение всех исследуемых препаратов способствовало увеличению высоты растений ярового рапса. Обработка растений комплексом Эколист Макро 12–4–7+Борогум в наибольшей степени увеличивала данный

показатель. Разница по сравнению с контролем на данном варианте в фазу бутонизации составила 13,7 см при $HCP_{05} = 1,7$ см, а в фазу цветения — 12,3 см при $HCP_{05} = 1,9$ см (рис. 1).

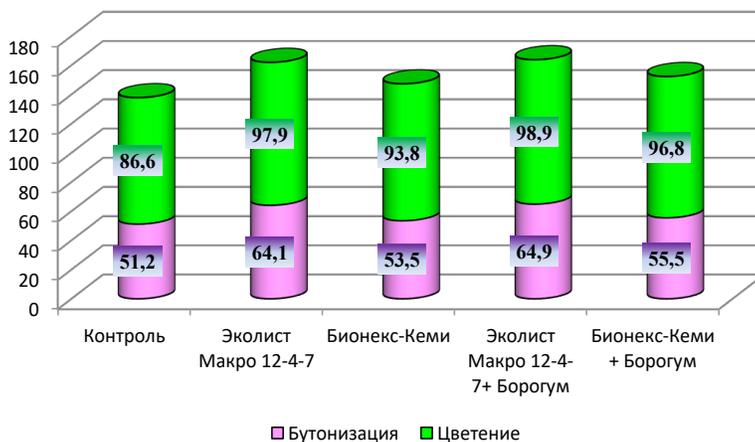


Рис. 1. Высота растений ярового рапса, см (среднее за 2018–2020 гг.): HCP_{05} (фаза бутонизации) – 1,7 см; HCP_{05} (фаза цветения) – 1,9 см

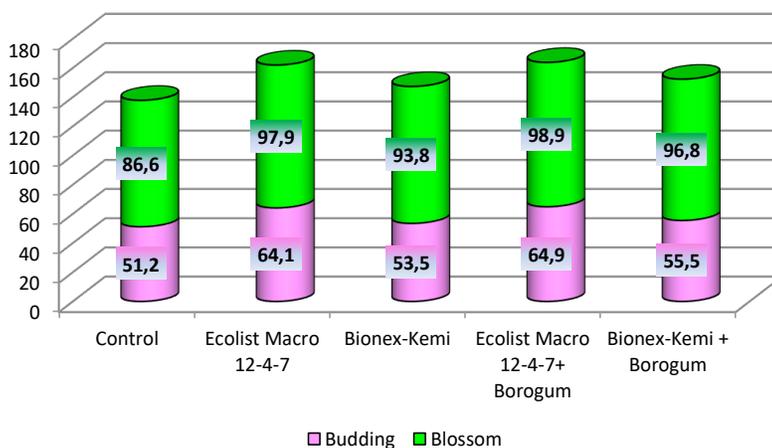


Fig. 1. Height of spring rape plants, cm (average for 2018–2020): LSD_{05} (budding phase) – 1.7 cm; LSD_{05} (flowering phase) – 1.9 cm

Зависимость количества листьев у растений ярового рапса по фазам развития в зависимости от обработки удобрениями приведена на рис. 2. Отмечаем, что лучшая облиственность растений, начиная с фазы розетки, была на вариантах с обработкой растений смесью препаратов Эколист Макро 12–4–7+Борогум. Максимальное количество листьев на растении ярового рапса сорта Рубеж было зафиксировано в фазу цветения: на контроле 13,7 шт., на вариантах с Эколист

Макро 12–4–7–18,8 шт., с Бионекс-Кеми — 18,6 шт., с Эколист Макро 12–4–7+Борогум — 19,1 шт., с Бионекс-Кеми + Борогум — 18,9 шт.



Рис. 2. Количество листьев у растений ярового рапса, шт. (среднее за 2018–2020 гг.)

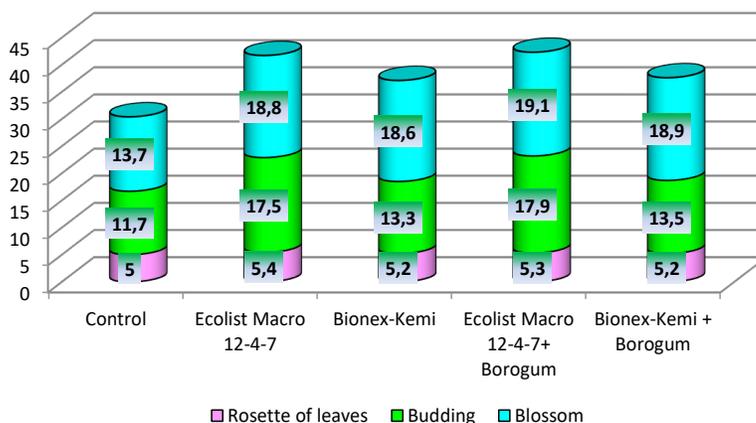


Fig. 2. The number of leaves in spring rape plants, pcs (average for 2018–2020 years)

Площадь листьев у сорта ярового рапса Рубеж в период цветения варьировала под влиянием вариантов удобрений от 32,1 до 35,5 см². Лучшие результаты были получены при использовании смесей Эколист Макро 12–4–7+ Борогум — 35,5 см² и Бионекс-Кеми + Борогум — 34,1 см².

Внекорневая подкормка исследуемыми препаратами способствовала большему завязыванию и сохранности стручков. Так на одном растении рапса контрольного варианта в среднем формировалось 39,8 стручка (рис. 3). Внесение микроудобрения Эколист Макро 12–4–7 увеличивало количество стручков на 17,4 шт. Максимальное количество стручков на одном растении отмечалось на варианте Эколист Макро 12–4–7+ Борогум (54,1 шт.). Такое сочетание удо-

бренный способствовало также увеличению числа семян в стручке на 20,4 % относительно контроля. По вариантам исследований данный показатель находился в пределах от 20,1 до 24,2 шт.



Рис. 3. Элементы структуры урожайности ярового рапса (среднее за 2018–2020 гг.)

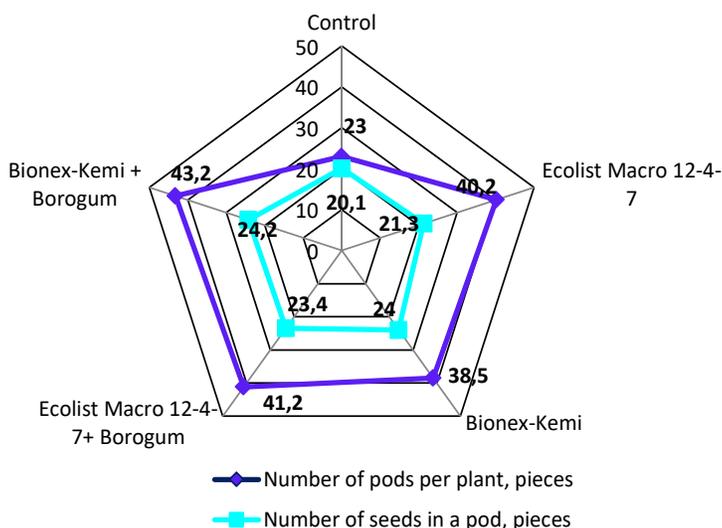


Fig. 3. Elements of yield structure of spring rapeseed (average for 2018–2020)

В результате роста обеспеченности питания растений микроэлементами масса 1000 семян возросла. Этот показатель находился в пределах 3,40...3,44 г.

Для исследования влияния микроудобрений на фотосинтетическую активность ярового рапса были определены показатели содержания хлорофилла *a*, хлорофилла *b*, каротиноидов, суммы пигментов.

Хлорофилла *a* в растениях содержится больше, чем хлорофилла *b*. Наши исследования позволили установить, что содержание хлорофилла *a* в листьях значительно увеличивалось на вариантах с Эколист Макро 12–4–7 (0,74 мг/г) и с Эколист Макро 12–4–7+ Борогум (0,84 мг/г) (рис. 4).

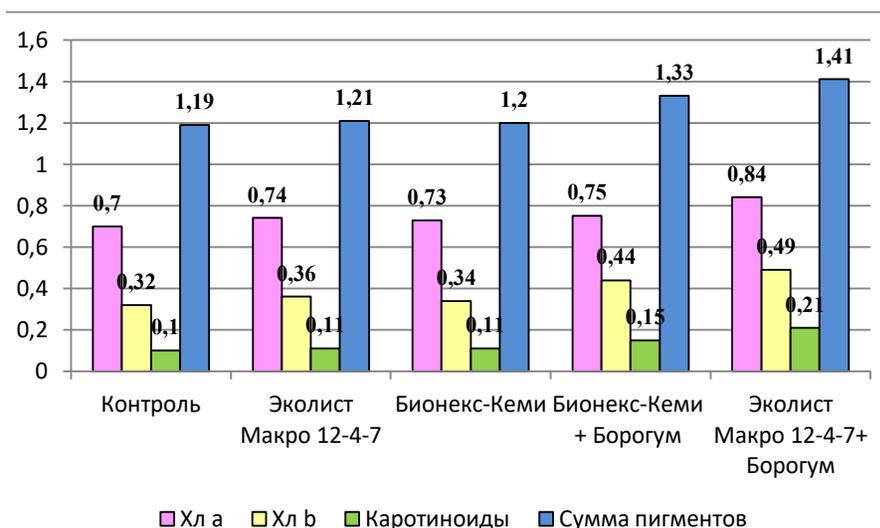


Рис. 4. Влияние микроудобрений на фотосинтетическую активность растений рапса (среднее за 2018–2020 гг.)

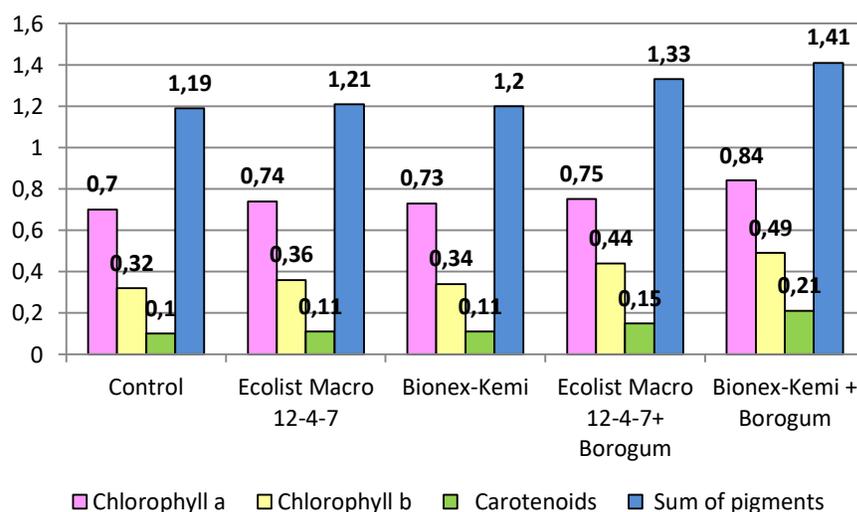


Fig. 4. Effect of micronutrients on photosynthetic activity of rapeseed plants (2018–2020)

Общая сумма пигментов на контрольном варианте составила 1,19 мг/г, на Эколист Макро 12–4–7–1,21, на Бионекс-Кеми — 1,20, на Бионекс-Кеми + Борогум — 1,33 и на Эколист Макро 12–4–7+ Борогум — 1,41 мг/г.

Содержание каротиноидов также изменялось в зависимости от вида применяемых удобрений и имело следующий убывающий вид по вариантам исследования: Эколист Макро 12–4–7+ Борогум \geq Бионекс-Кеми + Борогум \geq Эколист Макро 12–4–7 \geq Бионекс-Кеми \geq контроль.

Применение микроудобрений способствовало получению дополнительного урожая семян ярового рапса. Препарат Эколист Макро 12–4–7 обеспечивал прирост дополнительной продуктивности растений на 1,10 ц/га, смесь микроудобрений Эколист Макро 12–4–7+ Борогум на 1,80 ц/га, микроудобрения Бионекс-Кеми на 0,64 ц/га, смесь Бионекс-Кеми + Борогум на 1,62 ц/га (НСР₀₅ 0,9 ц/га) (рис. 5).

В производстве семян рапса важным показателем является содержание в семенах жира и белка. Изучаемые препараты снижали в семенах ярового рапса белок, но значительно повышали масличность: вариант Эколист Макро 12–4–7 на 3,42, Бионекс-Кеми — на 0,94, Бионекс-Кеми + Борогум — на 1,29, Эколист Макро 12–4–7 + Борогум на 3,42 % по сравнению с контролем (НСР₀₅ 0,8 %).

Повышение масличности связано с тем, что применяемые микроудобрения в своем составе содержали такие важные для рапса микроэлементы, как бор и сера.

Максимальный выход масла был получен от применения смеси Эколист Макро 12–4–7+ Борогум (769,4 кг/га), что на 24,7 % выше, чем на контроле. На варианте Бионекс-Кеми + Борогум была получена продукция с максимальным содержанием белка (322,6 кг/га).

В результате проведенного анализа химического состава основных компонентов золы (P, S, K, Mn, Fe, Mg, Ca, Zn, Mo) семян ярового рапса, установлено, что элементный состав семян практически не имел различий по вариантам исследования. Убывающий ряд содержания элементов в золе имел следующий вид: P \approx K > Mg \geq Ca > Mo > S > Zn > Mn > F (рис. 6).

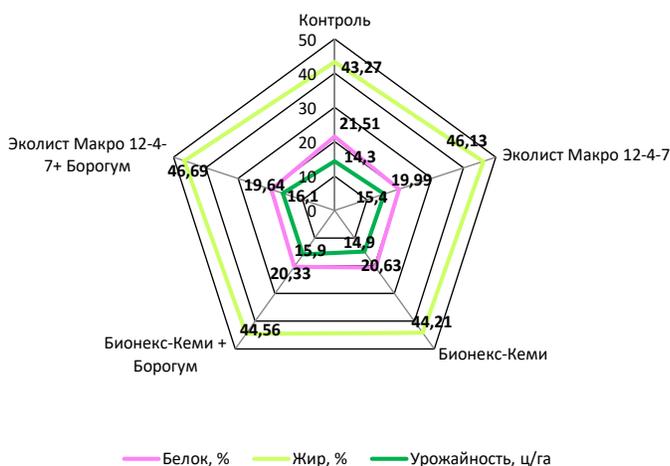


Рис. 5. Урожайность и качество семян ярового рапса в зависимости от обработки растений микроудобрениями (среднее за 2018–2020 гг.): НСР₀₅ (урожайность) — 0,9 ц/га; НСР₀₅ (жир) — 0,8 %

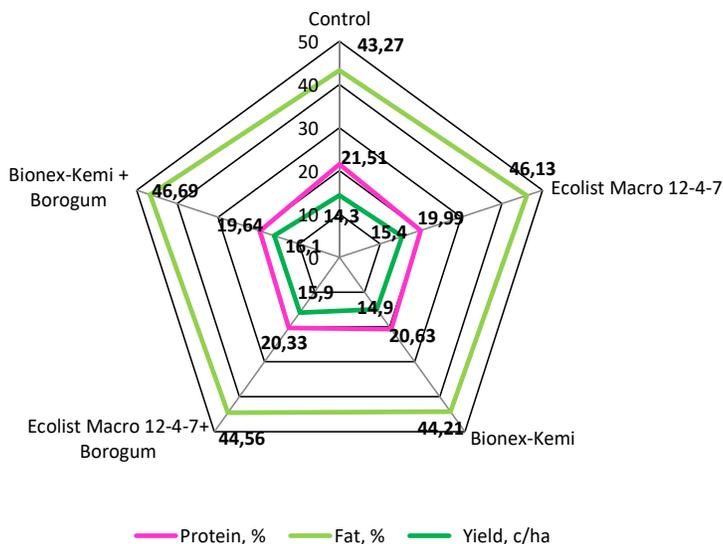


Fig. 5. Yield and quality of spring rapeseed seeds depending on the treatment of plants with micro fertilizers: LSD_{05} (yield) – 0.9 c/ha; LSD_{05} (fat) – 0.8 %

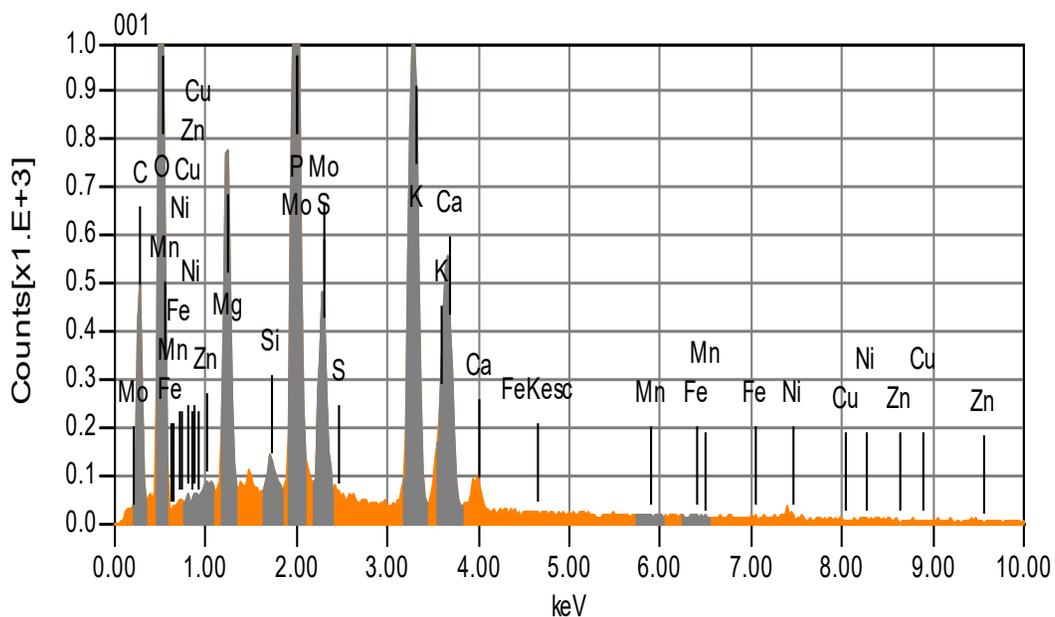


Рис. 6. Общий вид линий рентгеновского спектра, которые показывают присутствие элементов в области анализа

Fig. 6. General view of the X-ray spectrum lines that show the presence of elements in the analysis area

Заключение

Применяемые в опыте препараты обеспечили активизацию ростовых процессов, более активное развитие надземной массы растений, что, в свою очередь, увеличило фотосинтетические показатели растений рапса, а также элементы структуры урожая. Установлено, что именно применение комплексов препаратов по вегетации Эколист Макро 12–4–7 (2 л/га) + Борогум (1 л/га) и Бионекс-Кеми (2 л/га) + Борогум (1 л/га) в посевах ярового рапса в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона способствовало усилению процессов роста и развития. Вследствие этого растения ярового рапса в зависимости от вариантов опыта формировали более развитые вегетативные и генеративные органы, что обеспечило существенное повышение урожайности от смеси микроудобрений Эколист Макро 12–4–7+ Борогум на 1,80 ц/га, смеси Бионекс-Кеми + Борогум на 1,62 ц/га при НСР₀₅ = 0,9 ц/га, по сравнению с контролем. Следует отметить, что все используемые в опыте удобрения способствовали увеличению содержания масла в семенах ярового рапса Эколист Макро 12–4–7 на 3,42 %, Бионекс-Кеми — на 0,94 %, Бионекс-Кеми + Борогум — на 1,29 %, Эколист Макро 12–4–7 + Борогум — на 3,42 % по сравнению с контролем (НСР₀₅ = 0,8 %).

Библиографический список

1. *Виноградов Д.В.* Агроэкологическая оценка сортов яровых рапса и сурепицы в условиях южной части Нечерноземной зоны России // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 28—29.
2. *Виноградов Д.В.* Использование капустных культур // Пчеловодство. 2009. № 5. С. 23—24.
3. *Вафина Э.Ф., Мерзлякова А.О., Фатыхов И.Ш.* Фотосинтетическая деятельность растений рапса Галант при применении микроэлементов // Инновационному развитию АПК — научное обеспечение: сборник науч. статей междунар. науч.—практ. Конф., посвященной 80-летию Пермской государственной сельскохозяйственной академии имени академика Д.Н. Прянишникова. Пермь, 2016. С. 26—30.
4. *Виноградов Д.В., Поляков А.В., Вертелецкий И.А., Артемова Н.А.* Возможность расширения ассортимента масличных культур в южном Нечерноземье // Международный технико-экономический журнал. 2012. № 1. С. 118—123.
5. *Виноградов Д.В., Жулин А.В.* Методические рекомендации по возделыванию ярового рапса в Рязанской области / ГУ Рязанский НИПТИ АПК. Рязань. 2008. 40 с.
6. *Зубкова Т.В.* Формирование высокопродуктивных посевов ярового рапса в зависимости от основных агроприемов возделывания в условиях лесостепи ЦЧР: автореф. дис. ... канд. сельскохоз. наук. Орел: Орловский ГАУ, 2013. 21 с.
7. *Зубкова Т.В., Виноградов Д.В.* Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помета и применение его в технологии ярового рапса на семена // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 46—54. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-46-54
8. *Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.* Эффективность некорневой обработки микроудобрениями при выращивании ярового рапса // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2021. № 1. doi: 10.51419/20211121

9. Макарова М.П., Виноградов Д.В. Влияние органоминеральных удобрений на основе ОСВ и цеолита на продуктивность агроценоза ярового рапса // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. 2013. № 3 (19). С. 109—112.
10. Kocou A., Grenda A. The effect of titanite on photosynthesis, yield and nutrient uptake by rape plants // Adv Agric Sci Probl. 2004. № 502 (1). P. 135—140.
11. Wojcieszka-Vyskupajtyś U. Net photosynthesis under conditions of light and nutritional stress // Ecophysiological aspects of plant responses to abiotic agents stress. Cracow, 1996. P. 567—573.
12. Vinogradov D.V., Konkina V.S., Kostin Ya.V., Kryuchkov M.M., et al. Developing the regional system of oil crops production management // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. № 9(5). P. 1276—1284.
13. Lešny J., Kuchar L., Panfil M., Vinogradov D.V., Dragańska E. Characteristic decrease in the value of rapeseed evatranspiration after its ripening // Agronomy. 2021. Vol. 11. № 12. P. 2523. doi: 10.3390/agronomy11122523
14. Motyleva S., Shchuchka R., Gulidova V., Mertvishcheva M. Structure and chemical characteristics of natural mineral deposit Terbunskaya (Lipetsk region, Russia) // AIP Conference Proceedings. 2015. Vol. 1669. doi: 10.1063/1.4919211
15. Wahnhoff M. Mechanische Unkrautbekämpfung im Raps — eine Alternative // Pflanzenschutz-Praxis. № 4. P. 34—36.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Vinogradov DV. The agroecological estimation of grades summer rapes in the southern part of the Nonchernozem zone of Russia. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2011; (1):28—29. (In Russ).
2. Vinogradov DV. Use of cabbage crops. *Pchelovodstvo*. 2009; (5):23—24. (In Russ).
3. Vafina EF, Merzlyakova AO, Fatykhov IS. Photosynthetic activity of Galant rapeseed plants after application of mineral fertilizers. In: *Innovative development of agriculture—scientific support: conference proceedings*. Perm; 2016. p.26—30. (In Russ).
4. Vinogradov DV, Polyakov AV, Verteletsky IA, Artemova NA. Oilseed range extension prospects in South black soil region. *International Technical and Economic Journal*. 2012; (1):118—123. (In Russ).
5. Vinogradov DV, Zhulin AV. *Metodicheskie rekomendatsii po vozde-lyvaniyu yarovogo rapsa v Ryazanskoj oblasti* [Methodological recommendations for the cultivation of spring rape in the Ryazan region]. Ryazan; 2008. (In Russ).
6. Zubkova TV. *Formirovanie vysokoproduktivnykh posevov yarovogo rapsa v zavisimosti ot osnovnykh agropriemov vozde-lyvaniya v usloviyakh leso-stepi TsChR* [Formation of highly productive spring rape crops depending on the main agricultural practices of cultivation in the conditions of the forest-steppe of the Central Asian Republic]. Orel: Orlovsky SAU publ.; 2013. (In Russ).
7. Zubkova TV, Vinogradov DV. Properties of organomineral fertilizer based on chicken manure and its application in the technology of spring rape cultivation for seeds. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021; (1):46—54. (In Russ). doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-46-54
8. Zubkova TV, Vinogradov DV, Gogmachadze GD. Efficiency of non-root treatment with microfertilizers in the cultivation of spring rapeseed. *AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal*. 2021; (1). (In Russ). doi: 10.51419/20211121

9. Makarova MP, Vinogradov DV. Influence of the basis organomineral fertilizers sewage sludge and zeolites on productivity spring rape. *Herald of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev*. 2013; (3):109–112. (In Russ).
10. Kocon A, Grenda A. The effect of titanite on photosynthesis, yield and nutrient uptake by rape plants. *Adv Agric Sci Probl*. 2004; 502(1):135–140. (In Polish).
11. Wojcieszka-Vyskupajtyś U. Net photosynthesis under conditions of light and nutritional stress. In: *Ecophysiological aspects of plant responses to abiotic agents stress*. Cracow; 1996. p.567–573.
12. Vinogradov DV, Konkina VS, Kostin YV, Kryuchkov MM, Zakharova OA, Ushakov RN. Developing the regional system of oil crops production management. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(5):1276–1284.
13. Leśny J, Kuchar L, Panfil M, Vinogradov DV, Dragańska E. Characteristic decrease in the value of rapeseed evatranspiration after its ripening. *Agronomy*. 2021; 11(12):2523. doi: 10.3390/agronomy11122523
14. Motyleva S, Shchuchka R, Gulidova V, Mertvishcheva M. Structure and chemical characteristics of natural mineral deposit Terbunskaya (Lipetsk region, Russia). *AIP Conference Proceedings*. 2015; 1669:020073. doi: 10.1063/1.4919211
15. Wahnhoff M. Mechanische Unkrautbekämpfung im Raps — eine Alternative. *Pflanzenschutz-Praxis*. 1994; 4:34–36.
16. Dospikhov BA. *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique]. Moscow: Agropromizdat publ.; 1985. (In Russ).

Об авторе:

Зубкова Татьяна Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», Российская Федерация, 399770, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28; e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru
ORCID: 0000–0003–3525–488X

About Author:

Zubkova Tatyana Vladimirovna — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department — Technology of storage and processing of agricultural products, Yelets State University named after I.A. Bunin, 28 Kommunarov st., Yelets, 399770, Russian Federation; e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru
ORCID: 0000–0003–3525–488X