

УДК 633.853.494

DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-77-84

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА УРОЖАЙНОСТЬ РАПСА И ЗОЛЬНЫЙ СОСТАВ ЕГО МАСЛОСЕМЯН**

Зубкова Татьяна Владимировна¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

Мотылева Светлана Михайловна², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая лабораторией физиологии и биохимии растений

Виноградов Дмитрий Валериевич³, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой агрономии и агротехнологий

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет имени И. А. Бунина»

² Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Россельхозакадемии

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

¹ 399770, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28, тел.: 8-(47467)-6-59-71, e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru

² 115598, г. Москва, ул. Загорьевская, д. 4, тел.: 8-(495)-329-51-66, e-mail: motyleva_svetlana@mail.ru

³ 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, тел.: 8-(4912)-35-35-16, e-mail: vdvrzn@mail.ru

Ключевые слова: яровой рапс, микроэлементы, урожайность, семена, качество.

В статье представлены результаты полевого опыта с применением минеральных (NPK и цеолит) и органических удобрений в технологии возделывания ярового рапса, а также дан сравнительный анализ зольного состава семян рапса сорта Риф в зависимости от вариантов исследования. Исследовали 6 вариантов опыта – выращивание растений без внесения удобрений (контроль); минеральное удобрение N₆₀: P₆₀: K₆₀ отдельно и вместе с цеолитом (5 т / га); цеолит в чистом виде (5 т/га); куриный помет (5 т/га) отдельно и совместно с цеолитом (5 т/га). Методом энергодисперсионной спектроскопии (X-Ray-analysys) изучили накопление 9 основных элементов (в масс.%), содержащихся в золе семян ярового рапса. Определен порядок накопления элементов: P ≈ K>Mg ≥ Ca>Mo> S>Zn>Mn>Fe. Доля P составляет от 10,852 до 11,855 масс.%; доля K от 9,933 до 12,343 масс.%; Mg, Ca и Mo содержатся в семенах рапса в близких концентрациях в пределах 4,0 -5,8 масс.%. Комбинированное применение цеолита с органическим удобрением обеспечило увеличение накопления минералов в семенах. Установлены корреляции между элементами. Повышенный уровень необходимых для человека макро- и микроэлементов, содержащихся в семенах, обуславливает перспективность создания функциональных продуктов на основе изученных семян рапса для обогащения продуктов питания. Установлено положительное влияние комбинированных органо-минеральных удобрений на накопление минеральных веществ в семенах рапса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Липецкой области в рамках научного проекта № 19-44-480003

Введение

Мировое производство по возделыванию ярового рапса за последние двадцать лет сильно возросло. Эта культура является важным источником возобновляемой энергии, создаются новые условия для использования масличного рапса [1, 2].

Основными производителями являются Китай, Индия, Канада и ЕС [3]. Эта культура была также адаптирована к западным условиям США. Климатические условия России позволяют выращивать растения рапса во всех регионах [4, 5, 6].

Развитие семенного фонда требует постоянного совершенствования технологии выращивания этой культуры в конкретных агроклиматических условиях с учетом особенностей почвы, реакции на различные экологические условия, включая реакцию как на минеральные, так и на органические удобрения [7, 8, 9, 10, 11].

Результаты исследований доказывают, что наибольшее влияние на урожайность семян рапса оказывает норма внесения азотных удобрений, а наименьшее - предыдущая культура и тип удобрения, а также взаимодействие между этими факторами выращивания [12].

Органические отходы животного происхождения признаны ценным источником питательных химических веществ для растений в системах земледелия и играют определенную

роль в улучшении почв [13]. Поэтому в настоящее время важно дальнейшее развитие технологий возделывания рапса с использованием органических и минеральных удобрений. Кроме того, растет интерес к использованию семян рапса для разработки продуктов питания. Основное внимание уделяется составу белка и липидов, содержащихся в семенах рапса [14, 15]. При этом, крайне мало исследований о влиянии условий выращивания на минеральный состав семян ярового рапса.

Цель исследований - определить эффективность использования органических отходов и минеральных удобрений при возделывании ярового рапса и оценить, есть ли различия в содержании макро- и микроэлементов в семенах рапса в зависимости от изучаемых опытов.

Материалы и методы исследований

Эксперименты проводились на опытном поле ЕГУ им. И. А. Бунина с 2018 по 2020 год. Предшественником рапса являлась озимая пшеница.

Агрохимическая характеристика опытного участка: рН 4,88-5,01, содержание гумуса - 5,76-5,81 %, общее содержание N - 0,288-0,298 %, P - 197,2 -198,6 мг/кг, K - 124,7-128,3 мг/кг.

Объектом исследований был яровой рапс сорта Риф, который сочетает в себе высокую продуктивность и характеризуется высоким ка-

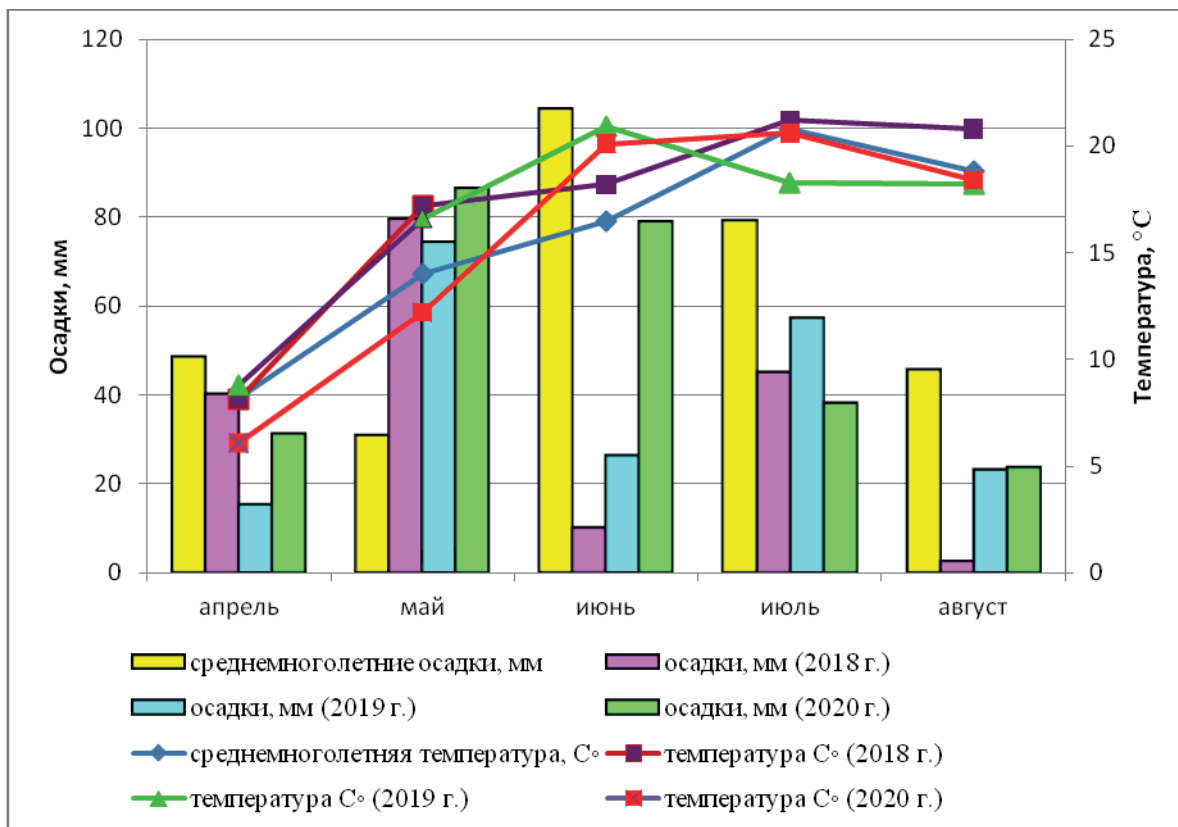
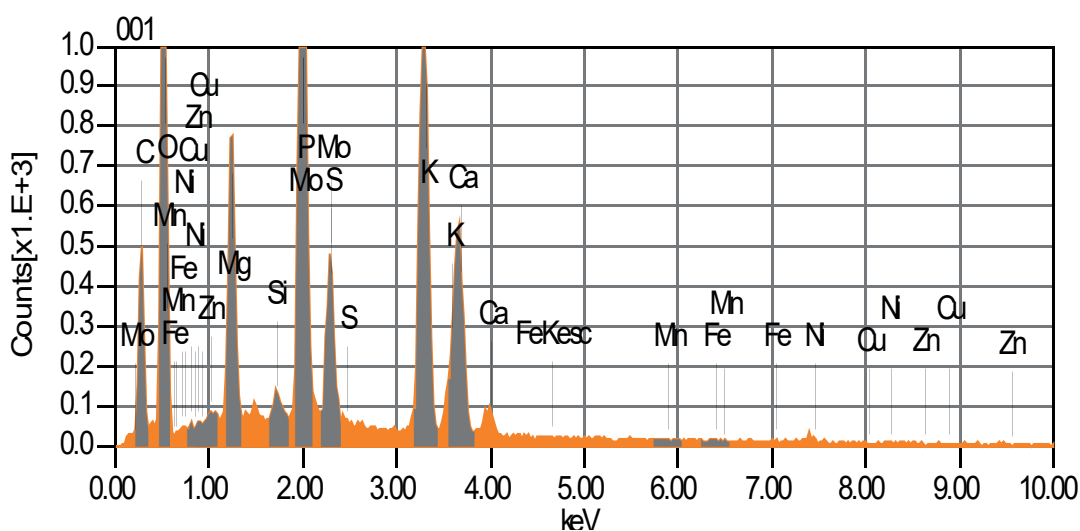
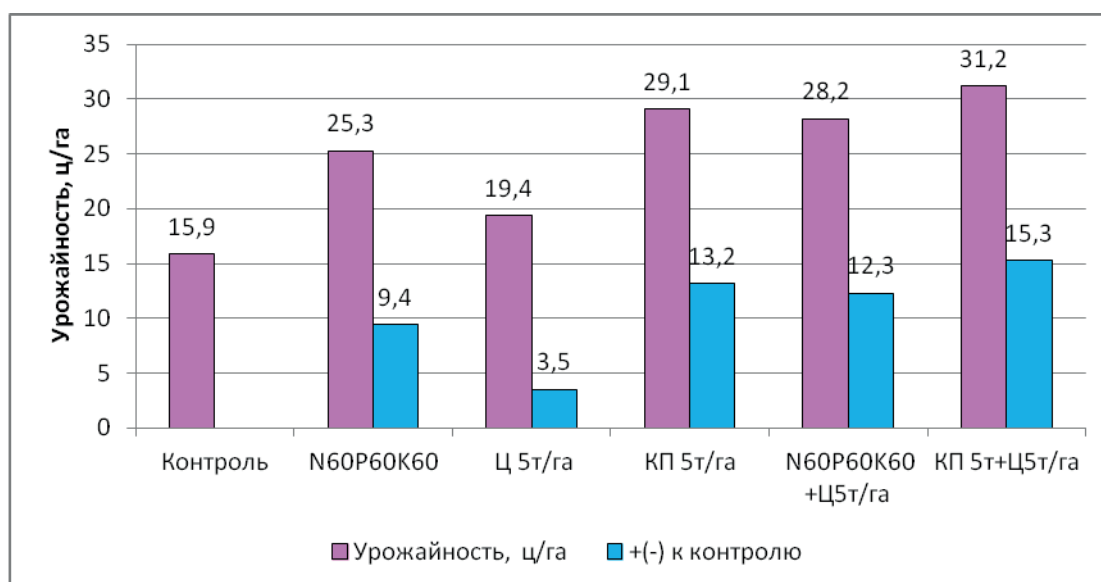


Рис. 1 - Погодные условия вегетационного периода рапса ярового за 2018 - 2020 гг.



1) 2)

Рис. 2 - Изображение микроструктуры исследуемого образца(1) и общий вид линий рентгеновского спектра, которые показывают присутствие элементов в области анализа (2)



НСР_{0,5%}: 2018 г. - 0,9; 2019 г. - 0,6; 2020 г. - 0,5.

Рис. 3 - Урожайность семян ярового рапса, среднее за 2018-2020 гг.

чеством масла.

Опыты закладывали в 4-х кратной повторности в соответствии с общепринятыми рекомендациями по Липецкой области по следующей схеме: 1 - контроль; 2 - N₆₀:P₆₀:K₆₀; 3 - цеолит 5 т/га; 4 - куриный помет 5 т/га; 5 - N₆₀:P₆₀:K₆₀ + цеолит 5 т/га; 6 - куриный помет 5 т/га + цеолит 5 т/га. Площадь опытных делянок составляла 20 м².

Высевали яровой рапс в III декаде апреля на глубину 2-3 см с нормой высева 2,0 млн. шт./га. Посев осуществлялся в третьей декаде апреля (25-28 апреля). ГТК по вегетационному периоду составлял: 2018г. - 0,58; 2019 г. - 0,94;

2020 г. - 1,28. Исследования проводили согласно методическим рекомендациям Б.А. Доспехова [16]. Достоверность результатов оценивалась с помощью программы Statistics 9.0.

Используемые для анализа семена были очищены от всех посторонних веществ, таких как пыль, грязь, камни, незрелые и поврежденные семена.

Химический состав основных компонентов золы (P, S, K, Mn, Fe, Mg, Ca, Zn, Mo) определяли методом энергодисперсионной спектроскопии (ESD) на аналитическом сканирующем электронном микроскопе (SEM) EVO LA 15 (Zeiss, Германия). Данные рентгеновского микроана-

лиза представлены в виде стандартных протоколов, которые содержат изображение микроструктуры исследуемого образца, таблицу спектров и гистограмм (рис.2).

Результаты исследований

Результаты проведённых опытов позволили установить положительный эффект по отношению к урожайности ярового рапса от вносимых удобрений (рис.3).

Внесение удобрения $N_{60}:P_{60}:K_{60}$ приводило к росту урожайности на 9,4 ц/га, а совместное использование его с цеолитом - на 12,3 ц/га по сравнению с контрольным вариантом.

Внесение органических отходов также положительно сказалось на урожайности ярового рапса, прибавка на данном варианте составляла 13,2 ц/га. Максимальное увеличение продуктивности культуры обеспечивало внесение куриного помёта в комплексе с природным цеолитом по 5 т/га, по отношению к контролю прибавка в урожайности составила 15,3 ц/га.

Было проанализировано содержание 9 элементов в золе семян рапса - К, Р, Mg, Са, Мо, Mn, Zn, Fe и S. Преобладающими элементами были Р и К. Убывающий ряд содержания элементов в золе семян рапса следующий: $P \approx K > Mg \geq Ca > Mo > S > Zn > Mn > Fe$.

Доля фосфора составляет от 10,852 масс. % (контроль) до 11,855 масс. % (цеолит 5 т/га). Высокое содержание Р в золе семян рапса отмечено также в вариантах опытов с использованием куриного помёта 5 т/га, $N_{60}:P_{60}:K_{60}$ + цеолит 5 т/га и куриного помёта 5 т/га + цеолит 5 т/га. Содержание Р в семенах является важным и единственным источником, доступным для поддержания начального роста проростков будущих растений [17, 18, 19]. Накопление Р в семенах определяется биодоступностью, способностью корней усваивать Р из почвы и темпами роста растения [20, 21].

Калий в золе семян находился в пределах от 9,933 масс. % (цеолит 5 т/га) до 12,343 масс. % ($N_{60}:P_{60}:K_{60}$).

Накопление К на 25 % больше, чем в контроле, отмечено в варианте с внесением минерального удобрения ($N_{60}:P_{60}:K_{60}$) и на 20% больше - в варианте с комбинированным минеральным удобрением ($N_{60}:P_{60}:K_{60}$ + цеолит 5 т/га). К - макроэлемент, который отвечает за регуляцию большинства метаболических реакций, протекающих в живых организмах. К контролирует трансмембранный потенциал осмотического давления, равновесие зарядов, катодно-анионный баланс, pH и всё, из чего состоит гомеостаз

клеток и тканей. В ионной форме К можно обнаружить во всех органах, тканях и клеточных структурах в концентрациях, превышающих концентрацию других ионов [22].

Магний активирует большое количество ферментов, которые принимают участие в процессах усвоения CO_2 и N. Mg необходим для поддержания катодно-анионного баланса и регулирования pH. Mg, Са и N локализованы в семенной мембране. Концентрация Mg в семенах рапса колеблется от 4,733 (контроль) до 5,575 масс. % (цеолит 5 т/га). В вариантах опыта с внесением минерального и органического азота содержание Mg в семенах рапса возрастает на 20 – 25 % по сравнению с контролем.

Са необходим в растении для стабилизации клеточных стенок и поддержания целостности мембран. Концентрация Са в семенах рапса колеблется от 4,012 масс. % (контроль) до 4,843 масс. % ($N_{60}:P_{60}:K_{60}$ + цеолит 5 т/га).

Молибден также выполняет ряд полезных для организма функций: участвует в синтезе аминокислот, является кофактором и активатором оксидаз. Концентрация Мо в семенах рапса колеблется от 4,178 масс. % (контроль) до 5,558 масс. % ($N_{60}:P_{60}:K_{60}$ + цеолит 5 т/га).

Сера играет незаменимую роль в метаболизме растений рапса в качестве компонента белков и глюкозинолатов. Сера необходима для образования белка, что важно для высокого содержания белка в семенах рапса. Не только количество белка, но и качество белка зависит от S-статуса растений. Из-за центральной роли серы и азота в производстве белков существует тесная взаимосвязь между запасами S и N в растениях [23]. Содержание S в семенах рапса достаточно высокое и составляет от 0,993 до 1,275 масс. %. В зависимости от варианта опыта содержание S в семенах колеблется незначительно. Доля цинка не превышает 0,305 масс. % и также незначительно варьирует от вариантов опыта.

Марганец является кофактором и активатором многих ферментов и обладает антиоксидантной активностью. В семенах рапса концентрация Mn составляет 0,058 масс. % (контроль) - 0,303 масс. % (куриный помёт 5 т/га). В вариантах опыта с внесением удобрений содержание Mn в 2-6 раз выше по сравнению с контролем. Органическое железо является незаменимым соединением для человеческого организма. В семенах рапса содержание Fe колеблется от 0,034 масс. % (контроль) до 0,159 – 0,215 масс. % (варианты с комплексным соста-

Таблица 1

Элементный состав семян ярового рапса сорта Риф, масс. % в золе

Элемент	Вариант исследования					
	1	2	3	4	5	6
K	10,14	12,34	9,96	10,52	11,61	10,91
min-max	6,75– 13,17	7,52 – 7,92	6,64–10,27	7,33 – 4,21	7,47 – 16,09	4,77 – 13,91
V %	36,1	34,5	35,2	34,5	35,5	42,1
P	10,85	11,27	11,85	11,69	11,73	11,85
min-max	8,58 – 4,21	8,32 – 3,42	9,03 – 4,74	9,18 –14,61	9,16 – 14,22	5,98 – 12,89
V %	23,9	21,6	23,8	22,3	22,1	30,52
Mg	4,73	5,39	5,58	5,19	5,15	5,21
min-max	4,77– 6,06	4,18 – 5,41	4,98 – 6,13	4,67 – 5,84	4,55 – 5,68	3,89 – 5,24
V %	10,9	10,8	10,1	9,6	9,2	12,4
Ca	5,82	4,34	4,07	4,78	4,89	4,77
min-max	3,15 – 6,11	3,87 –7,81	2,55 – 5,72	2,94 –6,84	3,24 – 6,39	2,55 – 7,54
V %	37,9	34,6	38,2	37,5	35,8	43,8
Mo	5,65	4,53	4,18	4,85	5,56	4,75
min-max	1,74 – 8,09	2,02 – 9,67	1,4 – 7,16	1,56 – 8,69	1,52 – 7,85	1,68 – 8,75
V %	75,8	74,8	75,2	74,2	74,1	75,3
S	1,28	1,18	1,11	1,25	1,15	1,16
min-max	0,97 – 1,51	0,98 – 1,63	0,48 –1,51	0,67 – 1,97	0,9 – 1,43	0,97 – 1,48
V %	25,8	23,6	26,7	23,9	23,9	17,4
Zn	0,31	0,16	0,27	0,21	0,16	0,22
min-max	0,08 – 0,26	0,09 – 0,65	0,13 – 0,42	0,08 – 0,36	0,07 – 0,26	0,11 – 0,61
V %	62,4	73,3	61,2	63,3	61,1	72,2
Mn	0,06	0,06	0,12	0,31	0,19	0,15
min-max	0,04 – 0,11	0,03 – 0,09	0,06 – 0,24	0,04 – 0,24	0,07 – 0,37	0,08 – 0,24
V %	52,9	50,2	69,7	67,4	67,5	52,4
Fe	0,03	0,03	0,19	0,11	0,22	0,16
min-max	0,01 – 0,07	0,01 – 0,06	0,09 – 0,32	0,3 – 0,12	0,12 – 0,31	0,09 – 0,27
V %	40,6	52,1	55,5	57,2	58,4	60,1

Таблица 2

Корреляционная матрица для 9 элементов в золе семян

Элемент	P	Mg	Ca	Mo	S	Zn	Mn	Fe
K	-0,03	0,19	0,32	0,96	0,57	0,76	-0,11	0,13
P		0,85	0,61	0,69	-0,49	-0,28	0,58	0,94
Mg			0,72	0,57	-0,17	0,001	0,56	0,76
Ca				0,86	0,17	-0,23	0,78	0,72
Mo					0,06	-0,23	0,60	0,78
S						0,52	0,16	0,50
Zn							-0,44	-0,52
Fe								0,67

вом удобрений).

Низкий коэффициент вариации 10 -25% определен для P, Mg и S; средний коэффициент вариации 35 - 36% характерен для K и Ca.

Низкий и средний коэффициент вариации характерен для биологически значимых элементов семян рапса и указывает на стабильность накопления элементов. Высокий коэффициент вариации отмечается для Zn, Mn и Fe.

Рассчитаны коэффициенты корреляции между элементами (табл.2). Установлено, что существует высокая корреляция между элементами, например, K и Mo ($r = 0,96$); P и Mg ($0,86$) и

P и Fe ($r = 0,94$); C и Mo ($r = 0,86$). Средняя корреляция между Ca и Mn, Mo и Fe ($r = 0,78$); между K и Zn, Mg и Fe ($r = 0,76$); между P и Mo ($r = 0,69$); Mn и Fe ($r = 0,67$); Ca ($r = 0,61$); Mo и Mn ($r = 0,60$); S и Zn ($r = 0,56-0,57$). Обнаружена слабая корреляция между S и Zn ($r = 0,52$); между K и Ca ($r = 0,32$); K и Mg ($r = 0,19$); Ca и S ($r = 0,17$) и S и Mn ($r = 0,16$).

Обсуждение

Выявлено, что внесение органических отходов отдельно и совместно с природным цеолитом способствовало увеличению биометрических показателей ярового рапса. Рапс,

выращенный на данных вариантах, характеризовался максимальной высотой стеблестоя, наибольшим количеством стручков, а семена были более крупные. Поэтому в целом внесение органических отходов положительно сказалось на урожайности ярового рапса, прибавка на данном варианте составляла 13,2 ц/га. Высокий эффект по продуктивности культуры обеспечивало внесение куриного помёта в комплексе с природным цеолитом по 5 т/га, по отношению к контролю прибавка в урожайности составила 15,3 ц/га. Установлено положительное влияние комбинированных органо-минеральных удобрений на накопление минеральных веществ в семенах рапса. Определен порядок накопления элементов: $P \approx K > Mg \geq Ca > Mo > S > Zn > Mn > Fe$. Доля P составляет от 10,852 до 11,855 масс.%; доля K от 9,933 до 12,343 масс.%; Mg, Ca и Mo содержатся в семенах рапса в близких концентрациях в пределах 4,0 -5,8 масс.%.

Заключение

Для получения высоких урожаев ярового рапса в условиях Липецкой области следует использовать в качестве удобрения куриный помёт в комплексе с природным цеолитом по 5 т/га, что способствует увеличению урожайности по отношению к контролю на 15,3 ц/га. Микроэлементный анализ семян ярового рапса показал, что семена на данных вариантах характеризовались особенно высоким содержанием фосфора, железа и магния. Следовательно, данные семена с повышенным уровнем необходимых для человека макро- и микроэлементов можно использовать для создания функциональных продуктов питания.

Библиографический список

1. Energy crops: current status and future prospects / H. S. Ralphe, H. Astley, S. Bernhard, T. Gail, M. I. T. Petes // *Global Change Biology*. - 2006. - Vol. 12, no. 11. - P. 2054-2076. – URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01163.x>
2. Günnur, K. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects / K. Günnur, C. Nilgün // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier. - 2013. - Vol. 28. - P. 900-916. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.022>
3. Carre, P. Rapeseed market, worldwide and in Europe / P. Carre, A. Pouzet // *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. - 2014. - Vol. 21, no. 1. – P. 12. – URL: <https://doi.org/10.1051/ocl/2013054>
4. Карпачев, В. В. Научное обеспечение производства семян рапса в России / В. В. Карпа-

чев // *Сельское хозяйство*. - 2009. – Т. 2. - С. 8-10.

5. Перспективы использования органо-минеральных удобрений на посевах ярового рапса / Т. В. Зубкова, О. А. Дубровина, Д. В. Виноградов, С. М. Мотылёва, В. Л. Захаров // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. - 2020. - № 4. - С. 35-40.

6. Дубровина, О. А. Накопление микроэлементов растениями ярового рапса при использовании куриного помёта и цеолита / О. А. Дубровина, Т. В. Зубкова, Д. В. Виноградов // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. - 2020. - № 4. – С. 17-23.

7. Зубкова, Т. В. Свойства органо-минерального удобрения на основе куриного помёта и применение его в технологии ярового рапса на семена / Т. В. Зубкова, Д. В. Виноградов // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. - 2021. - № 1(53). - С. 46-54.

8. Зубкова, Т. В. Эффективность некорневой обработки микроудобрениями при выращивании ярового рапса / Т. В. Зубкова, Д. В. Виноградов, Г. Д. Гогмачадзе // *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал*. - 2021. – № 1 (43). – С. 5.

9. Зубкова, Т. В. Влияние применения цеолита на урожайность рапса и качество масла полученного из его семян / Т. В. Зубкова, Д. В. Виноградов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. - 2021. - № 5(199). - С. 23-29.

10. Pin Koh, L. Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities / L. Pin Koh, J. Ghazoul // *Biological Conservation*. - 2008. - Vol. 141, no. 10. - P. 2450-2460. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.08.005>

11. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades / D. P. Rondanini, N. V. Gomez, M. B. Agosti, D. J. Miralles // *European Journal of Agronomy*. - 2012. - Vol. 37, no. 1. - P. 56-65. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.10.005>

12. Rathke, G. W. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations / G. W. Rathke, O. Christen, W. Diepenbrock // *Field Crops Research*. - 2005. - Vol. 94, no. 2-3. - P. 103-113. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.11.010>

13. Schoenau, J. J. Optimizing soil and plant responses to land-applied manure nutrients in the

Great Plains of North America / J. J. Schoenau, J. G. Davis // Canadian Journal of Soil Science. - 2006. - Vol. 86, no. 4. - P. 587-595. – URL: <https://doi.org/10.4141/S05-115>

14. Effects of Nitrogen and Sulfur on Canola Yield and Nutrient Uptake / L. Gunhild, F. Martin, F. Wolfgang, G. D. Jackson // Agronomy Journal. - 2000. - Vol. 92, no. 4. - P. 644-649. – URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2000.924644x>

15. Arif, M. Evaluation of oil seeds for their potential nutrients / M. Arif, Masood T. Nasiruddin, S. S. Shah // ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. - 2012. - Vol. 7, no. 9. - P.730-734.

16. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений / Б. А. Доспехов. - Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. – Москва : Альянс, 2014. - 351 с. – ISBN 978-5-903034-96-3.

17. Importance of P uptake efficiency versus P utilization for wheat yield in acid and calcareous soils in Mexico / G. G. B. Manske, J. I. Ortiz-Monasterio, M. Ginkel, R. M. Gonzalez, R. A. Fischer, S. Rajamar, P. L. G. Vlek // Eur. J. Agron. - 2001. - Vol. 14, no. 4. - P. 261-274. – URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00099-X](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00099-X)

18. Post-anthesis accumulation and

remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in durum wheat as affected by soil type / A. Masoni, L. Eccoli, M. Mariotti, I. Arduini // Eur. J. Agron. - 2007. - Vol. 26, no. 3. - P. 179-186. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.09.006>

19. Fageria, N. K. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops / N. K. Fageria, V. C. Baligar, C. A. Jones. - 3rd ed. - Florida, USA : CRC Press, 2010. - 586 p. – URL: <https://doi.org/10.1201/b10160>

20. Lynch, J. P. Roots of the second green revolution / J. P. Lynch // Aust J. Bot. - 2007. - Vol. 55, no. 5. - P. 493-512. – URL: <https://doi.org/10.1071/BT06118>

21. White, P. L. Improving potassium acquisition and utilization by crop plants / P. L. White // Journal of Plant Nutrition and Science. - 2013. - Vol. 176, no. 3. - P. 305-316. – URL: <https://doi.org/10.1002/jpln.201200121>

22. Roles of higher plant K⁺ channels / F. G. M. Meathnis, A. M. Ichida, D. Sanders, J. I. Schroeder // Plant Physiology. - 1997. - Vol. 114, no. 4. - P. 1141-1149. – URL: <https://doi.org/10.1104/pp.114.4.1141>

23. Diagnostingsulfur in field-grown oil-seed rape (Brassica napus L.) and wheat (Triticumaestinum L.) / M. M. A. Blake-Kalff, M. J. Hawkesford, F. J. Zhaho, S. P. McCrath // Plant and Soil. - 2000. - Vol. 225. - P. 95-107. – URL: <https://doi.org/10.1023/A:1026503812267>

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON RAPESEED YIELD AND ASH COMPOSITION OF ITS OIL SEEDS

Zubkova T.V.¹, Motyleva S.M.², Vinogradov D.V.³

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Elets State University named after I. A. Bunin”, 399770, Elets, Kommunarov st., 28, phone: 8-(47467)-6-59-71, e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru

²All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery Gardens of the Russian Agricultural Academy, 115598, Moscow, Zagorievskaya st., 4, tel.: 8-(495)-329-51-66,

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 390044, Ryazan, Kostycheva st., 1, tel.: 8-(4912)-35-35-16, e-mail: vdvrzn@mail.ru

Key words: spring rapeseed, microelements, productivity, seeds, quality.

The article presents results of a field experiment with application of mineral (NPK and zeolite) and organic fertilizers in the technology of spring rapeseed cultivation, as well as a comparative analysis of the ash composition of rape seeds of Rif variety, depending on the variants of the research. Six variants were studied: growing plants without fertilization (control); mineral fertilizer N₆₀:P₆₀:K₆₀, alone and in combination with zeolite (5 t/ha); pure zeolite (5 t/ha); chicken manure (5 t/ha) alone and in combination with zeolite (5 t/ha). Accumulation of nine main elements (wt., %) contained in the ash of spring rapeseed seeds was studied by the method of energy dispersive spectrometry (X-Ray-analysis). The order of element accumulation was determined: P ≈ K > Mg ≥ Ca > Mo > S > Zn > Mn > Fe. The proportion of P is from 10.852 to 11.855 wt. %; the proportion of K is from 9.933 to 12.343 wt.%; Mg, Ca and Mo are present in rape seeds in similar concentrations within 4.0 - 5.8 wt.%. Mutual usage of zeolite and organic fertilizer provided an increase of mineral accumulation in the seeds. Correlations between the elements were established. Higher level of macro- and microelements in seeds, necessary for humans, brings about good perspectives to create functional products based on the studied rape seeds for food enrichment. Positive effect of combined organo-mineral fertilizers on accumulation of mineral substances in rape seeds was established.

Bibliography:

1. Energy crops: current status and future prospects / H. S. Ralphe, H. Astley, S. Bernhard, T. Gail, M. I. T. Petes // Global Change Biology. - 2006. - Vol. 12, № 11. - P. 2054-2076. – URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01163.x>
2. Günnur, K. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects / K. Günnur, C. Nilgün // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier. - 2013. - Vol. 28. - P. 900-916. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.022>
3. Carre, P. Rapeseed market, worldwide and in Europe / P. Carre, A. Pouzet // OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids. - 2014. - Vol. 21, № 1. - P. 12. - URL: <https://doi.org/10.1051/ocl/2013054>
4. Karpachev, V. V. Scientific support for production of rape seeds in Russia / V. V. Karpachev // Agriculture. - 2009. - V. 2. - P. 8-10.
5. Prospects of usage of organomineral fertilizers for spring rapeseed / T.V. Zubkova, O.A. Dubrovina, D.V. Vinogradov, S.M. Motylyova, V.L. Zakharov //

Vestnik of Michurinsk State Agrarian University. - 2020. - № 4. - P. 35-40.

6. Dubrovina, O.A. Accumulation of microelements by spring rapeseed plants in case of application of chicken manure and zeolite / O.A. Dubrovina, T.V.Zubkova, D.V.Vinogradov, // *Vestnik of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. - 2020. - № 4. - P. 17-23.

7. Zubkova, T.V. Properties of organomineral fertilizer based on chicken manure and its application in the technology of spring rapeseed for seeds / T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2021. - № 1(53). - P. 46-54.

8. Zubkova, T.V. Efficiency of foliar treatment with microfertilizers when cultivating spring rapeseed / T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov, G.D. Gogmachadze, // *AgroEcolInfo: Electronic scientific and production journal*. - 2021. - № 1 (43). - P. 5.

9. Zubkova, T.V. Influence of zeolite application on rapeseed productivity and quality of oil obtained from its seeds // T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov // *Vestnik of Altai State Agrarian University*. - 2021. - № 5(199). - P. 23-29.

10. Pin Koh, L. Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities / L. Pin Koh, J. Ghazoul // *Biological Conservation*. - 2008. - Vol. 141, № 10. - P. 2450-2460. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.08.005>

11. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades / D. P. Rondanini, N. V. Gomez, M. B. Agosti, D. J. Miralles // *European Journal of Agronomy*. - 2012. - Vol. 37, № 1. - P. 56-65. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.10.005>

12. Rathke, G. W. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations / G. W. Rathke, O. Christen, W. Diepenbrock // *Field Crops Research*. - 2005. - Vol. 94, № 2-3. - P. 103-113. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.11.010>

13. Schoenau, J. J. Optimizing soil and plant responses to land-applied manure nutrients in the Great Plains of North America / J. J. Schoenau, J. G. Davis // *Canadian Journal of Soil Science*. - 2006. - Vol. 86, № 4. - P. 587-595. – URL: <https://doi.org/10.4141/S05-115>

14. Effects of Nitrogen and Sulfur on Canola Yield and Nutrient Uptake / L. Gunhild, F. Martin, F. Wolfgang, G. D. Jackson // *Agronomy Journal*. - 2000. - Vol. 92, № 4. - P. 644-649. – URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2000.924644x>

15. Arif, M. Evaluation of oil seeds for their potential nutrients / M. Arif, Masood T. Nasiruddin, S. S. Shah // *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. - 2012. - Vol. 7, № 9. - P.730-734.

16. Dospikhov, B. A. Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results): a textbook for higher agricultural educational institutions / B. A. Dospikhov. - add. and revised. - Moscow: Alliance, 2014. - 351 p. – ISBN 978-5-903034-96-3.

17. Importance of P uptake efficiency versus P utilization for wheat yield in acid and calcareous soils in Mexico / G. G. B. Manske, J. I. Ortiz-Monasterio, M. Ginkel, R. M. Gonzalez, R. A. Fischer, S. Rajamar, P. L. G. Vlek // *Eur. J. Agron.* - 2001. - Vol. 14, № 4. - P. 261-274. – URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00099-x](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00099-x)

18. Post-antesis accumulation and remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in durum wheat as affected by soil type / A. Masoni, L. Eccoli, M. Mariotti, I. Arduini // *Eur. J. Agron.* - 2007. - Vol. 26, № 3. - P. 179-186. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.09.006>

19. Fageria, N. K. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops / N. K. Fageria, V. C. Baligar, C. A. Jones. - 3rd ed. - Florida, USA : CRC Press, 2010. - 586 p. – URL: <https://doi.org/10.1201/b10160>

20. Lynch, J. P. Roots of the second green revolution / J. P. Lynch // *Aust J. Bot.* - 2007. - Vol. 55, № 5. - P. 493-512. – URL: <https://doi.org/10.1071/BT06118>

21. White, P. L. Improving potassium acquisition and utilization by crop plants / P. L. White // *Journal of Plant Nutrition and Science*. - 2013. - Vol. 176, № 3. - P. 305-316. – URL: <https://doi.org/10.1002/jpln.201200121>

22. Roles of higher plant K⁺ channels / F. G. M. Meathnis, A. M. Ichida, D. Sanders, J. I. Schroeder // *Plant Physiology*. - 1997. - Vol. 114, № 4. - P. 1141-1149. – URL: <https://doi.org/10.1104/pp.114.4.1141>

23. Diagnostingsulfur in field-grown oil-seed rape (*Brassica napus* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) / M. M. A. Blake-Kalff, M. J. Hawkesford, F. J. Zhaho, S. P. McCrath // *Plant and Soil*. - 2000. - Vol. 225. - P. 95-107. – URL: <https://doi.org/10.1023/A:1026503812267>