

УДК 633.35:631.8

Анализ взаимодействий между внекорневыми удобрениями и химическим составом листового аппарата подсолнечника

Дубровина О.А.¹, Зубкова Т.В.¹, Виноградов Д.В.^{2,3}, Лебедев Д.В.¹, Гогмачадзе Г.Д.⁴

¹Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

³Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

⁴АгроЭкоИнфо

Аннотация

Цель работы – использование анализа листы подсолнечника в качестве инструмента диагностики накопления микроэлементов от применения внекорневой подкормки микроудобрением «Ревитаплант Подсолнечник». Данные исследования проводились 2021–2022 гг. на опытном поле ЕГУ им. И. А. Бунина в Липецкой области. Схема опыта включала в себя контроль (без обработки микроудобрением) и обработка «Ревитаплант Подсолнечник» из расчета 2 л/га. Обработку проводили в фазу вегетации 6–8 листьев культуры. Применение «Ревитаплант Подсолнечник» положительно повлияло на урожай и химический состав в листьях подсолнечника. Проведенный анализ показал высокую ответную реакцию подсолнечника на усвоение железа и марганца и оптимальную - по меди и цинку.

Ключевые слова: ПОДСОЛНЕЧНИК, МИКРОУДОБРЕНИЯ, СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЯХ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Введение

Подсолнечник – основная масличная культура, возделываемая в РФ. Производство подсолнечника является важным звеном в решении вопроса продовольственной безопасности [1-5]. Увеличение валовых сборов невозможно без применения интенсивных

технологий, основанных на грамотном подборе сортов и гибридов, а также рациональном применении минеральных удобрений и биопрепаратов [6-9].

Поступление питательных веществ имеет решающее значение для повышения урожайности масличных культур [10-16]. Потребление N, P, K не прекращается в течение жизни растения. Наибольшее потребление азота происходит в начальном периоде роста, а затем его количество резко сокращается, особенно у таких масличных как лен, рапс и подсолнечник [17-20]. Что касается кальция и фосфора, то здесь разница в содержании на всем периоде не столь велика. Если учесть за единицу потребления общее количество минеральных веществ за период вегетации, то к моменту цветения поглощение составляет: азот - 60%, фосфор - 80%, калий – 90%. На этапе до формирования корзинки наибольшая потребность состоит в наличии фосфора. На втором этапе вегетации (до цветения) возрастает потребность во всех 3-х элементах: фосфор, калий, азот. При созревании семян первенство среди требующихся элементов занимает калий [21-25].

Кроме основных макроэлементов и бора для нормальной вегетации подсолнечника крайне желательны микроэлементы. Наиболее важные из них – Fe, Cu, Zn, Mn. Для подсолнечника идеально подходит внекорневая подкормка макроэлементами [26-28]. Своевременные подкормки стимулируют физиологические фазы развития растения, такие как, бутонизация, цветение, оплодотворение, созревание семян, а также способствуют развитию корневой системы и вегетативной массы. Для оптимизации стимулирующего действия внекорневых подкормок на подсолнечнике, с агрономической точки зрения, необходимо учитывать сорт растения, срок вегетации, кратность, способы и дозы их внесения [28-34].

Медь (Cu) является важным микроэлементом в метаболизме растений и участвует в важных физиологических процессах, таких как фотосинтез, дыхание, а также используется в качестве кофактора или части простетической группы многих ключевых ферментов. Медь участвует в различных метаболических путях, включая синтез АТФ. Отрицательной стороной элемента является ее токсичность. При избыточном поступлении она может катализировать образование активных форм кислорода в клетке посредством реакции Габера-Вейсса и вызвать повреждение клеточных мембран, такая особенность поведения требует тщательного отслеживания эффектов после подкормки.

Железо (Fe) – микроэлемент необходимый для роста и развития растений и является неотъемлемой частью многих ферментативных функций. Наиболее важное

участие Fe имеет в окислительно-восстановительной системе, осуществляющей биосинтез гемокоферментов, молекулы хлорофилла и белков Fe-S. Тилакоидная мембрана содержит около 20 соединений Fe, которые участвуют в фотосистемах I и II и ее дефицит значительно снижает развитие хлоропластов, проявляясь у растений, как правило на ранних стадиях пожелтением межжилковых промежутков молодых листьев.

Марганец (Mn) – неотъемлемый элемент в функционировании фотосистемы II. Помимо этого, он входит в состав различных ферментов, активизируя их действие в окислительно-восстановительных процессах, дыхании и др. Является катализатором реакции расщепления углеводов и метаболизма органических кислот, участвует в обмене азота и фосфора. При дефиците Mn снижается рост растений, клетки теряют тургор и как следствие уменьшается устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды. Основным признаком недостатка элемента является хлороз в точке роста вегетативных органов растения. Избыточное поступление марганца в растения вызывает токсические реакции.

Цинк (Zn) присутствует во многих растительных ферментах, особенно в тех, которые участвуют в ферментной цепи карбоангидразы и широко участвует в углеводном обмене в качестве активатора фруктозо-1,6-бисфосфатазы и альдолазы. Цинк помогает связываться с различными комплексами для создания полипептидных и цистеиновых структур. Чрезмерное накопление цинка тормозит рост и развитие растений, снижает биохимические процессы, нарушает водообмен и, как следствие, уменьшает продуктивность растений [35, 36].

Цель данного исследования состоит в использовании анализа листовой подсолнечника в качестве инструмента диагностики накопления микроэлементов от применения внекорневой подкормкой.

Методика исследований

Исследование проводилось в 2021–2022 годах на опытном поле ЕГУ им. И. А. Бунина в Липецкой области. Согласно карте климатического районирования (СНиП 23-01-99) участок расположен во II климатическом районе. Климат района умеренно - континентальный, с теплым летом и умеренно-холодной зимой. Район отличается неравномерным выпадением осадков в течение года. Максимальное количество выпадает в теплое время года (с мая по октябрь). Сумма осадков за этот период 600–650 мм.

=====

Вегетационный период 180 дней. Среднегодовая температура воздуха составляет – плюс 4,5°С. Абсолютный минимум - минус 38°С; максимум - плюс 39°С. Максимальная глубина промерзания грунта – 130 см. Максимальная средняя декадная высота снежного покрова – 47 см. Большую часть года, преобладают ветры западного и северо-западного направления (28 и 34% соответственно). Продолжительность периода активной вегетации сельскохозяйственных культур – 149 дней; сумма средних суточных температур за активный вегетационный период растений (выше +10°) 2579°.

Почвенный покров землепользования представлен черноземом выщелоченным, тяжелого механического состава. Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах слабокислая (рН = 5,5). Содержание гумуса от 5,6% до 5,8%, что отражает хорошее снабжение органическими веществами. Общий азот составляет от 0,220% до 0,228% и сильно зависит от содержания гумуса в почве. Запасы подвижного фосфора в среднем составляют 197,2 мг/кг, калия - 124,7 мг/кг.

Предшественник подсолнечника - яровая пшеница. Вслед за уборкой предшественника проводилась вспашка почвы плугом с предплужником пахотным агрегатом John Deere 8335 R + Lemken Eurodiamant 8 на 25-27 см. Перед пахотой вносилась диаммофоска 60 кг в д.в. по подвижному фосфору распределителем минеральных удобрений фирмы Amazone G-B в агрегате с трактором John Deere 7930. После отрастания падалицы, а также сорной растительности производилась культивация John Deere 8335 R + Senius на глубину 8-10 см. Весной, при наступлении физиологической спелости почвы вносилась аммиачная селитра в дозе 60 кг д.в. с одновременной предпосевной культивацией культиваторами Hatzenbichler в агрегате с John Deere 8335 R на глубину заделки семян.

Посев подсолнечника производили тракторами John Deere 9 и сеялками точного высева EDX, MaterMass с одновременным внесением сложных минеральных удобрений в рядок 15 кг д.в. Семена высевали пунктирным способом, с междурядьями 70 см. Для посева использовались семена гибрида первого поколения среднеспелой группы Сумико.

В послевсходовый период, при достижении 6–8 настоящих листьев посевы обрабатывались гербицидом Экспресс, ВДГ 0,05 кг/га против многолетних и однолетних двудольных сорняков совместно с инсектицидом Фастак, КЭ 0,15 л/га (расход рабочей жидкости 200 л/га). Через 6–7 дней посевы обрабатывали гербицидом Зеллек-Супер, КЭ 0,5 л/га против злаковой сорной растительности.

В этот же период для устранения дефицита микроэлементов и улучшения дыхания и метаболизма растения подсолнечника однократно обрабатывали комплексным хелатным микроудобрением «Ревитаплант Подсолнечник» из расчета 2 л/га. В состав удобрения входят микроэлементы и аминокислоты: 80 г/л (табл. 1).

Таблица 1. Расчет содержания д.в. по молекулярной массе металла г/л удобрения

Zn	Cu	Mo	Co	Mn	Fe	Si	MgO	K ₂ O	B	N	SO ₃
21	15	0,2	0,05	5	2	0,5	5	59	6	19	21

Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов - сплошное. Общая площадь делянки - 33 м², учетная - 20 м². Уборку проводили при влажности семян 10–12 %, комбайнами John Deere.

Вариации поглощения Cu, Zn, Fe и Mn в листьях подсолнечника были оценены в три фазы развития растений: 6–8 пар листьев, цветение и созревание.

Обработка проб и химические анализы проводились в агрохимической лаборатории ЕГУ имени И.А. Бунина.

Минерализацию проб проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26657–85. Подвижные формы металлов экстрагировали с помощью 1% HNO₃. Анализ металлов проводили атомно-абсорбционным методом в воздушно-ацетиленовом пламени на спектрофотометре «Спектр-5. Математическая обработка и интерпретация первичных данных проводились классическими статистическими методами с использованием пакета программ Statistica.

Результаты и обсуждение

Fe, Cu, Zn и Mn во всех обработанных вариантах выявили значения выше измеренных в контроле с различной статистической значимостью - от незначительной до очень значимой. Вариант 2 имел значительно более высокое содержание Fe и Mn по сравнению с контролем, более, чем 2,5 раза. Содержание Cu и Zn по вариантам различалась слабо, аккумуляция меди 1,55 и 1,755 мг/кг и 6,88 и 7,33 цинка (рис. 1), что статистически подтверждено.

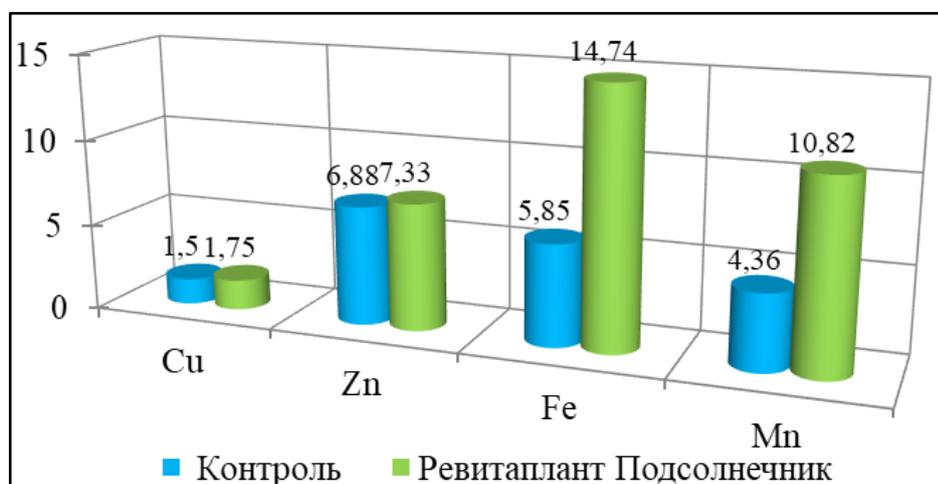


Рис. 1. Содержание микроэлементов в листьях подсолнечника (мг/кг сухого вещества) в фазу 6–8 листьев

Примечание: НСР₀₅ (Fe) - 1,51; НСР₀₅ (Cu) - 0,12; НСР₀₅ (Zn) - 0,21; НСР₀₅ (Mn) - 2,31.

В период фазы цветения микроэлементный состав в листьях подсолнечника достиг максимума и четко дифференцировался по всем параметрам от контроля. Количественное содержание меди (контроль: Ревитаплант Подсолнечник) составило: по меди 5,98:6,21 мг/кг; цинка 12,22:13,70 мг/кг; железа 47,91:86,77 мг/кг; марганца 29,65:31,56 мг/кг. Согласно медико – биологическим требованиям №5061–89 концентрация металлов не превышала ПДК (рис. 2).

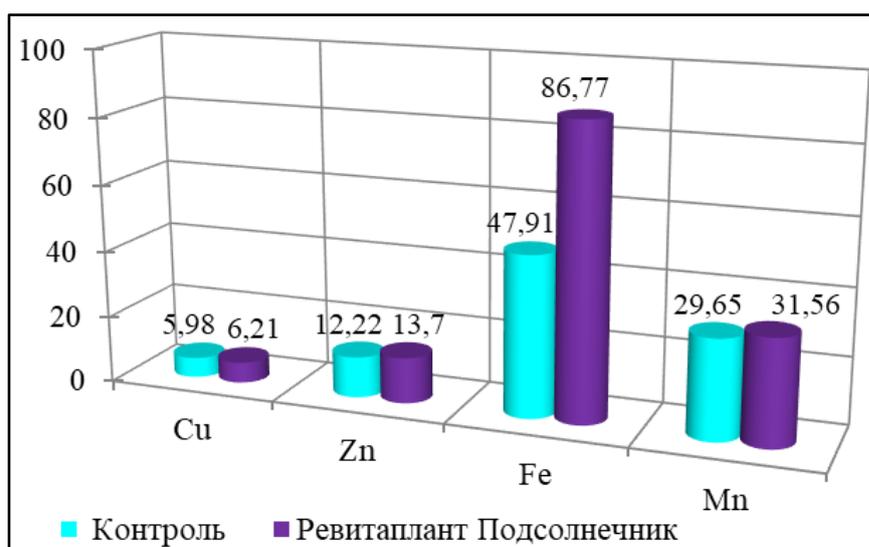


Рис. 2. Содержание микроэлементов в растениях подсолнечника в фазу цветения (мг/кг сухого вещества)

Примечание: НСР₀₅ (Fe) - 2,25; НСР₀₅ (Cu) - 0,81; НСР₀₅ (Zn) - 0,32; НСР₀₅ (Mn) - 1,03.

Установлено, что поступление железа, марганца, цинка и меди в период цветения выше, чем в период созревания (рис. 3). Депонирование микроэлементов листьями подсолнечника в фазу созревания располагалось в следующем порядке: Fe>Mn>Zn>Cu. Концентрации Mn в листьях по вариантам опыта были ниже (17,54 и 19,3 мг/кг), чем концентрация железа (32,63 и 58,64 мг/кг), что свидетельствует о большем поглощении этого элемента растениями. В этом случае более высокая абсорбция железа уменьшает поступление в листья подсолнечника более токсичного для растений марганца, способного изменять биодоступность других микроэлементов.

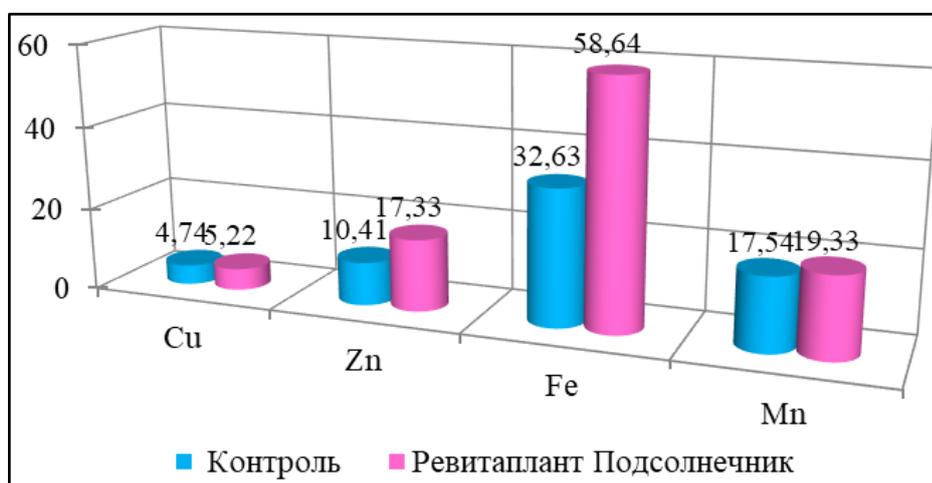


Рис. 3. Содержание микроэлементов в растениях подсолнечника в фазу созревания (мг/кг сухого вещества)

Примечание: НСР₀₅ (Fe) - 2,23; НСР₀₅ (Cu) - 0,84; НСР₀₅ (Zn) - 2,23; НСР₀₅ (Mn) - 1,26.

Концентрации других оцениваемых металлов не превышали рекомендованные другими авторами нормы [9] и находились в диапазоне от 4,74 до 5,22 мг/кг и от 10,41 до 17,33 мг/кг Cu и Zn соответственно.

Испытанное удобрение при однократной обработке оказало положительное влияние на урожайность семян гибрида Сумико. Средняя прибавка между вариантами составила 0,2 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние некорневой подкормки на урожайность семян подсолнечника

Вариант	Урожайность, т/га			
	2021г.	2022г.	среднее к контролю, т/га	Прибавка
Контроль	3,92	4,13	4,03	-
Ревитаплант	4,17	4,29	4,23	+ 0,20
НСР ₀₅	0,12	0,14	0,11	

Выводы

Испытанное микроудобрение при внекорневом внесении оказало положительное влияние на урожайность и химический состав в листьях растений подсолнечника. Проведенный анализ показал высокую ответную реакцию подсолнечника на усвоение железа и марганца и оптимальную по меди и цинку. Анализ сложных взаимодействий между внекорневыми удобрениями и химическим составом листового аппарата подсолнечника позволяет более инициативно и прагматично подойти к использованию различных составов внекорневых удобрений для получения продуктов с определенными желаемыми композиционными характеристиками.

Список использованных источников:

1. Булдыкова И.А., Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Микроэлементы на посевах подсолнечника // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 107. – С. 563–577.
2. Филатова О.И., Лупова Е.И., Виноградов Д.В. Масличные культуры в Рязанской области // Интеграция научных исследований в решении региональных экологических и природоохранных проблем. Актуальные вопросы производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. – Рязань: РГАТУ, 2018. – С. 104–108.
3. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Экологические последствия развития интенсивного земледелия в Республике Беларусь // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 3. – С. 36–40.
4. Виноградов Д.В., Соколов А.А., Лупова Е.И., [и др.] Фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в условиях Рязанской области // Международный технико-экономический журнал. – 2016. – № 5. – С. 57–63.
5. Троц Н.М., Прохорова Н.В., Троц В.Б., Виноградов Д.В. [и др.]. Тяжелые металлы в агроландшафтах Самарской области. – Кинель: СамГАУ, 2018. – 220 с.
6. Зубкова Т.В., Мотылева С.М., Виноградов Д.В. Исследование влияния органических и минеральных удобрений на урожайность рапса и зольный состав его маслосемян // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (57). С. 77–84.
7. Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Балабко П.Н., Гогмачадзе Г.Д. Увеличение урожайности ярового рапса в условиях Центрально-Чернозёмной зоны России [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/3/st_333.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202123333>.

8. Троц Н.М., Габиров М.А., Виноградов Д.В. Агрохимия. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2021. – 165 с.

9. Виноградов Д.В., Перегудов В.И., Поляков А.В. Особенности формирования продуктивности льна масличного при разном уровне питания // Агрохимический вестник. – 2010. – № 3. – С. 23–24.

10. Vysotskaya E.A., Vinogradov D.V., Lupova E.I. Features of using modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh. Vol. 422. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012014.

11. Zubkova T. V., Dubrovina O. A., Vinogradov D. V. Effect of zeolite on the micro-morphological and biochemical features of the spring rapeseed (*Brassica napus* L.) // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. – 2022. – Vol. 54, No. 1. – P. 153-164.

12. Zubkova T. V., Vinogradov D. V., Zakharov V. L. Microelement composition of spring rape plants depending on the specified experimental conditions // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference, Saratov. – London: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 012094.

13. Lupova E.I., Vysotskaya E.A., Vinogradov D.V. Improvement of elements of oil flax cultivation technology on gray forest soil // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Vol. 422. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012081.

14. Виноградов Д.В., Кунцевич А.А., Поляков А.В. Жирнокислотный состав семян льна масличного сорта Санлин // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 3. – С. 71–75.

15. Виноградов Д.В. Биохимическая оценка семян масличных культур юга Нечерноземья России // Молодежь и инновации - 2009: Матер. Межд. науч.-практич. конф. – Горки, 2009. – С. 28–30.

16. Виноградов Д.В., Макарова М.П. Особенности выращивания подсолнечника на маслосемена в условиях Рязанской области // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 7. – С. 154–157.

17. Макарова М.П., Виноградов Д.В., Лупова Е.И., Питюрина И.С. Агроэкологические аспекты формирования агроценозов подсолнечника в условиях Рязанской области // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 5. – С. 107–111.

18. Виноградов Д.В. Особенности и перспективы возделывания масличных культур в условиях юга Нечерноземья // Перспективные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур: Сб. матер. 5-й межд. конф. – Краснодар: ВНИИМК им. В.С. Пустовойта, 2009. – С. 51–54.

19. Габиров М.А., Виноградов Д.В. Растениеводство: Учебник. – Рязань: ИП Жуков В.Ю., 2019. – 302 с.

20. Шеуджен А.Х. Питание и удобрение масличных культур. - Краснодар: КубГАУ, 2013. – 54 с.

21. Недбаев В.Н., Зеленин А.В., Никифоров Д.А. Эффективность внесения микроэлементных удобрений под подсолнечник на черноземе типичном Курской области // Биотехнологические приемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции: матер. Всерос. науч.-практич. конф. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 264–269.

22. Виноградов Д.В. Состояние производства и российский рынок масличных культур // Социально-экономические аспекты современного развития АПК: опыт, проблемы, перспективы: Матер. II Всерос. науч.-практич. конф. – Саратов: СГАУ, 2009. – С. 20–23.

23. 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.

24. Макарова М.П., Виноградов Д.В. Влияние различных уровней минерального питания на фотосинтетические показатели и продуктивность гибридов подсолнечника в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2014. – № 4(24). – С. 36–40.

25. Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М. Использование микроудобрений в технологии возделывания подсолнечника на семена // Вестник Брянской ГСХА. – 2023. – № 3(97). – С. 3–8.

26. Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Накопление микроэлементов растениями ярового рапса при использовании куриного помета и цеолита // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 4(48). – С. 17–23.

27. Виноградов Д.В., Ванюшин П.Н. Перспективы и основные направления развития производства масличных культур в Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2012. – № 1(13). – С. 62–65.

28. Виноградов Д.В., Вертелецкий И.А. Рост и развитие масличных культур при разном уровне минерального питания // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 4. – С. 99–102.

29. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г., Бухарина И.Л. Городские насаждения: экологический аспект: монография. – Ижевск: Удмуртский гос. ун-т, 2012. – 204 с.

30. Martin B., Patrick B., Ismail C., Zed R., Fangjie Z. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition) // Chapter 7 -: Micronutrients Function of Nutrients: Micronutrients. - 2012. – P.191- 248.

31. Азаренко Ю.А. Микроэлементы в системе "почва-растения" и оптимизация их применения в агроценозах Омского Прииртышья // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2021. – № 2(187). – С. 42–46.

32. Соколов А.А., Лупова Е.И., Мазирова А.А., Виноградов Д.В. Влияние органоминерального удобрения на продуктивность ярового рапса в условиях Рязанской области // Владимирский земледелец. – 2020. – № 1(91). – С. 29–33.

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

34. Виноградов Д.В., Лупова Е.И., Кунцевич А.А. Возделывание льна масличного сорта Санлин в южной части Нечерноземной зоны России // Современные технологии сельскохозяйственного производства: Матер. XV Межд. науч.-практич. конф. – Гродно, 2012. – С. 27–29.

35. Shchur A., Valkho O.V., Vinogradov D.V. Influence of Biologically Active Preparations on Caesium-137 Transition to Plants from Soil on the Territories Contaminated after Chernobyl Accident // Impact of Cesium on Plants and the Environment. – Switzerland: Springer International Publishing, 2017. – P. 51-70.

36. Vinogradov D.V., Zubkova T.V. Accumulation of Heavy Metals by Soil and Agricultural Plants in the Zone of Technogenic Impact // Indian Journal of Agricultural Research. – 2022. – Vol. 56, No. 2. – P. 201-207.

Цитирование:

Дубровина О.А., Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Лебедев Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Анализ взаимодействий между внекорневыми удобрениями и химическим составом листового аппарата подсолнечника [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_519.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202135519>