ISSN 2307-5872

ИВАНОВСКОЙ ГСХА ИМЕНИ Д.К. БЕЛЯЕВА

2020. № 4 (33)

Научный журнал

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА

Редакционная коллегия:

Д. А. Рябов, главный редактор, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор (Иваново);
Н. А. Балакирев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Москва);
В. С. Буяров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Орел);
А. В. Васин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Самара);
М. С. Волхонов, доктор технических наук, профессор (Кострома);
Л. В. Воронова, кандидат экономических наук, профессор (Ярославль);
И. Л. Воротников, доктор экономических наук, профессор (Саратов);
Д. О. Дмитриев, кандидат экономических наук, профессор (Иваново);
А. А. Завалин, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Москва);
Л. И. Ильин, кандидат экономических наук (Суздаль, Владимирская область);
А. Ш. Иргашев, доктор ветеринарных наук, профессор (Бишкек, Кыргызстан);
В. А. Исайчев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАЕН (Ульяновск);
А. В. Колесников, доктор экономических наук, профессор (Белгород);
В. В. Комиссаров, ответственный редактор, доктор исторических наук, профессор (Иваново);
Г. Н. Корнев, доктор экономических наук, профессор (Иваново);
Е. Н. Крючкова, доктор ветеринарных наук, профессор (Иваново);
Н. В. Муханов, кандидат технических наук, доцент (Иваново);
Д. К. Некрасов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Иваново);
Р. З. Нургазиев, член-корреспондент Национальной академии наук Кыргызской республики, доктор ветеринарных наук, профессор (Бишкек, Кыргызстан);
И. Я. Пигорев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Курск);
В. А. Пономарев, доктор биологических наук, профессор (Иваново);
В. В. Пронин, доктор биологических наук, профессор (Иваново);
С. А. Родимцев, доктор технических наук, доцент (Орел);
В. А. Смелик, доктор технических наук, профессор (Санкт-Петербург);
А. А. Соловьев, ответственный секретарь, доктор исторических наук, профессор (Иваново);
Н. П. Сударев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Тверь);
А. Л. Тарасов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Иваново)
В. Е. Ториков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Брянск);
В. Г. Турков, доктор ветеринарных наук, профессор (Иваново);
Е. А. Фирсова, доктор экономических наук, профессор (Тверь).

Журнал зарегистрирован федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-49989 от 23 мая 2012 г.

Журнал «Аграрный вестник Верхневолжья» включен ВАК РФ в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (в редакции от 01.01.2019), по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

05.00.00 Технические науки:
05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);

06.00.00 Сельскохозяйственные науки:
06.01.01 – Общее земледелие растениеводство (сельскохозяйственные науки);
06.01.04 – Агрохимия (сельскохозяйственные науки);

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния:
06.02.01 – Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные науки);
06.02.07 – Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки);
06.02.10 – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки)

© ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА © Аграрный вестник Верхневолжья

AGRARIAN JOURNAL OF UPPER VOLGA REGION

2020. № 4 (33)

Constitutor and Publisher: Ivanovo State Agricultural Academy

Editorial Staff:

D.A. Ryabov, Editor-in-chief, Prof., Cand of Sc., Agriculture (Ivanovo);
N.A. Balakirev, Academician of the Russian Academy of Sciences, prof, Dr. of Sc., Agriculture (Moscow);
V.S. Buyarov, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Oryol);
A.V. Vasin, Professor, Doctor of Sc., Agriculture, (Samara);
M.S. Volkhonov, Professor, Doctor of Sc., Engineering (Kostroma);
L.V. Voronova, Prof., Cand of Sc., Economics (Yaroslavl);
I.L. Vorotnikov, Professor, Doctor of Sc., Economics (Saratov);
D.O. Dmitriev, Professor, Cand of Sc., Economics (Ivanovo);
A.A. Zavalin, Academician of Russian Academy of Sciences, prof, Dr. of Sc., Agriculture (Moscow);
L.I. Ilyin, Cand of Sc., Economics (Suzdal, Vladimirskaya region)
A.Sh. Irgashev, Prof., Dr. of Sc., Veterinary medicine (Bishkek, Kyrgyzstan);
V.A. Isaitchev, Professor, Doctor of Sc., Agriculture, Academician of Russian Academy of Natural Sciences (Ulyanovsk);
A.V. Kolesnikov, Prof., Dr. of Sc., Economics (Belgorod)
V. V. Komissarov, Prof., Dr. of Sc., History, Executive Secretary (Ivanovo);
G. N. Kornev, Prof., Dr. of Sc., Economics (Ivanovo);
E.N. Kryuchkova, Prof, Dr. of Sc., Veterinary medicine (Ivanovo);
N.V. Mukhanov, Assoc. Prof., Cand of Sc., Engineering (Ivanovo);
D.K. Nekrasov, Prof., Dr. of Sc., Agriculture (Ivanovo);
R.Z. Nurgaziev, Corresponding member of Kyrgyz National Academy of Science, Prof., Dr. of Sc., Veterinary medicine (Bishkek, Kyrgyzstan);
I.Ya. Pigorev, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Kursk);
V.A. Ponomarev, Prof., Dr. of Sc., Biology (Ivanovo);
V.V. Pronin, Prof, Dr. of Sc., Biology (Ivanovo);
S.A. Rodimtsev, Assoc. prof., Doctor of Sc., Engineering (Oryol);
V.A. Smelik, Prof., Dr of Sc., Engineering (Saint-Petersburg)
A.A. Solovyev, Prof., Cand. of Sc., History, Executive Secretary (Ivanovo);
N.P. Sudarev, Prof., Dr. of Sc., Agriculture (Tver);
A.L.Tarasov, Assoc. Prof., Cand. Of Sc., Agriculture (Ivanovo);
V.E. Torikov, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Bryansk);
V.G. Turkov, Prof, Dr. of Sc., Veterinary medicine (Ivanovo);
E.A. Firsova, Professor, Doctor of Sc., Economics (Tver).

Technical Editor: M.S. Sokolova.
Corrector: N.F. Skokan.
Translator: A.I. Kolesnikova.
Format 60x84 1/8 Circulation: 250 Order № 2584

Certificate of media outlet registration PI № FS77-49989 of 23 May, 2012

"Agrarian journal of the Upper Volga Region" is peer-reviewed and recommended by the Supreme Attestation Commission of the Russian Federation to publish main results of Doctors and Candidates of Sciences dissertations (issued on 01.01.2019) in the following disciplines and their respective fields of science:

05.00.00 Technical sciences:

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences);
05.20.03 - Technologies and means of technical maintenance in agriculture (technical sciences);

06.00.00 Agricultural sciences:

06.01.01 - General agriculture crop (agricultural sciences);
06.01.04 - Agrochemistry (agricultural sciences);

06.02.00 Veterinary and Zootechny:

06.02.01 - Diagnostics of diseases and animal therapy, pathology, oncology and animal morphology (veterinary sciences);
06.02.07 - Breeding, breeding and genetics of farm animals (agricultural sciences);
06.02.07 - Private animal husbandry, technology of production of livestock products (agricultural sciences)

СОДЕРЖАНИЕ

Агрономия

Мельцаев И.Г., Лощинина А.Э. Продуктивность пашни и агрофитоценозов по технологиям обработки почвы 5

Косолапова Т. В., Тулинов А. Г. Хозяйственно-биологическая и адаптивная оценка перспективных образцов двукисточника тростникового в условиях севера 11

Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Курбанова З.К. Испытания новых средств защиты растений льна 17

Любимская И.Г., Куклина Н.М. Изучение влияния протравителя селест топ на устойчивость отечественных сортов картофеля к болезням и вредителям 24

Ториков В.Е., Анищенко Л.Н., Поцепай С.Н., Капошко Н.А., Семышев М.В., Андронова Н.В. Биохимическое качество луговых лекарственных видов в условиях интенсивного природопользования среднего подесенья 28

Уткин А. А. Воздействие гуминового препарата на инактивацию никеля в почве и донных отложениях 40

Ветеринария и зоотехния

Кичеева Т. Г. Определение стресс-устойчивости сельскохозяйственной птицы 47

Абрамова Н. И., Хромова О. Л., Головкина О. О. Влияние быков разных стран мира на продуктивное долголетие коров ярославской породы 50

Абалихин Б.Г., Крючкова Е.Н., Соколов Е.А. Случаи спарганоза у диких животных на территории Ивановской области 57

Юдина А.Г., Чаргеишвили С.В., Воронина Е.А., Абылкасымов Д., Сударев Н.П., Бугров П.С. Сравнительная оценка показателей селекционных признаков коров голштинизированной ярославской породы 61

Исаенков Е. А., Дюмин М. С., Пронин В. В. Динамика и закономерности морфометрических изменений крестцового отдела скелета у овец в пренатальном онтогенезе 69

Инженерные агропромышленные науки

Николаев В.А., Кряклина И.В., Шешунова Е.В. Контактная сушка зерна в зерноуборочном комбайне 73

Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Определение необходимого воздухообмена каждой секции технологического модуля для содержания и выращивания кроликов 78

Кувшинов В.В., Муханов Н.В., Телегин И.А., Марченко С.А. Поведение системы «канал матрицы – спрессованные монолиты» в процессе их нагрева 85

Социально-экономические и гуманитарные науки

Муратова Г.С., Ярош О.Б. Влияние цены на потребительскую лояльность в разных каналах распределения 91

Жаворонкова З.А., Митина Э.А. Оценка асимметричности информации при принятии решений о покупке готовой продовольственной продукции через интернет 101

Соловьев А. А. Охотничьи организации Иваново-Вознесенской губернии и Ивановской промышленной области в 1920-1930 е гг.: история становления и развития 111

Гусева М. А., Карасева О. С., Шаленкова Н.В. Значение лекционного курса «Физическая культура и спорт» для подготовки специалистов АПК (на примере ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА) 121

Аннотации 126

Список авторов 135

Содержание журнала за 2020 год 141

CONTENTS

AGRONOMY

Meltsaev I.G., Loshchinina A.E. PRODUCTIVITY OF ARABLE LAND AND AGROPHYTOCENOSES ACCORDING TO SOIL TREATMENT TECHNOLOGIES..... 5

Kosolapova T. V., Tulinov A. G. ECONOMIC-BIOLOGICAL AND ADAPTIVE ASSESSMENT OF PERSPECTIVE SAMPLES OF A REED CANARY GRASS IN THE CONDITIONS OF THE NORTH..... 11

Kudryavtsev N.A., Zaitseva L.A., Kurbanova Z.K. TESTING OF NEW FLAX PLANT PROTECTION PRODUCTS..... 17

Lyubimskaya I.G., Kuklina N.M. STUDYING THE EFFECT OF THE PROTECTANT CELEST TOP ON RESISTANCE OF DOMESTIC POTATO KINDS TO PATHOLOGY AND PESTS..... 24

Torikov V.E., Anishchenko L.N., Potsepai S.N., Kaposhko N.A., Semyshev M.V., Andronova N.V. BIOCHEMICAL QUALITY OF MEADOW HERBS IN THE CONDITIONS OF INTENSIVE NATURE MANAGEMENT OF THE MIDDLE PODESENIE..... 28

Utkin A.A. INFLUENCE OF HUMIC PREPARATION ON INACTIVATION OF NICKEL IN SOIL AND SEDIMENTS..... 40

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNY

Kicheeva T.G. DETERMINATION OF POULTRY'S STRESS RESISTANCE..... 47

Abramova N.I., Khromova O.L., Golovkina O.O. INFLUENCE OF BULLS FROM DIFFERENT COUNTRIES ON THE PRODUCTIVE LONGEVITY OF YAROSLAVL BREED COWS..... 50

Abalikhin B.G., Kryuchkova E.N. , Sokolov E.A. CASES OF SPARGANOSIS IN WILD ANIMALS IN IVANOVO OBLAST..... 57

Yudina A. G., Chargeishvili S. V., Voronina E. A., Abylkasymov D., Sudarev N. P., Bugrov P. S. COMPARATIVE EVALUATION OF INDICATORS OF BREEDING CHARACTERISTICS OF HOLSHTINIZED YAROSLAVL BREED COWS..... 61

Isaenkov E. A., Dyumin M. S., Pronin V. V. DYNAMICS AND REGULARITIES OF MORPHOMETRIC CHANGES SACRAL SECTION OF THE SKELETON IN SHEEP IN PRENATAL ONTOGENESIS..... 69

ENGINEERING AGROINDUSTRIAL SCIENCE

Nikolaev V.A., Kryaklina I.V., Sheshunova E.V. CONTACT GRAIN DRYING IN A COMBINE HARVESTER..... 73

Plaksin I.E., Trifanov A.V. DETERMINING THE REQUIRED AIR EXCHANGE IN EACH SECTION OF THE TECHNOLOGICAL MODULE FOR HOUSING AND GROWING OF RABBITS..... 78

Kuvshinov V.V., Mukhanov N.V., Telegin I.A., Marchenko S.A. BEHAVIOR OF THE "MATRIX CHANNEL - PRESSED MONOLITHS" SYSTEM DURING THEIR HEATING..... 85

SOCIO-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES

Muratova G. S., Yarosh O. B. PRICE INFLUENCE ON CONSUMER LOYALTY IN DIFFERENT DISTRIBUTION CHANNELS..... 91

Zhavoronkova Z. A., Mitina E. A. INFORMATION ASYMMETRICITY ASSESSMENT WHEN MAKING DECISIONS ON PURCHASE OF FINISHED FOOD PRODUCTS THROUGH THE INTERNET..... 101

Soloviev A.A. HUNTING ORGANIZATIONS OF IVANOVO-VOZNESENSKAYA PROVINCE AND IVANOVO INDUSTRIAL REGION IN THE 1920-1930 YEARS: THE HISTORY OF FORMATION AND DEVELOPMENT..... 111

Guseva M.A., Karaseva O.S., Shalenkova N.V. THE IMPORTANCE OF LECTURE COURSE «PHYSICAL EDUCATION AND SPORT» FOR THE TRAINING OF AIC SPECIALISTS (ON THE EXAMPLE OF FSBEI HE IVANOVO STATE AGRICULTURAL ACADEMY)..... 121

Summaries..... 126

List of authors..... 135

CONTENTS OF THE JOURNAL FOR 2020..... 141

DOI 10.35523/2307-5872-2020-33-4-5-10
УДК 631,51: 631,82

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАШНИ И АГРОФИТОЦЕНОЗОВ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Мельцаев И.Г., Ивановская НИИСХ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»;
Лощинина А.Э., ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА

В статье сделан анализ результатов трехлетних исследований (2014-2016 гг.). Опыт проводился на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и изучались четыре технологии обработки: отвальная, плоскорезная, комбинированная и мелкая, по фону внесения минеральных удобрений N-240, PK-180 кг/га и без их применения. Исследования проводились в полевом севообороте: пар чистый, озимая пшеница, овес с подсевом клевера, клевер, озимая рожь, картофель, ячмень. Изучалось влияние обработки на урожайность и плодородие почвы. Расчетами установлено, что внесение 40 т/га подстилочного навоза и заделка растительных остатков за ротацию без внесения минеральных удобрений не обеспечивает положительного баланса минеральных веществ. Дефицит фосфора составлял 129,5-144,5 кг/га за ротацию севооборота, кальция – 2,4-9,9 кг/га и магния – 86,4-92,6 кг/га. Следует отметить, что при внесении навоза и заделке растительных остатков по фону минеральных удобрений получили прирост гумуса 1,234 и 1,323 т/га. Водно-физические и биологические свойства почвы по технологиям обработки различались несущественно. Продуктивность культур по системам обработки почвы на вариантах с внесением и без минеральных удобрений различалась мало. Так, урожайность озимой пшеницы без внесения NPK составляла в среднем по обработкам почвы 2,85 т/га, озимой ржи – 2,64 т/га, по минеральному фону получили 3,78 и 3,53 т/га. Продуктивность овса и ячменя при внесении минеральных туков 2,97 и 2,75 т/га, без них – 2,23 и 2,00 т/га. Аналогичная закономерность выявлена при выращивании клевера и картофеля.

Ключевые слова: *обработка почвы, минеральные удобрения, навоз, гумус, агрофизика, агрохимия и биология почвы, урожайность.*

Для цитирования: *Мельцаев И.Г., Лощинина А.Э. Продуктивность пашни и агрофитоценозов по технологиям обработки почвы // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 4 (33). С.5-10.*

Введение. За последние три десятилетия, в связи с ликвидацией крупных сельхозпредприятий, резко снизилось поголовье крупного рогатого скота – основного производителя органического удобрения, в связи с этим сократилось количество вносимого навоза и его производных. Если в конце 1980-х и начале 1990-х годов доза вносимого органического удобрения составляла 7-8 т/га, в настоящее время вносится не более 1 т/га, в Ивановской области – 1,0-1,5 т/га. На фоне финансовых затруднений и высокой стоимости минеральных удобрений доза их внесения уменьшилась до 20-25 кг/га. В лучшие годы вносили 100-120 кг/га, а в Ивановской области – 150-160 кг/га. За последние годы хозяйства вносят не более 18,6 кг/га, отрицательный баланс минеральных удобрений в почве превышает 150 кг/га.

Вынос минеральных питательных веществ покрывается только на 24 % с учетом органических удобрений, ежегодное отрицательное сальдо баланса азота составляет примерно 42 кг/га, фосфора – 12,5 кг, калия – 51 кг/га. В течение последних двух десятилетий почвы недополучили 700 кг азота, 205 кг фосфора и 200 кг калия [1, с. 771-775].

Для того, чтобы улучшить положение с питанием выращиваемых растений, необходимо в

полной мере использовать их остаточное органическое вещество (в виде ПКО), особенно бобовых культур, которые после себя оставляют азот, связанный в белковых веществах.

По поводу обеспечения почвы органическим веществом Д. Н. Прянишников писал: «Многолетние травы и сидераты являются серьезным резервом комплексного и эффективного плодородия почв, особенно для обогащения ее органическим веществом. Там, где навоза по той или иной причине нет, бобовые травы в сочетании с минеральными удобрениями должны стать мощным средством поднятия урожаев и улучшения плодородия за счет корневых и растительных остатков» [2, с. 54]. Этого же мнения придерживался П.А. Костычев: «Только многолетние бобовые травы дают нам средство поддерживать плодородие почвы на известном уровне, позволяющее достигнуть большого постоянства урожаев» [3, с. 41].

Цель исследований – изучить влияние различных систем обработки почвы в комплексе с применением минеральных удобрений на агрофизические и биологические свойства почвы и урожайность культур севооборота.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2014-2016 годах в стационарном полевом севообороте, заложенным кафедрой земледелия Ивановской ГСХА со следующим чередованием культур: 1. Пар чистый (черный). 2. Озимая пшеница. 3. Овёс с подсевом клевера лугового. 4. Клевер луговой. 5. Озимая рожь. 6. Картофель. 7. Ячмень.

Почва дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая на средних суглинках подстилаемых мореной, типичная для большинства хозяйств Ивановской области. Мощность пахотного слоя 20 – 22 см.

Основные агрохимические показатели пахотного слоя: гумус – 2,10 %, $pH_{сол.}$ – 5,7, сумма поглощенных оснований 17 мг-экв./100 г почвы, подвижных форм фосфора 200 мг, обменного калия – 185 мг/кг почвы.

Плотность, влажность, макроагрегатный состав, порозность почвы, водопрочную структуру, разложение льняного полотна, продуцирование CO_2 определяли по общепринятым методикам [4, с. 18-41]. Количество пожнивно-корневых остатков по Н.З. Станкову [5, с. 26], численность дождевых червей методом почвенных раскопок.

В севообороте изучались четыре ежегодные системы обработки почвы: отвальная – общепринятая для Верхневолжья (контроль), плоскорезная (ресурсосберегающая), комбинированная (отвально-плоскорезня) и мелкая (ресурсосберегающая).

В опыте использовался метод расщепленных делянок и изучались: системы обработки почвы – фактор А, удобрения – фактор В. Под озимую пшеницу и рожь вносили – $N_{30}P_{30}K_{30}$ как основное и N_{30} в подкормку, под ячмень и овес – $N_{30}P_{30}K_{30}$, под картофель – $N_{60}P_{60}K_{60}$ перед посадкой, на клевере проводили подкормку весной – N_{30} с последующим боронованием. Навоз 40 т/га вносили в паровое поле один раз за ротацию севооборота.

Результаты и их обсуждение. Кроме гранулометрического состава, уровень гумификации определяется также плотностью сложения почв. Оптимальные параметры плотности почвы для микробиологической деятельности и процессов формирования гумуса составляют 1,25-1,35 г/см^3. При такой плотности в почвенном слое достаточно влаги, кислорода и более благоприятный температурный режим. С увеличением или уменьшением ее коэффициент гумификации снижается [6, с. 87].

Важным показателем плодородия почвы считается наличие в ней лабильных форм гумуса, которые обеспечивают культивируемые растения питательными веществами. Они, как известно, формируются из свежего органического вещества, в том числе из растительных остатков. Снижение лабильных форм гумуса ведет к ослаблению биологической активности почв, что не способствует росту урожаев. Растительные остатки распределяются в почвенном горизонте более равномерно, чем внесенное органическое удобрение, создавая при этом удобренный гомогенный слой. Н.Ф. Ганжара [и др] [7, с. 53-54] утверждают, что наиболее активно подвергаются минерализации послеуборочные растительные остатки, органические удобрения и продукты их разложения. Поэтому стратегия распределения органического удобрения в почвах с благоприятным гранулометрическим составом должна основываться не на регулировании содержания гумуса, а на обеспечении почв лабильным органическим веществом.

Расчет баланса гумуса и питательных веществ показывает, что внесение подстилочного навоза

40 т/га и минеральных удобрений (азота 240, фосфора и калия 180 кг/га) способствовало формированию гумуса: по отвальной вспашке – 1,319 т/га, плоскорезному рыхлению – 1,323, комбинированной обработке – 1,326, по мелкой – 1,234 т/га. В то же время на вариантах без внесения NPK по отвальной, плоскорезной и комбинированной обработке гумуса было сформировано в среднем 0,883 т/га, на мелкой – 0,856 т/га (табл. 1). Следует отметить также, что при внесении минеральных туков отмечается положительный баланс азота и калия, который варьирует по азоту от 179,9 кг/га по мелкой обработке до 236,7 – отвальной вспашке, по калию соответственно от 163,5 до 293,4 кг/га. Но выявлен дефицит фосфора, который составляет 30,8 и 58,6 кг/га.

Таблица 1 – Баланс гумуса и элементов минерального питания растений в 7-польном полевом севообороте (2014-2016 гг.)

Элементы питания	Единица измерения	Система обработки почвы							
		отвальная		плоскорезная		комбинированная		мелкая	
		без У	NPK	без У	NPK	без У	NPK	без У	NPK
Поступление гумуса и питательных веществ из навоза и растительного опада									
Гумус	т/га	5,891	6,596	5,908	6,582	5,810	6,628	5,721	6,168
N	кг/га	571,3	643,8	569,6	642,5	561,4	611,5	547,0	595,7
P	кг/га	279,4	298,2	275,4	298,8	272,7	297,8	268,2	295,1
K	кг/га	562,5	627,5	560,9	619,6	551,0	570,0	541,2	601,5
Ca	кг/га	239,6	237,3	235,3	237,1	237,0	237,3	235,1	236,6
Mg	кг/га	61,3	63,3	61,0	61,1	61,1	61,3	60,8	62,5
Поступление NPK из минеральных удобрений, кг/га д.в.									
N	кг/га	-	240	-	240	-	240	-	240
P	кг/га	-	180	-	180	-	180	-	180
K	кг/га	-	180	-	180	-	180	-	180
Содержание питательных веществ с учетом поступления с минеральными удобрениями									
N	кг/га	571,3	883,8	569,6	882,5	561,4	851,5	547,0	835,7
P	кг/га	279,4	478,2	275,4	478,8	272,7	477,8	268,2	475,1
K	кг/га	459,5	807,5	560,9	799,6	551,0	750,0	541,2	781,5
Ca	кг/га	239,6	237,3	235,3	237,1	237,0	237,3	235,1	236,6
Mg	кг/га	61,3	63,3	61,0	61,1	61,1	61,3	60,8	62,5
Вынос питательных веществ с урожаем (с учетом побочной продукции)									
Гумус	т/га	5,007	5,277	5,020	5,266	4,939	5,302	4,863	4,934
N	кг/га	536,9	647,1	541,9	692,8	539,2	687,9	513,5	655,8
P	кг/га	414.0	529,9	419,9	537,4	416,4	530,2	397,7	505,9
K	кг/га	514,1	649,3	520,3	656,9	517,0	650,9	488,6	618,0
Ca	кг/га	247,9	313,2	245,2	313,8	245,9	313,3	237,5	299,8
Mg	кг/га	153,9	194,3	153,3	177,3	153,3	194,4	147,2	185,8
Баланс гумуса и питательных веществ									
Гумус	т/га	0,884	1,319	0,888	1,323	0,872	1,326	0,856	1,234
N	кг/га	34,4	236,7	27,7	189,7	22,2	163,6	33,5	179,9
P	кг/га	-134,5	- 51,7	-144,5	-58,6	-143,7	- 52,4	-129,5	- 30,8
K	кг/га	48,4	293,4	40,9	142,7	34,0	99,1	52,6	163,5
Ca	кг/га	- 8,3	- 75,9	- 9,9	- 76,7	- 8,9	- 76,0	-2,4	- 63,2
Mg	кг/га	- 92,6	-131,0	- 92,3	- 116	-92,2	- 133,1	- 86,4	-123,3

Поэтому для воспроизводства израсходованного гумуса на формирование урожая необходимо дополнительно вносить 100-120 кг/га фосфорных удобрений. Большой дефицит фосфора выявлен на вариантах без внесения NPK, который варьирует от 129,5 до 144,5 кг/га. Здесь отмечается минимальное количество остаточного азота и калия. Исходя из полученных результатов, можно констатировать, что на этих вариантах не может быть речи о повышении содержания гумуса. Кроме дефицита NPK, отмечается также большой недостаток кальция и магния, особенно на удобренных вариантах. Дефицит их тесно связан с урожайностью культур – чем выше продуктивность, тем больше вынос питательных веществ.

П.А. Костычев утверждал, что «комковатое строение верхнего слоя пашни наиболее благоприятно для сохранения в почве влаги и для усиления плодородия вообще. Структурная почва хорошо «собирает» влагу и бережно хранит, затрудняя ее бесполезный уход в атмосферу» [3, с. 29]. Кроме того, мелкокомковатая почва лучше поддается обработке при большем интервале влажности. Тем самым меньше нужно тягового усилия, а значит, и затрат горюче-смазочных материалов по сравнении с бесструктурной, что важно не только с экономических позиций, но и экологических – меньше загрязняется окружающая среда.

В наших исследованиях водопрочная структура по обработкам почвы различались несущественно: по плоскорезной и комбинированной она составила 40,7 %, по мелкой и отвальной – 39,2 и 41,5 % (табл. 2). Из анализа результатов видно, что в этом отношении лучше себя показала отвальная вспашка, хуже – мелкая обработка.

Таблица 2 – Агрофизические и биологические свойства почвы по технологиям обработки почвы (2014-2016 гг.)

Показатели	Единица измерения	Слой почвы, см	Система обработки почвы			
			отвальная	плоскорезная	комбинированная	мелкая
Плотность	г/см^3	10-20	1,45	1,45	1,45	1,45
		0-20	1,38	1,37	1,37	1,37
Водопрочная структура	%	0-20	41,5	40,6	40,8	39,2
Макро- структура	%	0-20	65,5	65,0	65,1	63,3
Коэффициент структурности		0-20	2,26	1,86	1,88	1,73
Общая пористость	%	0-20	43,9	43,9	43,2	41,3
Пористость капиллярная	%	0-20	29,1	28,9	28,5	27,1
Запас продуктивной влаги	мм	0-20	28,8	30,6	28,6	30,2
Численность дождевых червей	экз./м^2	0-20	42	43	39	42
Количество микроорганизмов ОМЧ	млн/г (МПА)	0-20	14,3	13,5	12,5	12,6
Наличие грибов	тыс. КОЕ/ 1г	0-20	7,2	5,6	5,8	5,5
Разложение льняной ткани	%	10-20	17,2	16,2	16,5	14,4
		0-20	21,4	21,2	21,2	20,6
Продуцирование CO_2	мг CO_2/ м^2 ч	0-20	54,9	53,4	53,9	52,5

С водопрочной структурой тесно связаны плотность и общая пористость почвы. Из результатов исследований видно, что в целом плотность почвы мало различается по вариантам обработок. Наиболее уплотненным на всех вариантах оказался слой 10-20 см, где плотность была на уровне 1,45 г/см^3, в горизонте 0-20 см плотность варьировала в пределах 1,37-1,38 г/см^3.

При анализе плотности по отдельным культурам видно, что наблюдается заметная ее вариация. Наибольшее уплотнение почвы отмечено под клевером и озимыми хлебами. Под клевером в слое 10-20 см плотность составила 1,50, в слое 0-20 см – 1,47 г/см^3, под озимыми культурами соответственно была 1,46 и 1,41 г/см^3. Такая высокая плотность под этими культурами объясняется долгим отсутствием обработки почвы – 1,0-1,5 года. Под яровыми зерновыми плотность сложения почвы варьировала от 1,43 в слое 10-20 см до 1,35 г/см^3 в горизонте 0-20 см.

Что касается содержания макроструктуры и общей пористости, как и следовало ожидать, здесь также больших различий не установлено. Так, макроструктура по вариантам отвальной, плоскорезной и комбинированной обработкам составила в среднем 65,2 %, по мелкой – 63,3 %. Это ниже на 1,9 %. Коэффициент структурности наиболее высоким (2,26) был по отвальной обработке и минимальный (1,73) по мелкой. Общая пористость по отвальной и плоскорезной обработкам составляла 43,9 %, по комбинированной и мелкой – 43,2 и 41,3 %. В связи с этим пористость капиллярная по технологиям составила: по отвальной 29,1, плоскорезной – 28,9, комбинированной – 28,5 и мелкой – 27,1 %.

Примерно схожее положение сложилось по запасу продуктивной влаги в почве. По мелкой и плоскорезной обработкам запас влаги в почве составлял 30,4 мм, по комбинированной и отвальной – 28,6 и 28,8 мм. Ее наличие в почве в основном определялось количеством выпавших осадков, однако по ресурсосберегающим обработкам запасы продуктивной влаги были несколько выше.Количество дождевых червей больше всего выявлено при рыхлении почвы плоскорезом – 43 экз./м^2, по отвальной вспашке и мелкой обработке – 42, комбинированной – 39 особей на 1 м^2. Численность микроорганизмов и грибов по отвальной обработке составила 14,3 млн/га и 7,2 тыс. КОЕ/1г. По плоскорезной обработке микроорганизмов было 13,5 и 5,6 соответственно. На остальных двух вариантах количество микроорганизмов было примерно одинаковым, а грибов несколько больше по комбинированной обработке – 5,8.

Льняная ткань меньше всего разлагалась по мелкой обработке в слое 10-20 см – 14,4 %, по плоскорезной и комбинированной обработкам в этом слое трансформация ткани была около 16,3 %, а по отвальной – 17,2 %. В целом в пахотном слое разложение полотна оказалось практически одинаковым по всем системам обработки почвы. Разложение льняной ткани происходит при активном участии микрофауны, использующей для своей жизнедеятельности кислород, а освободившийся углекислый газ «выбрасывается» в почвенный воздух. Это объясняет высокое продуцирование CO_2 на вариантах с интенсивным разложением льняного полотна. Наибольшее продуцирование CO_2 установлено по отвальной обработке – 54,9 мг CO_2 /м^2 ч, по мелкой обработке – 52,5, по плоскорезной и комбинированной – 53,4 и 53,9 мг CO_2/м^{2}ч.

Урожайность культур во многом определяется наличием в пахотном слое питательных веществ и метеоусловиями вегетационного периода. Для выращивания культур севооборота требуется как минимум 1500^{0}С активных температур, при этом ГТК должен быть на уровне 1,3-1,4, только при таких условиях можно ожидать высокие урожаи.

В наших исследованиях продуктивность культур по системам обработки почвы на вариантах с внесением и без внесения минеральных удобрений различалась несущественно (табл. 3). Так, урожайность озимой пшеницы без внесения NPK составляла в среднем по обработкам почвы 2,85 т/га, озимой ржи – 2,64 т/га, по минеральному фону – 3,75 и 3,53 т/га. Повышение урожайности от удобрений на пшенице составило 0,90 т/га, на ржи – 0,89 т/га. По клеверу средняя величина урожая без удобрений была 3,71 т/га, с удобрениями – 4,60 т/га, прирост при этом составил 0,89 т/га. При возделывании овса и ячменя средняя продуктивность при внесении минеральных туков была 2,97 и 2,75 т/га, без их применения – 2,23 и 2,00 т/га соответственно. Прибавку по овсу получили 0,74, ячменю – 0,75. Примерно такая же ситуация

при выращивании картофеля. В вариантах без внесения NPK урожай составил 20,4 т/га, с использованием NPK – 23,2 т/га. Разница между удобренными и неудобренными участками составила 2,8 т/га. Как было ранее сказано, на вариантах без внесения минеральных удобрений проявляется большой дефицит в фосфорном питании, что отрицательно сказалось на формировании органической массы культивируемых растений.

Таблица 3 – Урожайность культур в полевом севообороте по разным системам обработки почвы, т/га (2014-2016 гг.)

Система обработки почвы	Удобрения	Культура севооборота					
		озимая пшеница	овес + клевер	клевер (сено)	озимая рожь	картофель	ячмень
Отвальная (контроль)	без У	2,84	2,25	3,79	2,63	20,7	2,01
	NPK	3,80	3,03	4,66	3,53	23,5	2,76
Плоскорезная	без У	2,94	2,22	3,70	2,72	21,1	1,99
	NPK	3,88	2,94	4,62	3,67	24,0	2,72
Комбинированная	без У	2,85	2,28	3,73	2,65	21,0	2,00
	NPK	3,72	3,03	4,67	3,52	23,8	2,80
Мелкая	без У	2,77	2,19	3,62	2,57	18,7	1,98
	NPK	3,60	2,88	4,45	3,40	21,4	2,72
В среднем	без У	2,85	2,23	3,71	2,64	20,4	2,00
	NPK	3,75	2,97	4,60	3,53	23,2	2,75
$НСР_{05}$		0,14	0,21	0,30	0,18	2,3	0,16

Выводы. Внесение органических удобрений в дозе 40 т/га один раз за ротацию севооборота и запашка растительных остатков в количестве 27,95 т/га без минеральных удобрений, не обеспечивает восполнение в почве гумусового вещества.

Без внесения минеральных удобрений отмечается отрицательный баланс питательных веществ, особенно фосфора, кальция и магния. При использовании NPK – в малой степени фосфора, и в больших количествах кальция и магния.

Для уменьшения дефицита кальция и магния необходимо проводить известкование почвы, чтобы не повышалась кислотность почвенного раствора и обеспечивалось получение высоких и устойчивых урожаев.

Список используемой литературы

1. Кудеяров В.Н. Оценка питательной деградации пахотных почв России // Вестник РАН. 2015. Т. 85. № 9. С. 771-775.

2. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. М.: Изд-во Академия наук, 1955.

3. Костычев Н.А. Почвоведение. М.: «Сельхозиздат», 1940.

4. Доспехов Б. А. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. С. 18-41.

5. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. М.: Колос, 1964.

6. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1963.

7. Ганжара Н.Ф. [и др.]. Легкоразлагаемое органическое вещество и эффективное плодородие // Земледелие. № 5. 1995. С. 53-54.

References

1. Kudeyarov V.N. Otsenka pitatelnoy degradatsii pakhotnykh pochv Rossii // Vestnik RAN. 2015, T. 85. № 9. S. 771-775.

2. Pryanishnikov D.N. Izbrannye sochineniya. M.: Izd-vo Akademiya nauk. 1955.

3. Kostychev N.A. Pochvovedenie. M.: «Selkhozizdat», 1940.

4. Dospekhov B. A. Praktikum po zemledeliyu. M.: Agropromizdat, 1987. S. 18-41.

5. Stankov N.Z. Kornevaya sistema polevykh kultur. M.: Kolos, 1964.

6. Kononova M.M. Organicheskoe veshchestvo pochvy. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963.

7. Ganzhara N.F. [i dr.]. Legkorazlagaemoe organicheskoe veshchestvo i effektivnoe plodorodie // Zemledelie. № 5. 1995. S. 53-54.

DOI 10.35523/2307-5872-2020-33-4-11-16
УДК 633.321

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ И АДАПТИВНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ДВУКИСТОЧНИКА ТРОСТНИКОВОГО В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Косолапова Т. В., Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН;
Тулинов А. Г., Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

В коллекционном и селекционном питомниках Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Республика Коми, г. Сыктывкар) в период с 2006 по 2019 года по биологическим, хозяйственным признакам и параметрам адаптивности в сравнении с районированным сортом Первенец (стандарт) изучали перспективные популяции двукисточника тростникового (Phalaroides arundinacea L.): Канадская (СН-62), Карельская (СН-186) и три местные формы из Республики Коми (СН-31, СН-73, СН-115). Почва опытного участка дерново-подзолистая с содержанием гумуса до 4 %. В вегетационный период в годы проведения исследований сложились различные метеорологические условия, которые отражали неустойчивый характер выпадения и распределения осадков. Было установлено, что по фенологическим фазам роста и развития Канадская (СН-62) и Карельская (СН-186) популяции отставали от стандарта на 3-4 дня. Продолжительность периодов от начала весеннего отрастания до цветения составила 51-65 дней, до созревания – 68-87 дней. По высоте растений образец из Республики Коми (СН-73) превышал стандарт. По показателю облиственности (более 39 %) выделился Карельский образец (СН-186). По урожайности зеленой массы образцы между собой различались незначительно, наиболее высокой она была у СН-73 – 3,6 кг/м^2. По продуктивности семян СН-73 и СН-115 превысили стандарт соответственно на 20 и 44 %. По содержанию сырого протеина все селекционные номера превосходили стандартный сорт Первенец. По результатам многолетних исследований параметров адаптивности, проведенных в коллекционном питомнике в 2006-2019 годах, рекомендуется использовать в последующей селекционной работе сортообразец СН-31, характеризующийся повышенной продуктивностью семян, с целью развития дальнейшего семеноводства, и обладающий устойчивостью к экстремальным факторам среды северных регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: *двукисточник тростниковый (Phalaroides arundinacea L.), селекция, урожайность, зеленая масса, семенная продуктивность, параметры адаптивности.*

Для цитирования: *Косолапова Т. В., Тулинов А. Г. Хозяйственно-биологическая и адаптивная оценка перспективных образцов двукисточника тростникового в условиях Севера // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 4 (33). С. 11-16.*

Введение. Одной из основных задач, связанной с увеличением производства кормовой базы, является внедрение в сельскохозяйственное производство высокоурожайных культур. К ценным злаковым кормовым травам такого типа можно отнести двукисточник тростниковый (*Phalaroides arundinacea* L.), который возделывают в различных климатических зонах и экологических условиях не только России, но и зарубежья [1-4]. Исследования, проведенные в данных зонах, позволяют сделать вывод о перспективности двукисточника как культуры, способной давать высокую урожайность на любых почвах: минеральных, различающихся по кислотности и механическому составу, и торфяных окультуренных участках. Особенно данную злаковую культуру рекомендуют на переувлажненных участках, на которых выращивание традиционно используемых кормовых трав либо невозможно, либо может привести к значительному снижению продуктивности [5-8]. В то же время, благодаря мощно развитой корне-

вой системе двукисточник превосходит другие кормовые злаки по параметру засухоустойчивости [9, 10]. Двукисточник тростниковый как кормовая культура характеризуется высокими параметрами: зимостойкость, урожайность вегетативной массы, темп отрастания, достижение укосной спелости, продуктивное долголетие и др. [11, 12]. Данную культуру возделывают в чистом виде и в кормовом конвейере для получения зеленого корма, заготовки сена и сенажа, закладки силоса [13].

Новизна работы заключается в изучении исходного материала образцов двукисточника тростникового для создания высокоурожайного сорта, адаптированного к экстремальным, не всегда благоприятным погодно-климатическим условиям Севера: неравномерное распределение осадков и неустойчивая температура воздуха в период вегетации растений.

Цель исследований – изучить морфобиологические особенности роста и развития селекционных линий двукисточника тростникового, его важнейшие хозяйственно-ценные признаки, провести оценку по параметрам адаптивности и экологической пластичности и выделить лучшие образцы для дальнейшей селекционной работы.

Условия, материалы и методы. Селекционная работа выполнена на экспериментальной базе Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по методике ВНИИ кормов [14, 15] методом многократного отбора при свободном переопылении популяций двукисточника. Параметры адаптивности и экологической пластичности сортообразцов определяли по методикам Eberhart S. A., Russel W. A. в изложениях Пакудина В. З. [16] и Зыкина В. А. и др. [17]. Показатель гомеостатичности вычисляли по Хангильдину В. В. и Бирюкову С. В. [18].

Экспериментальный участок, где проводились исследования, находится на территории Муниципального образования городского округа «Сыктывкар» (61°40′ с.ш., 50°49′ в.д.). В 2006 году был заложен коллекционный питомник, включающий 18 образцов из коллекции ВИР, состоящий из дикорастущих популяций и сортов географически отдаленных форм, в том числе – четыре из Республики Коми, а в качестве стандарта выбран районированный сорт двукисточника Первенец [19].

В результате трехлетних исследований по хозяйственно-ценным признакам выделены и отобраны следующие перспективные популяции двукисточника тростникового: Канадская (СН-62), Карельская (СН-186) и три местные формы из Республики Коми - СН-31, СН-73, СН-115. В 2010-2011 годах данные популяции изучали в селекционном питомнике по биологическим и хозяйственным признакам в сравнении с районированным сортом Первенец, который выбран в качестве стандарта.

Селекционный питомник посеян узкорядно, площадь делянки 2 м^2 в четырехкратной повторности. Норма высева 6,0 кг/га, посев беспокровный [20].

Почва опытного участка легкосуглинистая, кислая, с высоким содержанием подвижного фосфора, обменного калия и гумуса до 4 %. Качество кормов определено по известным методикам, согласно руководству по анализу кормов [21].

Статистическая обработка полученных в результате исследований данных проведена по общепринятым методикам [22] с использованием статистических программ Microsoft Office Excel 2007 (Пакет анализа данных) и STATVI-UA (Система статистического анализа, 1991) на персональном компьютере.

В годы проведения исследований сложились различные метеорологические условия. Вегетационный период в первый год исследований (2010 г.) оказался экстремальным как по накоплению тепла, так и по сумме осадков. За лето выпало осадков 86 % от среднего многолетнего показателя, среднесуточные температуры воздуха в летние месяцы на 2,2-5,0 °С выше средних многолетних. Экстремально жаркая и сухая погода отмечена в июле. В первой и второй декадах месяца дневная температура воздуха держалась на уровне 24-31 °С при практически отсутствующих осадках (ГТК = 1,4). На второй год изучения (2011 г.) общее количество осадков за летний период было ниже нормы на 35 %, среднесуточные температуры на 1,0-2,7 °С выше средних многолетних значений (ГТК = 1,2).

Результаты исследований и их обсуждение. По прохождению фенологических фаз развития селекционные номера отличались друг от друга слабо, на 3-4 дня отставали СН-62 (Канадская) и СН-186 (Карельская) популяции.

Продолжительность периодов от начала весеннего отрастания до цветения составила 51-65 дней, до созревания – 68-87 дней.

Морфологические и биологические признаки вегетативных побегов являются непосредственными элементами, слагающими продуктивность кормовых трав. Изучение образцов двукисточника тростникового в селекционных питомниках показало, что высота побегов в фазе начала колошения по годам варьировала от 99,0 до 123,3 см. Наименьшая высота растений за годы исследований отмечалась у образцов СН-186 и СН-115, которая была ниже стандарта на 8,0 и 8,5 см (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты оценки образцов двукисточника тростникового в селекционном питомнике, 2010-2011 гг.

Сорт, сортообразец	Высота растений, см	Облиственность, %	Урожайность зеленой массы, кг/м^2	Урожайность семян, г/м^2	Содержание сухого вещества, %		Содержание сырого протеина, %	
					фаза выхода в трубку	фаза колошения	фаза выхода в трубку	фаза колошения
с. Первенец, st.	117,7	32,9	3,4	16,8	21,2	29,8	15,1	8,6
СН-31	110,5	35,3	2,9	13,5	19,9	28,8	15,4	9,4
СН-62	111,1	34,9	3,0	19,9	19,6	28,0	15,7	9,6
СН-73	111,3	36,4	3,6	20,2	19,6	28,1	16,2	9,5
СН-115	109,7	35,2	3,3	24,2	20,7	28,9	15,7	9,3
СН-186	109,2	39,4	3,0	12,6	20,9	29,0	16,1	9,4

Представленные образцы по годам исследований различались по такому признаку, как облиственность растений. В среднем за два года с облиственностью более 39 % выделилась Карельская популяция. Облиственность 35-36 % отмечена у образцов двукисточника тростникового из Республики Коми и Канадской популяции, у стандарта – 33 %.

Двукисточник отличается быстрым накоплением кормовой массы в начальные фазы развития, что обусловлено его биологическими особенностями. Стандарт Первенец в среднем за два года сформировал урожайность зеленой массы в период колошения 3,4 кг/м^2. Низкую урожайность зеленой массы (2,8 кг/м^2) сформировал образец СН-31. У образцов СН-62 (Канадская), СН-186 (Карельская) и СН-73, СН-115 (Республика Коми) урожайность зеленой массы составила 3,0-3,6 кг/м^2.

Важным хозяйственно-ценным признаком в селекции сельскохозяйственных культур является семенная продуктивность, которая зависит от числа репродуктивных побегов в травостое, размеров соцветий, количества сформировавшихся семян в соцветии, массы 1000 семян, а также от погодно-климатических условий выращивания. В годы проведения исследований складывались благоприятные погодные условия для формирования семенной продуктивности. В первый год урожайность семян была низкой 2,2-3,7 г/м^2, что связано со слабым развитием растений в первый год пользования и небольшим содержанием репродуктивных побегов в травостое. По данным анализа элементов семенной продуктивности селекционные линии по длине соцветий различались слабо. Наибольшее число выполненных семян сформировал СН-115, на 11 штук больше стандарта. Высокий процент завязываемости 90-92 % оказался у СН-73, СН-115 и стандарта. По массе 1000 семян выделились образцы СН-31, СН-62 и СН-186 и их вес составил 1,1 г.

В сравнении с первым годом пользования во втором продуктивность соцветий увеличилась. Общее количество семян в соцветии сформировалось на 85-115 штук больше, у стандарта – на 127 штук. В связи с засушливой погодой в июле процент завязываемости был ниже и составил 71-77 %. Семена оказались мельче, вес 1000 семян 0,8-0,9 г. Наиболее высокая урожайность семян – 35-45 г/м^2 отмечена у СН-62, СН-73 и СН-115, которые превосходили стандарт на 20-50 %. Наибольшая, чем у стандарта Первенец (16,8 г/м^2), урожайность семян в среднем за два

года получена у селекционных номеров СН-62, СН-73 и СН-115 на 9,3-21,5 %.

Питательная ценность кормовой массы является важным показателем многолетних трав. Питательную ценность селекционных линий двукисточника тростникового определяли в фазу выхода в трубку и в фазу колошения. По содержанию сухого вещества в кормовой массе в фазе выхода в трубку образцы различались слабо, на 1,3-1,6 % меньше стандарта (21,2 %) содержали СН-73 (Республика Коми) и СН-62 (Канадская) популяции. В фазу колошения содержание сухого вещества увеличилось до 28,0-29,8 % и по данному показателю образцы различались незначительно.

При учете в фазу выхода в трубку, содержание сырого протеина по годам у образцов варьировало от 13,7 до 18,4 %. В среднем за два года выделились селекционные линии СН-73 и СН-186 с содержанием сырого протеина более 16 %.

В фазу колошения сырой протеин уменьшился по образцам на 6,0-6,7 %, причем резкое снижение отмечено у СН-73, СН-186 и сорта Первенец, а наименьшее - у СН-31 и СН-62. В среднем за два года исследований по содержанию сырого протеина в фазы развития селекционные линии превосходили стандартный сорт Первенец.

На основании данных, полученных в коллекционном питомнике в период с 2006 по 2019 года, определяли показатель средней хозяйственной ценности урожайности семян изучаемых номеров при помощи многолетних испытаний в полевых условиях. За рассматриваемый период изучаемые сортообразцы двукисточника тростникового по-разному реализовали свой генетический потенциал семенной продуктивности (табл. 2).

Разница между минимальной и максимальной урожайностью сортов характеризует коэффициент стрессоустойчивости. Имея отрицательное значение, данный показатель тем лучше, чем он имеет меньшее значение. Высокой устойчивостью к стрессу обладает образец СН-31 (-12,4), стандарт сорт Первенец (-15,2).

Показатель генетической гибкости или среднее значение между минимальной и максимальной урожайностями за годы исследований определяет компенсаторную способность образцов в контрастных стрессовых или нестрессовых условиях, т.е. указывает на большую степень соответствия между генотипами и факторами среды. В условиях Республики Коми к таким сортообразцам двукисточника тростникового можно отнести СН-73 (13,7).

Таблица 2 – Адаптивная оценка перспективных образцов двукисточника тростникового в коллекционном питомнике по параметру семенной продуктивности, 2006-2019 гг.

Сорт, сортообразец	Урожайность, г/м^2				Параметры адаптивности					
	min	max	средняя (за годы)	отклонение от стандарта	стрессоустойчивость	генетическая гибкость	V, %	Hom	ПУСС, в % к стандарту	селекционная ценность, S_c
с. Первенец, st.	3,8	19,0	13,3	-	-15,2	11,5	62	1,4	100	2,66
СН-31	4,6	17,0	12,9	-0,4	-12,4	10,8	56	1,9	104	3,49
СН-62	2,3	21,0	13,4	+0,1	-18,7	11,7	74	1,0	85	1,47
СН-73	3,4	24,0	15,8	+2,5	-20,6	13,7	69	1,1	127	2,24
СН-115	2,6	21,0	13,2	-0,1	-18,4	11,8	72	1,0	85	1,63
СН-186	4,4	21,0	15,1	+1,8	-16,6	12,7	62	1,5	129	3,16
$НСР_{05}$				3,5						

Коэффициент вариации показывает, что наибольший диапазон величины урожая имеют образцы СН-115 и СН-62 (72 и 74 % соответственно), а наименьший – СН-31 (56 %).

В анализируемом нами опыте показатель уровня стабильности (ПУСС) урожайности семян двукисточника тростникового колебался от 85 % у образцов СН-62 и СН-115 до 129 % у СН-186.

Гомеостаз является одним из важных показателей адаптивности сортов и сортообразцов сельскохозяйственных культур. Рассматривая систему взаимоотношений генотип-внешняя среда, можно сделать вывод об устойчивости растений к воздействию неблагоприятных внешних факторов среды. Параметр гомеостатичности является лимитирующим фактором в данном случае признака семенной продуктивности и характеризует способность поддерживать низкую вариабельность. Оба значения (гомеостатичность (Hom) и коэффициент вариации (V)) указывают на степень устойчивости сортообразцов к внешним стрессовым воздействиям. За период исследований наибольшую стабильность проявил образец из Республики Коми СН-31 с наименьшим значением коэффициента вариации (56 %) и высокой гомеостатичностью (1,9) и показателем селекционной ценности (3,49). Данный сортообразец двукисточника тростникового является стабильным и высокоадаптированным для условий зон рискованного земледелия северных регионов РФ.

Выводы. По результатам оценки в селекционном питомнике в агроклиматических условиях Республики Коми выделены сортообразцы, которые превышают стандарт Первенец по ряду хозяйственно-ценных признаков. Облиственностью более 39 % выделилась селекционная линия СН-186. Более высокой, чем у стандарта, урожайностью зеленой массы выделился СН-73. По урожайности семян выделились СН-62, СН-73 и СН-115. По содержанию сырого протеина наименьшее снижение отмечено у образцов СН-31 и СН-62.

По результатам исследований в коллекционном питомнике в период с 2006-2019 года рекомендуется использовать в дальнейшей селекционной работе сортообразец СН-31, направленный на повышение продуктивности семян, с целью развития дальнейшего семеноводства, и обладающий устойчивостью к экстремальным факторам среды.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 0412-2019-0051, Рег. № НИОКТР АААА-А20-120022790009-4.

Список используемой литературы

1. Сарсания В. Н. Возделывание двукисточника тростникового на семенные цели в условиях Беларуси // Мелиорация. 2007. № 1 (57). С. 156-162.

2. Беляева Р. А. Изучение природных популяций двукисточника тростникового в коллекционном питомнике // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2008. № 11. С. 33-35.

3. Уразова Л. Д., Ложкина О. В. Селекция двукисточника тростникового (*Phalaroides arundinacea* (L.) *rausch*) в Томской области // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 22-24.

4. Караваева Е. С. Потенциал двукисточника тростникового в условиях Мурманской области // Сельское хозяйство. 2018. № 1. С. 49-52.

5. Сарсания В. Н. Устойчивость сортообразцов двукисточника тростникового к неблагоприятным факторам среды // Мелиорация. 2008. № 2 (60). С. 183-188.

6. Ложкина О. В. Двукисточник тростниковый – ценная кормовая культура таежной зоны Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 3-4 (219). С. 57-62.

7. Беляева Р. А., Рубцова В. Е. Продуктивность селекционных образцов двукисточника тростникового при двуукосном использовании // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013. № 3 (34). С. 24-25.

8. Уразова Л. Д., Литвинчук О. В. Зимостойкость двукисточника тростникового в экстремальных условиях таежной зоны // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (139). С. 33-38.

9. Рогов М. С. Ранние корма. М.: Колос, 1970.

10. Медведев П. Ф. Канареечник тростниковидный – ценная кормовая культура. Л.: Лениздат, 1977.

11. Головня А. И., Лазарев Н. Н., Васильева В. А., Разумейко Н. И. Двукисточник тростниковый. М.: РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010.

12. Беляева Р. А., Рубцова В. Е. Двукисточнк тростниковый: изучение и создание исходного материала в условиях северного региона РФ. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.

13. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Справочник по кормопроизводству. М.: Россельхозакадемия, 2014.

14. Методические указания по селекции многолетних трав. М.: ВИР, 1985.

15. Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М.: РГАУ-МСХА, 2012.

16. Пакудин В. З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск: Наука, 1976.

17. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С., Недорезков В. Д., Исмагилов Р. Р., Кадиков Р. К., Исламгулов Д. Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005.

18. Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. 1984. № 1. С. 67-76.

19. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019.

20. Методические указания по изучению коллекции многолетних кормовых трав. Л., 1975.

21. Руководство по анализам кормов. М.: Колос, 1982.

22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985.

References

1. Sarsaniya V. N. Vozdelyvanie dvukistochnika trostnikovogo na semennye tseli v usloviyakh Belarusi // Melioratsiya. 2007. № 1 (57). S. 156-162.

2. Belyaeva R. A. Izuchenie prirodnykh populyatsiy dvukistochnika trostnikovogo v kollektsionnom pitomnike // Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka. 2008. № 11. S. 33-35.

3. Urazova L. D., Lozhkina O. V. Selektsiya dvukistochnika trostnikovogo (Phalaroides arundinacea (L.) rausch) v Tomskoy oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 12. S. 22-24.

4. Karavaeva Ye. S. Potentsial dvukistochnika trostnikovogo v usloviyakh Murmanskoy ob-lasti // Selskoe khozyaystvo. 2018. № 1. S. 49-52.

5. Sarsaniya V. N. Ustoychivost sortoobraztsov dvukistochnika trostnikovogo k neblagopriyatnym faktoram sredy // Melioratsiya. 2008 . № 2 (60). S. 183-188.

6. Lozhkina O. V. Dvukistochnik trostnikovyy – tsennaya kormovaya kultura taezhnoy zo-ny Zapadnoy Sibiri // Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. 2011. № 3-4 (219). S. 57-62.

7. Belyaeva R. A., Rubtsova V. Ye. Produktivnost selektsionnykh obraztsov dvukistochnika trostnikovogo pri dvuukosnom ispolzovanii // Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka. 2013. № 3 (34). S. 24-25.

8. Urazova L. D., Litvinchuk O. V. Zimostoykost dvukistochnika trostnikovogo v ekstremalnykh usloviyakh taezhnoy zony // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 5 (139). S. 33-38.

9. Rogov M. S. Rannie korma. M.: Kolos, 1970.

10. Medvedev P. F. Kanareechnik trostnikovidnyy – tsennaya kormovaya kultura. L.: Len-izdat, 1977.

11. Golovnya A. I., Lazarev N. N., Vasileva V. A., Razumeyko N. I. Dvukistochnik trost-nikovyy. M.: Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet – MSKhA im. K. A. Timi-ryazeva, 2010.

12. Belyaeva R. A., Rubtsova V. Ye. Dvukistochnk trostnikovyy: izuchenie i sozdanie iskhodnogo materiala v usloviyakh severnogo regiona RF. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.

13. Kosolapov V. M., Trofimov I. A. Spravochnik po kormoproizvodstvu. M.: Rosselkhozakademiya, 2014.

14. Metodicheskie ukazaniya po selektsii mnogoletnikh trav. M.: VIR, 1985.

15. Metodicheskie ukazaniya po selektsii mnogoletnikh zlakovykh trav. M.: RGAU-MSKhA, 2012.

16. Pakudin V. Z. Parametry otsenki ekologicheskoy plastichnosti sortov i gibridov. Teoriya otbora v populyatsiyakh rasteniy. Novosibirsk: Nauka, 1976.

17. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S., Nedorezkov V. D., Ismagilov R. R., Kadikov R. K., Islamgulov D. R. Metodika rascheta i otsenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti selskokhozyaystvennykh rasteniy. Ufa, 2005.

18. Khangildin V. V., Biryukov S. V. Problema gomeostaza v genetiko-selektsionnykh issledovaniyakh // Genetiko-tsitologicheskie aspekty v selektsii selskokhozyaystvennykh rasteniy. 1984. № 1. S. 67-76.

19. Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispolzovaniyu. T. 1: Sorta rasteniy (ofitsialnoe izdanie). M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019.

20. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kollektsii mnogoletnikh kormovykh trav. L., 1975.

21. Rukovodstvo po analizam kormov. M.: Kolos, 1982.

22. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki re-zultatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985.

DOI 10.35523/2307-5872-2020-33-4-17-23
УДК 633.521: 631.527: 632. 43

ИСПЫТАНИЯ НОВЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ЛЬНА

Кудрявцев Н.А., ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»;
Зайцева Л.А., ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»;
Курбанова З.К., ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

При возделывании льна меры защиты растений должны обеспечивать в достаточной степени чистые от сорняков, здоровые и неповрежденные фитофагами посевы, формирующие урожай культуры необходимого уровня качества. С другой стороны, требуется их соответствие экономическим и особенно экологическим критериям современных агротехнологий. Арсенал гербицидных и защитно-стимулирующих средств, удовлетворяющих требованиям технологии возделывания льна, необходимо систематически расширять, испытывать его новые составные образцы. Тогда будет обеспечиваться объективная альтернатива выбора наиболее приемлемых в конкретных условиях (по цене, эффективности и безопасности) пестицидов и агрохимикатов. Следует тестировыать их фитофизиологическую совместимость при возможном смешивании в процессе применения, мультидисциплинарно изучать эффективность полифункциональных гербицидных и защитно-стимулирующих композиций. Гербицид Шансти и его смесь с препаратом Шанстрел 300 в опытах 2018-2019 гг. продемонстрировали относительно высокую биологическую эффективность защиты льна от двудольных сорняков. Добавка к противодвудольным гербицидам граминицидов Галошанс или Клетошанс, регулятора роста Артафит или фунгицида Зимошанс не снизила эффективности действия смесей препаратов на двудольные сорняки и уничтожила в посевах злаковые сорняки. Дополнительно - Артафит и Зимошанс – эффективно защищали лен от пасмо и других болезней, закономерно повышали урожайность льнопродукции. Ее максимальные показатели в опыте получены в варианте применения Артафита совместно с гербицидами. Применение препарата Артафит оказало положительное влияние на качество льносоломы - повысило его на 1 сортономер (с 2,00 до 2,50). Исследования по данной теме продолжаются. Работа выполняется при финансовой поддержке Минобрнауки России (ГЗ № 075-00 853119-00).

Ключевые слова: *гербицид, регулятор роста, фунгицид, лен, повышение урожайности, эффективность.*

Для цитирования: *Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Курбанова З.К. Испытания новых средств защиты растений льна // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 4 (33). С. 17-23.*

Введение. Площадь посева российского льна-долгунца в 2020 г. составила 51,3 тыс. га. Поле масличного льна в стране – на порядок больше [1]. При возделывании льна меры защиты растений должны обеспечивать в достаточной степени чистые от сорняков, здоровые и неповрежденные фитофагами посевы, формирующие урожай культуры необходимого уровня качества. С другой стороны, требуется их соответствие экономическим и особенно экологическим критериям современных агротехнологий. Арсенал гербицидных и защитно-стимулирующих средств, удовлетворяющих требованиям технологии возделывания льна, необходимо систематически расширять, испытывать его новые составные образцы. Тогда будет обеспечиваться объективная альтернатива выбора наиболее приемлемых в конкретных условиях (по цене, эффективности и безопасности) пестицидов и агрохимикатов. Следует тестировать их фитофизиологическую совместимость при возможном смешивании в процессе применения, муль-

тидисциплинарно изучать эффективность полифункциональных гербицидных и защитно-стимулирующих композиций [2, с. 25].

Рекомендуемые для применения на культуре льна гербициды должны обеспечивать достаточную биологическую эффективность (гибель чувствительных сорняков не менее 70 %) и быть безопасными для культурных растений (в конечном счете, повышать их продуктивность). Кроме того, важно соответствие применения этих средств экономическим и особенно экологическим критериям современных агротехнологий. Обеспечение этих требований достигается за счет поиска новых препаратов и экологизации, рационализации их использования, в частности при комбинировании с другими гербицидами в сниженных нормах внесения, с защитно-стимулирующими и антистрессовыми средствами. В наших предыдущих исследованиях, наряду с различиями влияния гербицидов на сорняки, отмечено их неоднозначное действие и на растения льна-долгунца [3, с.14]. Наиболее благоприятное действие, повлекшее за собой некоторое увеличение показателей общей высоты растений и технической длины их стебля (по сравнению с контролем, где лен был угнетен сорняками), оказали некоторые сульфонилмочевинные препараты, в частности, Хармони. Его смеси с противошироколистным гербицидом Лонтрел и граминицидами (Тарга Супер, Миура и др. в оптимально-минимальных нормах применения) – на высоту культурных растений практически не повлияли. Масса культурных растений и, в конечном счете, урожайность льнопродукции в связи с применением гербицидов в таких вариантах была достоверно выше контрольных показателей. Относительно более высокое качество льнопродукции было получено тоже в связи с применением вышеназванных средств. Но некоторые гербицидные смеси, например, сульфонилмочевинных препаратов, МЦПА при высоких нормах применения – со злакоцидом Зеллеком, – заметно угнетали лен-долгунец, вызывая снижение высоты растений. Это максимально проявлялось в засушливые годы.

Постановка проблемы. Для льноводства особенно важны экологизация и рациональное сочетание защиты культурных растений не только от сорняков, но и от болезней и других стрессовых факторов за счет разрабатываемого нами обоснованного комбинирования гербицидов с фунгицидными, бактерицидными и защитно-стимулирующими, антистрессовыми средствами. Нам следовало проверить, что, как правило, лучше совмещаются в смесях аналогичные препараты единой фирмы-разработчика. Например, имеющий аналогичное с гербицидом Хармони (регистрант – ООО «Дюпон Наука и Технология») д.в. (тифенсульфурон-метил) – Шансти (ООО «Шанс») целесообразнее сочетать не с Лонтрелом (Дау АгроСаенсес ВмбХ), а с содержащим аналогичное д.в. (клопиралид) – Шанстрелом (ООО «Шанс»); не с Зеллекомсупер (Дау АгроСаенсес ВмбХ), а с подобно ему содержащим д.в. – галоксифоп-Р-метил – Галошансом (ООО «Шанс»). Поэтому для своей экспериментальной работы мы и выбрали препараты ООО «Шанс» [4]. Этому выбору дополнительно способствовало наладившееся надежное снабжение пестицидами и агрохимикатами нашего семеноводческого хозяйства – ООО «Родниковое Поле», поставщиком названных средств – ООО «Шанс».

Цель и задачи. Цель работы – модернизация арсенала, экологизация и рационализация применения при возделывании льна-долгунца в РФ гербицидных и защитно-стимулирующих средств, их испытание как новых элементов агротехнологии для льноводства. Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

1. Испытание новых образцов гербицидов против различных групп двудольных сорняков (в частности, препаратов, содержащих тифенсульфурон-метил – против однолетних; а содержащих клопиралид – против многолетних корнеотпрысковых) в агрофитоценозе льна-долгунца.

2. Оценка биологической эффективности в посевах льна новых противозлаковых гербицидов (в частности, препаратов, содержащих галоксифоп-Р-метил и клетодим) в смесях с противодвудольными гербицидами.

3. Выявление влияния добавки к гербицидам в сниженных нормах применения при обработке посевов льна – защитно-стимулирующего полифункционального препарата, содержащего полидиаллилдиметиламмоний хлорид, и фунгицида, содержащего карбендазим, на проявление сорняков, болезней, на количество и качество урожая льнопродукции.

Объекты и методы исследований. Полевые исследования проведены в 2018-2019 гг. преимущественно на сорте льна-долгунца Тверской. Он выведен во ВНИИ льна методом гибридизации с последующим отбором на инфекционном фоне. Включен в Госреестр по Северо-Западному региону с 2003 г. Лист ланцетный, зеленый. Лепесток голубой, пыльник синий, рыльце голубое. Коробочка шаровидная, светло-желтая. Семена коричневые. Масса 1000 семян – на уровне 4,5-5,0 г. Среднеспелый. В Северо-Западном регионе средняя урожайность соломы 30,3 ц/га, семян – 4,1 ц/га, у стандартов соответственно 41,9 и 5,1ц/га. Содержание всего волокна 27,8 %, выход длинного волокна 21,4 %. Вегетационный период от всходов до ранней желтой спелости 68-90 дней. Устойчивость к полеганию 3,3-5 баллов. Считается устойчивым к ржавчине и фузариозу [5, с. 28].

По действию на наиболее распространенные в России сорняки и болезни льна изучали следующие средства защиты растений:

Хармони – СТС, тифенсульфурон-метил - 750г/кг – послевсходовый сульфонилмочевинный гербицид, считающийся высокоэффективным против большинства видов однолетних двудольных растений. Известен как самый мягкий гербицид для льна, позволяющий получить урожай высокого качества. Разрешен к применению без ограничений для культур севооборота [6, с. 4].

Шансти – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг. Шанстрел 300 – ВР, клопиралид – 300 г/л. Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил, 104 г/л [4].

Артафит – ВРК, полидиаллилдиметиламмоний хлорид, 100 г/л - полифункциональный полимер, водорастворимый концентрат, предназначенный для предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений. Фактор выращивания экологически чистой с/х продукции, безопасен для человека, животных, окружающей среды. Защищает с/х культуры от стрессовых ситуаций, смягчает гербицидный стресс. Полидиаллилдиметиламмоний хлорид находит всё более широкое применение при возделывании зерновых, зернобобовых культур, кукурузы, картофеля, сахарной свёклы и др. с/х культур. Эффективность его применения обусловлена антибактериальным, фунгипротекторным и ростактивирующим действием, что положительно сказывается на продуктивности с/х культур и улучшении их качества. Д.в. препарата совместимо с пестицидами и минеральными удобрениями, быстро и полностью растворяется, обеспечивая качественное приготовление рабочего раствора. Имеет высокую экономическую эффективность за счёт повышения рентабельности возделывания культур [7].

Зимошанс – КС, карбендазим – 500 г/л. Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л. Шанс 90 - ПАВ [4].

Полевые опыты и лабораторные исследования выполнены в соответствии с методологией, применяемой в сельскохозяйственной и биологической экспериментально работе [8-10]. Полученные результаты репрезентативных учетов оценивались статистико-агрономически [11-12] с использованием программ ПК: ЛАНДШАФТ и STADIA [13-14].

Результаты исследований и их обсуждение. Видовой состав сорняков в посевах льна на делянках опыта был представлен преимущественно двудольными и злаковыми растениями. Их общая плотность на делянках контрольного варианта в начале и в конце вегетационного периода (табл. 1) составляла в среднем за 2018-2019 гг. соответственно: 67 и 120 стеблей/м^2. Кроме них проявился хвощ полевой – 3 и 5 стеблей/м^2.

Гербицидный эффект различных вариантов применения изучаемых препаратов иллюстрирует таблица 2. Установлено действие различных средств и их смесей на наиболее распространенные в опытном посеве льна виды нежелательной растительности.

Гербицид Шансти и его смесь с препаратом Шанстрел 300 продемонстрировали относительно высокую биологическую эффективность защиты льна от двудольных сорняков, в частности, от наиболее часто встречавшегося из них вида - торицы полевой. Показатели эффективности снижения численности растений торицы в результате применения Шансти в норме расхода 25 г/га и смеси его в сниженной норме расхода (20 г/га) с препаратом Шанстрел 300 (0,3 л/га) - в среднем за 2018-2019 гг., по данным учетов - через 30 суток после применения и перед уборкой льна - составила 100 % (при эффективности условного стандартного гербицида – Хармони (25 г/га) – 95,0-95,7.

Таблица 1 – Видовой состав и удельная численность основных сорняков в посевах льна на делянках контрольного варианта в фазу «елочки» культуры /1/ и перед уборкой урожая /2/ (в среднем за 2018-2019 гг.)

Вид растения	Численность (шт./м^2)	
	1 (в фазе «елочки» льна)	2 (перед уборкой урожая)
Торица полевая	19	25
Марь белая	6	11
Пикульник (виды)	4	5
Горец (виды)	3	9
Ромашка (виды)	3	6
Пастушья сумка обыкновенная	2	2
Аистник цикутолистный	2	4
Фиалка трехцветная	2	4
Бодяк щетинистый	2	7
Осот полевой	2	5
Прочие виды двудольных растений	3	3
ДВУДОЛЬНЫХ ***ВСЕГО***	**48**	**81**
Пырей ползучий	4	8
Просо куриное	2	5
Прочие виды злаковых растений	3	6
ЗЛАКОВЫХ ***ВСЕГО***	**19**	**39**
ХВОЩ ПОЛЕВОЙ	3	5
ВСЕГО СОРНЯКОВ	**70**	**125**

Добавка к вышеназванным противодвудольным гербицидам дополнительно граминицидов Галошанс или Клетошанс, регулятора роста Артафит, фунгицида Зимошанс не снизила эффективности действия смесей препаратов на двудольные сорняки (все варианты смесей и один препарат Шансти (25 г/га) обеспечили приближающуюся к 100 % гибель, например, торицы. Дополнительно композиции, включающие регулятор роста Артафит (0,2 л/га) и фунгицид Зимошанс (0,5 л/га), защищали посевы льна от пасмо и других болезней (практически на 100 %).

Смесь противодвудольных гербицидов Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) была эффективна не только против торицы, но и против бодяка и осота.

Композиция этой смеси с противозлаковыми гербицидами Галошанс (0,7 л/га) или Клетошанс (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) практически на 100 % уничтожила в посевах злаковые сорняки.

Снижение общей массы нежелательной растительности всех двудольных и злаковых видов, засорявших опытный посев льна в 2018-2019 гг., вследствие применения изучаемых смесей препаратов составило через 30 суток после обработки – до 97,4 % (табл. 2).

Таблица 2 - Общая гербицидная эффективность различных препаратов и их композиций в среднем за 2018-2019 гг. (снижение массы двудольных и злаковых сорняков через 30 суток после обработки посевов)

№ п/п	Наименование варианта (обработка посевов)	Масса (г/м^2). Эффективность (%)	
1	Контроль (без обработки)	284,7	-
2	Стандарт – Хармони – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	19,9	93,0
3	Шансти – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	10,4	96,3
4	Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 – ВР, клопиралид – 300 г/л (0,3 л/га)	10,4	96,3
5	Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил, 104 г/л (0,7 л/га)	8,6	97,0
6	Шансти (15 г/га) + Шанстрел 300 (0,25 л/га) + Галошанс (0,5 л/га) + Артафит – ВРК, полидиаллилдиметиламмоний хлорид, 100 г/л (0,2 л/га)	**7,3**	**97,4**
7	Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил, 104 г/л (0,7 л/га) + Зимошанс – КС, карбендазим – 500 г/л (0,5 л/га)	**7,3**	**97,4**
8	Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га)	8,6	97,0

Таблица 3 - Влияние применения гербицидных и защитно-стимулирующих средств на урожайность соломы и семян льна-долгунца (в среднем за 2018-2019 гг.)

№	Наименование варианта	Льносоломы	Льносемян
1	Контроль (без обработки)	28,7	1,9
2	Стандарт – Хармони – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	40,4	3,7
3	Шансти – ВДГ, тифенсульфурон-метил – 750 г/кг (25 г/га)	40,6	3,8
4	Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 – ВР, клопиралид – 300 г/л (0,3 л/га)	43,3	4,4
5	Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил, 104 г/л (0,7 л/га)	46,8	5,3
6	Шансти (15 г/га) + Шанстрел 300 (0,25 л/га) + Галошанс (0,5 л/га) + Артафит – ВРК, полидиаллилдиметиламмоний хлорид, 100 г/л (0,2 л/га)	**54,5**	**6,4**
7	Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Галошанс – КЭ, галоксифоп-Р-метил, 104 г/л (0,7 л/га) + Зимошанс – КС, карбендазим – 500 г/л (0,5 л/га)	52,4	5,9
8	Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га)+ Зимошанс (0,5 л/га)	52,7	6,0
$НСР_{05}$		2,4	0,3

Опрыскивание вегетирующих растений льна смесью Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га) наиболее существенно в данном опыте повлияло на густоту стеблестоя культуры (превысив ее на 476 растений/м^2, по сравнению с контролем) и в 4,8 раза снизило % отмерших за вегетацию растений.

Применение препаратов при обработке посевов вызвало увеличение технической длины стебля льна по сравнению с контролем. Наиболее высок этот показатель в варианте № 8 /смесь Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га)/ – на 1,4 см больше контроля.

Вследствие применения Шансти (20 г/га) + Шанстрел 300 (0,3 л/га) + Клетошанс – КЭ, клетодим – 240 г/л (0,7 л/га) + ПАВ Шанс 90 (0,2 л/га) + Зимошанс (0,5 л/га) отмечена тенденция увеличения количества коробочек и количества семян в коробочках, в сравнении с контрольным вариантом.

Применение нового регулятора роста растений Артафит для обработки посевов льна обеспечило наиболее достоверное повышение урожайности льносоломы (при средней НСР$_{05}$ за 2 года – 2,4 ц/га) и льносемян (при средней НСР05 за 2 года – 0,3 ц/га) (табл. 3).

Во всех вариантах опыта, где в гербицидную смесь добавляли Артафит или Зимошанс, закономерно повышалась урожайность соломы и семян. Максимальные в опыте показатели урожайности льнопродукции были получены в случае применения Артафита совместно с гербицидами (табл. 3).

Применение препарата Артафит оказало также положительное влияние на качество льносоломы - повысило его на 1 сортономер (с 2,00 до 2,50).

Выводы.

1. Гербицид Шансти и его смесь с препаратом Шанстрел 300 в опытах 2018-2019 гг. продемонстрировали относительно высокую биологическую эффективность защиты льна от двудольных сорняков (по данным учетов – через 30 суток после применения и перед уборкой льна их эффективность составила практически 100 % (при показателях эффективности условного стандартного гербицида – Хармони – 95,0-95,7 %).

2. Добавка к противодвудольным гербицидам дополнительно граминицидов Галошанс или Клетошанс, регулятора роста Артафит или фунгицида Зимошанс не снизила эффективности действия смесей препаратов на двудольные сорняки и практически на 100 % уничтожила в посевах злаковые сорняки. Снижение общей массы нежелательной растительности всех двудольных и злаковых видов, засорявших опытный посев льна в 2018-2019 гг., вследствие применения изучаемых смесей препаратов, составило через 30 суток после обработки – до 97,4 %.

3. Дополнительно композиции, включающие регулятор роста Артафит или фунгицид Зимошанс – защищали посевы льна от пасмо и других болезней (практически на 100 %).

4. Во всех вариантах опыта, где в гербицидную смесь добавляли Артафит или Зимошанс, закономерно повышалась урожайность соломы и семян. Максимальные в опыте показатели урожайности льнопродукции были получены в случае применения Артафита совместно с гербицидами.

Исследования по данной теме продолжаются.

Работа выполняется при финансовой поддержке Минобрнауки России (ГЗ № 075-00 853119-00).

Список используемой литературы

1.URL: https://vk.com/nashynov. (Дата обращения 15.07.2020).

2. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А. Инновации в мониторинге болезней, вредителей и сорняков льна, в использовании против них высокомолекулярного препарата // Владимирский Земледелец. 2018. № 2 (84). С. 32-37.

3. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Курбанова З.К., Савоськина О.А. Перспективные средства защиты льна // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 24-26.

4. ООО «Шанс», ГК МТС «Агро-Альянс». Средства защиты растений: Воронеж, 2017.

5. Чекмарев П.А., В.П. Понажев, Л.Н. Павлова, Т.А. Рожмина, О.Ю. Сорокина, Н.А. Кудрявцев и др. Зонально-адаптивные технологии производства льна-долгунца. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011.

6. «ДюПон де Немур». Хармони. Рекламный проспект. 2010. С.1-4.

7. Шаповал О.А., И.П. Можарова, А.А. Коршунов. Регуляторы роста растений в агротехнологиях. // Защита и карантин растений. 2014. № 6. С. 18.

8. Методические указания по испытанию фунгицидов в сельском хозяйстве. С.-Пб.: ВИЗР, 2009 (2). С. 159-173.

9. Методические указания по испытанию гербицидов в сельском хозяйстве. С.-Пб.: ВИЗР, 2013.

10. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. Торжок: ВНИИЛ, 1978.

11. Кирюшин Б.Д. Введение в опытное дело и статистическую оценку. // Методика научной агрономии. Часть 1. М.: МСХА. 2004.

12. Кирюшин Б.Д. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. // Методика научной агрономии. Часть 2. М.: МСХА. 2005.

13. Пакет программ анализа полевых опытов “ЛАНДШАФТ”. Тверь: ВНИИМЗ, 1999.

14. Пакет программ для IBM PK «STADIA». Версия 7.0. Автор Кулаичев А.П. Свидетельство ГОСРЕГИСТРАЦИИ: № 0115-97.1.0 RUS.

References

1. URR: https://vk.com/nashynov. (Data obrashcheniya: 15.07.2020)

2. Kudryavtsev N.A., Zaytseva L.A. Innovatsii v monitoringe bolezney, vrediteley i sornyakov lna, v ispolzovanii protiv nikh vysokomolekulyarnogo preparata // Vladimirskiy Zemledelets. 2018. № 2 (84). S. 32-37.

3. Kudryavtsev N.A., Zaytseva L.A., Kurbanova Z.K., Savoskina O.A. Perspektivnye sredstva zashchity lna // Zashchita i karantin rasteniy. 2020. №4. S. 24-26.

4. OOO «Shans», GK MTS «Agro-Alyans». Sredstva zashchity rasteniy. Voronezh. 2017.

5. Chekmarev P.A., V.P. Ponazhev, L.N. Pavlova, T.A. Rozhmina, O.Yu. Sorokina, N.A. Kudryavtsev i dr. Zonalno-adaptivnye tekhnologii proizvodstva lna-dolguntsa. //M.: FGNU «Rosinformagrotekh». 2011.

6. «DyuPon de Nemur». Kharmoni. Reklamnyy prospekt. 2010. S.1-4.

7. Shapoval O.A., I.P. Mozharova, A.A. Korshunov. Regulyatory rosta rasteniy v agrotekhnologiyakh. // Zashchita i karantin rasteniy. 2014. №6. S. 18.

8. VIZR. Metodicheskie ukazaniya po ispytaniyu fungitsidov v selskom khozyaystve. // S.-Pb.: VIZR. 2009 (2). S. 159-173.

9. VIZR. Metodicheskie ukazaniya po ispytaniyu gerbitsidov v selskom khozyaystve. // S.-Pb.: VIZR. 2013.

10. VNIIL. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov so lnom-dolguntsom. // Torzhok: VNIIL. 1978.

11. Kiryushin B.D. Vvedenie v opytnoe delo i statisticheskuyu otsenku. // Metodika nauchnoy agronomii. Chast 1. M.:MSKhA. 2004.

12. Kiryushin B.D. Postanovka opytov i statistiko-agronomicheskaya otsenka ikh rezultatov. // Metodika nauchnoy agronomii. Chast 2. M.: MSKhA. 2005.

13. Paket programm analiza polevykh opytov “LANDShAFT”. Tver, VNIIMZ. 1999.

14. Paket programm dlya IBM PK «STADIA». Versiya 7.0. Avtor Kulaichev A.P. - Svidetelstvo GOSRYeGISTRATsII

.

DOI 10.35523/2307-5872-2020-33-4-24-27
УДК 635.21:631.53:631.8

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТРАВИТЕЛЯ СЕЛЕСТ ТОП НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ К БОЛЕЗНЯМ И ВРЕДИТЕЛЯМ

Любимская И.Г., Костромской НИИСХ - филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»;
Куклина Н.М., Костромской НИИСХ - филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»

Обработка клубней протравителями является одним из важнейших элементов технологии возделывания картофеля на фоне постоянно нарастающей вредоносности грибных и бактериальных болезней. В 2017-2019 гг. в Костромском НИИСХ изучалось влияние предпосадочного протравливания семенных клубней на устойчивость отечественных сортов картофеля к болезням и вредителям. Объектом исследований являлся препарат инсектофунгицидного действия Селест Топ производства компании «Сингента» (Швейцария). Опыт проводился на десяти сортах картофеля различных групп спелости селекции ФГБНУ ВНИИКХ им. А.Г. Лорха: Метеор, Башкирский (ранние), Красавчик (среднеранний), Варяг, Вымпел, Фаворит, Великан, Колобок, Накра (среднеспелые), Никулинский (среднепоздний). Испытательный участок располагался на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Применялась общепринятая для Костромской области технология возделывания картофеля. Делянка каждого сорта состояла из контрольного и опытного вариантов по методу расщеплённых делянок. В контрольном варианте клубни перед посадкой обрабатывались чистой водой, в опытном варианте – протравителем Селест Топ в дозе 0,4 л/т. По результатам исследований обработка семенных клубней препаратом Селест Топ способствовала снижению поражённости растений картофеля вирусными болезнями на 0,5-2,8 %. Распространённость и степень развития фитофтороза уменьшилась на 1,5-4,7 % и 0,2-1,4 % соответственно, а альтернариоза – на 0,5-3,2 % и 0,1-0,6 % по сравнению с необработанным контролем. Количество поражённых фитофторозом клубней сократилось в опытных вариантах у 7 сортов на 0,1-3,3 %. У большей части сортов снизилось количество повреждений клубней вредителями картофеля на 0,1-12,7 %, дефектов клубней стало меньше на 0,9-5,4 %.

Ключевые слова: *картофель, протравливание клубней, Селест Топ, устойчивость к болезням и вредителям.*

Для цитирования: *Любимская И.Г., Куклина Н.М. Изучение влияния протравителя Селест Топ на устойчивость отечественных сортов картофеля к болезням и вредителям // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 4 (33). С. 24-27.*

Введение. Актуальность предпосадочной обработки клубней картофеля фунгицидами постоянно увеличивается на фоне нарастающей вредоносности таких болезней, как фитофтороз, ризоктониоз, серебристая парша, альтернариоз, сухая фузариозная гниль, фомоз. Риск развития заболеваний значительно повышается при недостаточном уровне химической защиты, отсутствии качественного семенного материала, несоблюдении сроков уборки и нарушении режима хранения картофеля. Поэтому обработка клубней протравителями является одним из важнейших элементов технологии возделывания картофеля.

Чтобы защитить картофель от болезней и вредителей, разработаны системы мероприятий, увеличивающие урожай здоровых клубней на 20-30 % и более. Важной составной частью этих систем является обработка семенных клубней и вегетирующих растений химическими пестицидами [1, с. 247].

По результатам полевых опытов, проводимых в Республике Марий Эл, получены данные, что при использовании инсектофунгицидного препарата Селест Топ увеличились

всхожесть клубней и количество стеблей на один куст, значительно снизилась распространённость грибных болезней. Урожайность картофеля составила 21,7 т/га, величина условно чистого дохода -138,3 руб./га и уровень рентабельности – 175 % [2, с. 21].

При протравливании клубней Селест Топ отмечен высокий фитосанитарный эффект – распространение и развитие фитофтороза составило соответственно 1,0 и 0,2 %. Максимальный прирост массы клубней с одного куста был отмечен на сорте Наташа в результате применения препаратов Ризоплан, Зеребра Агро и Селест Топ [3].

Цель исследований: изучить влияние предпосадочной обработки семенных клубней протравителем Селест Топ в дозе 0,4 л/т на устойчивость отечественных сортов картофеля к болезням и вредителям.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2017-2019 годах в научном севообороте ФГБНУ «Костромской НИИСХ». Объектом изучения являлся протравитель Селест Топ компании «Сингента» (Швейцария), сочетающий в себе инсектицидное и фунгицидное действие. В качестве материала для исследований использовались сорта картофеля, выведенные селекционерами ФГБНУ ВНИИКХ им. А.Г. Лорха: ранняя и среднеранняя группа – Метеор, Башкирский, Красавчик; среднеспелая и среднепоздняя группа – Варяг, Вымпел, Фаворит, Великан, Колобок, Накра, Никулинский.

Опыт проводился по методу расщеплённых делянок. Делянка каждого сорта состояла из двух вариантов – контрольного и опытного:

- контроль – обработка клубней чистой водой;
- опыт - обработка клубней Селест Топ в дозе 0,4 л/т.

При проведении опыта использовались методики, разработанные ФГБНУ ВНИИКХ [4;5;6]. Результаты обрабатывались по методике Б.А. Доспехова с использованием дисперсионного анализа [7].

Метеорологические условия при проведении опыта каждый год складывались по-разному. В 2017 году температура воздуха в июне и июле была невысокой и составляла в среднем по декадам от 9,6 до 18,2°С, что на 0,4-10,1°С ниже климатической нормы. Количество осадков в этот период значительно превышало норму (ГТК был равен 1,81-4,11). Вторая половина вегетации оказалась более благоприятной для развития растений картофеля. Температурный режим превышал среднемноголетние данные, ГТК составлял 0,5-2,1. В 2018 году формирование урожая проходило при повышенных температурах воздуха и некотором дефиците осадков (ГТК в среднем за вегетацию был на 0,3 ниже нормы). Погодные условия 2019 года отличались нестабильностью температурных значений и количества выпавших осадков. В начале и в конце вегетации температура держалась выше среднемноголетних значений, а в период бутонизации-цветения была пониженной. Осадков выпало 78,4 % от нормы. Показатели ГТК изменялись в пределах от 0,03 до 2,70.

Результаты и их обсуждение. Визуальный учёт вирусных и бактериальных болезней проводили в 3 этапа: при высоте растений 10-15 см, в период цветения и перед уборкой. У большинства сортов в вариантах с применением Селест Топ отмечено снижение поражённости растений вирусными заболеваниями, за исключением сорта Красавчик (по мозаичному закручиванию листьев опытный вариант превзошёл контроль на 0,4 %) и сорта Колобок (по обыкновенной мозаике и скручиванию листьев показатели опытного варианта были выше контроля на 0,1 и 0,6 % соответственно). Наиболее устойчивым к вирусам оказался сорт Никулинский, у которого не выявлено ни одного из вышеуказанных заболеваний. При визуальном осмотре у изучаемых сортов наличия бактериальных болезней не обнаружено.

Поражённость растений картофеля грибными заболеваниями учитывалась после первых признаков их появления до уборки через каждые 10 дней. Результаты учёта на ранних стадиях развития болезней представлены на рисунках 1 и 2.

В вариантах с применением протравителя Селест Топ отмечено снижение вредоносности грибных болезней. В среднем за 2017-2019 годы показатели распространённости и степени развития фитофтороза в опытных вариантах были ниже, чем в контроле на 1,5-4,7 % и 0,2-1,4 % соответственно, а альтернариоза – на 0,5-3,2 % и 0,1-0,6 % ниже, чем в контроле. Самыми устойчивыми к фитофторозу среди изучаемых сортов показали себя Великан, Накра и Никулинский, к альтернариозу – Башкирский, Великан и Накра. При проведении математической обработки результатов учёта поражённости растений грибными заболеваниями достоверная разница между контрольными и опытными вариантами была выявлена только у сортов ранней группы спелости. Снижение уровня распространённости фитофтороза в вариантах с Селест Топ оказалось достоверным у сорта Башкирский и составило 4,7 % по отношению к контролю при $НСР_{05}$3,4 %.

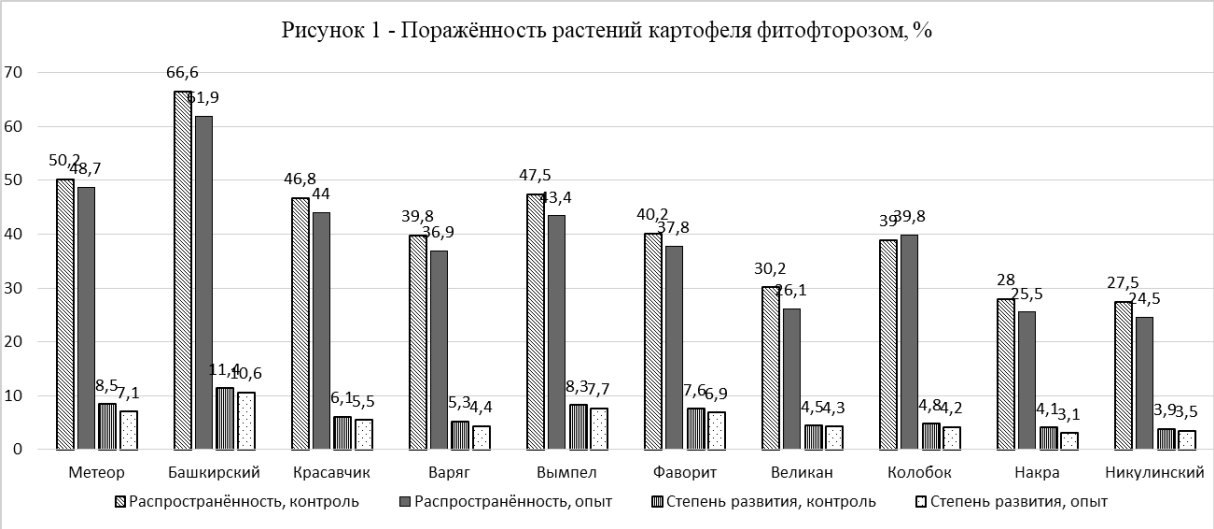

Рисунок 1 – Поражённость растений картофеля фитофторозом, %

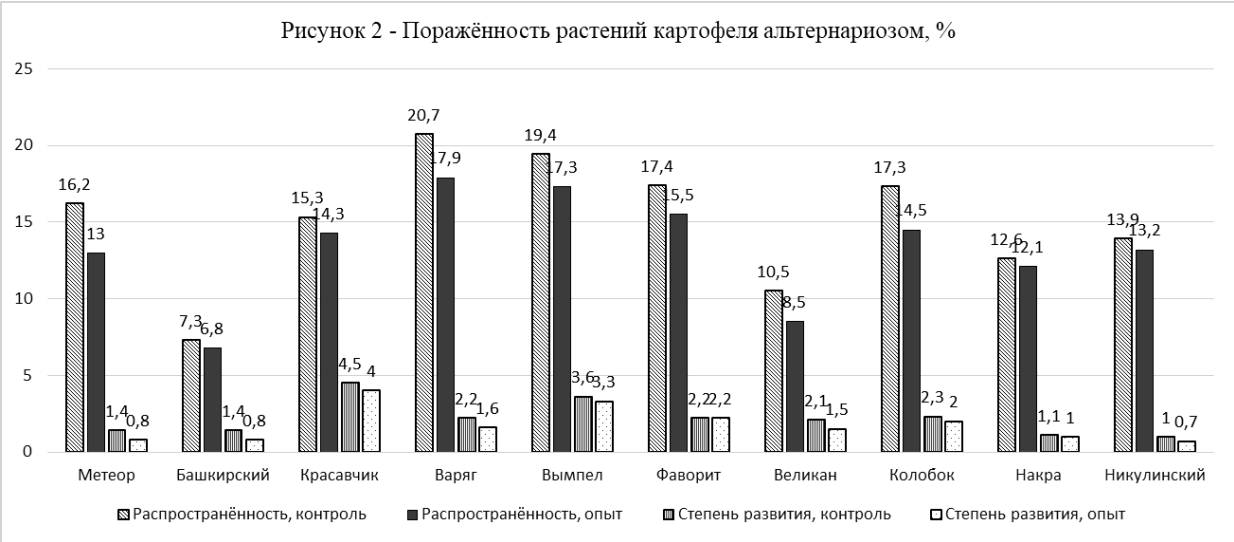

Рисунок 2 – Поражённость растений картофеля альтернариозом, %

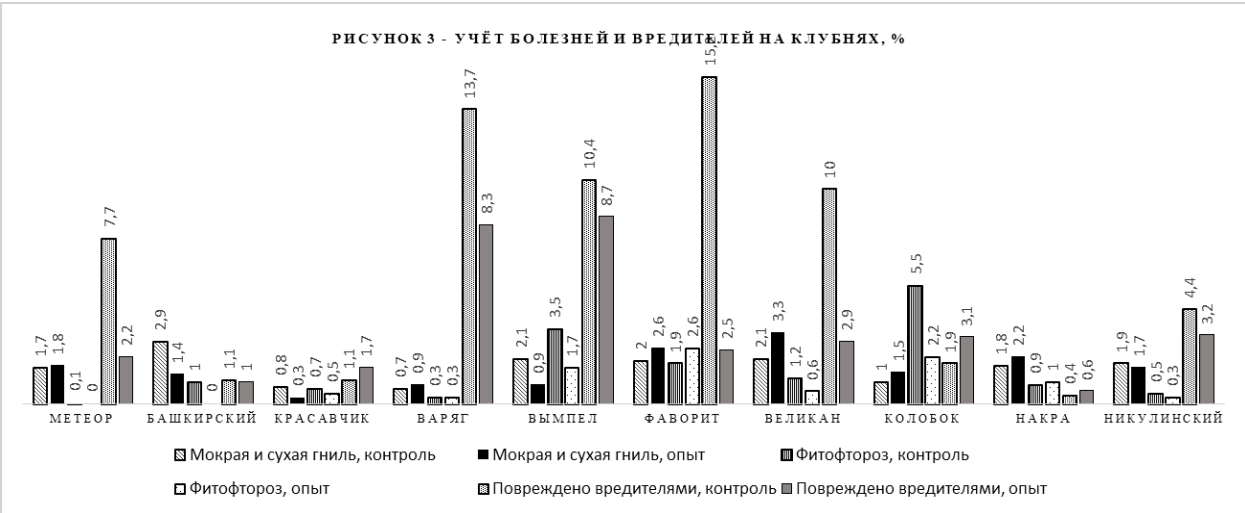

Рисунок 3 – Учёт болезней и вредителей на клубнях

Степень развития фитофтороза достоверно снизилась в опытных вариантах у сорта Метеор на 1,4 % при $НСР_{05}$ 0,8 %. Также у сорта Метеор отмечено достоверное уменьшение распространённости альтернариоза на 3,2 % в сравнении с контролем ($НСР_{05}$= 2,9 %). У сор-

тов среднераннего, среднеспелого и среднепозднего сроков созревания снижение поражённости растений картофеля грибными болезнями при использовании протравителя находилось в пределах ошибки опыта.

В ходе исследований оценивалось также влияние препарата Селест Топ на уровень поражённости клубней болезнями и вредителями картофеля (рис. 3).

В среднем за 3 года наблюдений у сортов Башкирский, Красавчик, Вымпел и Никулинский отмечено снижение поражённости клубней мокрой и сухой гнилью на 0,2-1,5 % в сравнении с контролем. У 7 сортов в опытных вариантах количество поражённых фитофторозом клубней сократилось на 0,1-3,3 %. У большинства сортов уменьшилось число клубней, имеющих дефекты (на 0,9-5,4 %) и повреждения вредителями картофеля (на 0,1-12,7 %).

Выводы. По результатам исследований 2017-2019 гг. можно сделать вывод, что предпосадочная обработка клубней протравителем Селест Топ способствовала достоверному повышению устойчивости растений ранних сортов Метеор и Башкирский к основным грибным болезням картофеля. У сортов других групп спелости не выявлено достоверной разницы между показателями контрольных и опытных вариантов. Столь низкая разница (от десятых долей процента до нескольких единиц) объясняется тем, что при проведении исследований использовался семенной материал высокого качества репродукции супер-элита (соответствует ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества»). Тем не менее даже при таких условиях наблюдается устойчивое положительное действие предпосадочной обработки клубней препаратом Селест Топ на улучшение качества продукции. Клубни полученного урожая у большинства сортов были меньше подвержены фитофторозу и повреждениям насекомыми-вредителями, также сократилось количество дефектов клубней.

Список используемой литературы

1. Васильева С.В., Зейрук В.Н., Белов Г.Л. и др. Протравители нового поколения в борьбе за высокий урожай картофеля // Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля: материалы научно-практической конференции (9-10 июля 2018 г.). М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИКХ, 2018. С. 246-254.

2. Гордеева А.В., Лапшин Ю.А. Влияние предпосадочной обработки клубней на распространение болезней, урожайность и фитосанитарное качество клубней // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2015. № 2(2). С. 18-23.

3. Прищепенко Е.А., Биккинина Л.М.-Х. Влияние предпосадочной обработки клубней картофеля на поражённость фитофторозом и урожайность культуры // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 21-23.

4. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. ВНИИКХ, Россельхозакадемия. М., 1995.

5. Методика исследований по культуре картофеля. М., 1967.

6. Методические положения по проведению оценки сортов и гибридов картофеля на испытательных участках. Москва: изд-во ВНИИКХ, 2017.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985.

References

1. Vasileva S.V., Zeyruk V.N., Belov G.L. i dr. Protraviteli novogo pokoleniya v borbe za vysokiy urozhay kartofelya // Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya selektsii i semenovodstva kartofelya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii (9-10 iyulya 2018 g.). M.: Izd-vo FGBNU VNIIKKh, 2018. S. 246-254.

2. Gordeeva A.V., Lapshin Yu. A. Vliyanie predposadochnoy obrabotki klubney na rasprostranenie bolezney, urozhaynost i fitosanitarnoe kachestvo klubney // Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Selskokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki. 2015. № 2(2). S. 18-23.

3. Prishchepenko Ye.A., Bikkinina L.M.-Kh. Vliyanie predposadochnoy obrabotki klubney kartofelya na porazhennost fitoftorozom i urozhaynost kultury // Zashchita i karantin rasteniy. 2020. № 4. S. 21-23.

4. Metodika issledovaniy po zashchite kartofelya ot bolezney, vrediteley, sornyakov i immunitetu. VNIIKKh, Rosselkhozakademiya. M., 1995.

5. Metodika issledovaniy po culture kartofelya. M., 1967.

6. Metodicheskie polozheniya po provedeniyu otsenki sortov i gibridov kartofelya na ispytatelnykh uchastkakh. Moskva: izd-vo VNIIKKh, 2017.

7. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). M.: Kolos, 1985.

DOI 10.35523/2307-5872-2020-33-4-28-39
УДК 574.4

БИОХИМИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО ЛУГОВЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВИДОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДНЕГО ПОДЕСЕНЬЯ

Ториков В.Е., ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»;
Анищенко Л.Н., ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского»;
Поцепай С.Н., ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»;
Капошко Н.А., ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»;
Семышев М.В., ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»;
Андронова Н.В., Кокинский опорный пункт ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства»

В рамках экоаналитического мониторинга на лугах Подесенья (в пределах Брянской области, Нечерноземье РФ) обобщены данные девятилетних наблюдений по лекарственным луговым растениям. Впервые для староосвоенного региона создана база данных по химическому составу и содержанию радионуклида (^{137}Cs) в биомассе фоновых видов лекарственной луговой флоры с известными промышленными зарослями. Цель работы – оценить накопительные особенности видов луговых лекарственных растений химическими и физическими загрязнителями в среднем Подесенье, представить эколого-биохимическую и радионуклидную оценку лекарственного растительного сырья на лугах с различным уровнем техногенной и радиационной нагрузки. В ходе экомониторинга обобщены показатели для 20 видов: валовое содержание (мг/кг) элементов группы тяжелых металлов (ТМ) в биомассе, удельная активность ^{137}Cs, коэффициенты накопления и перехода, а также коэффициенты биологического поглощения, показатели биогеохимического поглощения. Лекарственные растения наиболее значительно накапливают медь и цинк, слабо – железо, мышьяк, свинец, титан, хром, ванадий (по шкале И.А. Авессаломовой). Самая высокая биогеохимическая активность (БХА) характеризует биомассу околоводных видов Acorus calamus, Menyanthes trifoliata, вида остепнённых лугов – Thymus serpyllum а также Filipendula vulgaris, Achillea millefolium, Melilotus officinalis, Verbascum thapsus. Радионуклид ^{137}Cs подвижен и быстро мигрирует, аккумулируясь в растительной биомассе. Накопительные возможности луговых лекарственных растений по ^{137}Cs, оцененные по коэффициентам накопления (Кн), различны: однолетние виды – хорошие аккумуляторы ^{137}Cs (Кн = 1,153), так же как и виды-доминанты сырых и заболоченных лугов. Максимальное накопление радионуклида отмечается на лугах, характеризующихся более высокой степенью увлажнения. Накопительные свойства видов луговых ценозов Подесенья (в пределах Брянской области) определяются их видовой принадлежностью, экобиоморфами, группами жизненных форм, в значительной степени зависят от условий их произрастания, в первую очередь, от степени увлажнения биотопа лугов.

Ключевые слова: *экоаналитический мониторинг, радионуклиды, тяжёлые металлы, луговые экосистемы, Брянская область.*

Для цитирования: *Ториков В.Е., Анищенко Л.Н., Поцепай С.Н., Капошко Н.А., Семышев М.В., Андронова Н.В. Биохимическое качество луговых лекарственных видов в условиях интенсивного природопользования Среднего Подесенья // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 4 (33). С. 28-39.*

Введение. Луговые экосистемы староосвоенного региона – Брянской области – формируют местообитания для ценных лекарственных видов флоры, использование которых в условиях

сочетанного загрязнения требует мониторингового экоаналитического контроля, который входит в систему базовых данных при лугопользовании. Экотонный эффект в Брянской области обусловил наличие широкой ресурсной базы лекарственных видов: в мониторинговом списке их более 120, базовые сведения по ресурсным запасам, продуктивности и разнообразия которых известны с 1987 года; для 56 из них выявлены и закартированы промышленные заросли [1, 2]. Большая часть лекарственных растений произрастает на лугах различного происхождения (93 вида) и входит в состав зелёных кормов и сенажа, заготавливаемого для интенсивно развивающегося животноводства [1, 2]. Промышленный и индивидуальный сбор лекарственного растительного сырья до сих пор имеет важное экологическое и экономическое значение в староосвоенном регионе, особенно для личного использования, а также в ветеринарных целях [3-6].

Образование и накопление в лекарственных растениях биологически активных веществ – динамический процесс в онтогенезе растения, который зависит от факторов среды (почвенной, наземно-воздушной), в том числе антропогенных, обусловлен видовыми особенностями растения. Негативное воздействие на качество заготавливаемого растительного сырья оказывает техногенное и сочетанное загрязнение ареала видов лекарственных растений: элементами группы тяжёлых металлов (ТМ) с высокой токсичностью, радионуклидами (РН) [3, 5, 7-9]. Лекарственное растения, служащие сырьем для производства лекарственных средств, требует особого эколого-химического контроля, так как благодаря кумулятивному эффекту произведённое лекарственное средство может нанести вред при использовании, а также оказать негативное влияние через пищевые цепи [6]. Поэтому актуальной проблемой является оценка уровня содержания ТМ, радионуклидов в лекарственном растительном сырье, накопительная способность в зависимости от местообитаний растений и сопутствующих факторов [8, 10-12]. Цель работы – оценить накопительные особенности видов луговых лекарственных растений химическими и физическими загрязнителями в среднем Подесенье, представить эколого-биохимическую и радионуклидную оценку лекарственного растительного сырья на лугах с различным уровнем техногенной и радиационной нагрузки.

Материалы и методики исследования. Исследования проводились в течение полевых сезонов 2010-2019 гг. в административных районах Брянской области, различающихся по степени антропогенной нагрузки на естественные луга: незначительное и значительное химическое и радионуклидное загрязнение. Образцы почвы и растительного сырья отбирались в луговых местообитаниях видов, непосредственно на месте произрастания. Исследовались фоновые и виды, для которых выявлены промышленные заросли: клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), цикорий обыкновенный *(Cichorium intybus* L.), тысячелистник обыкновенный *(Achillea millefolium)*; тимьян ползучий (*Thymus serpyllum* L.); пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.); донник лекарственный (*Melilotus officinalis*); лабазник обыкновенный (*Filipendula vulgaris* Moench), аир болотный (*Acorus calamus* L.), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench), репяшок обыкновенный (*Agrimonia eupatoria* L.), буквица лекарственная (*Betonica officinalis* (L.) Trevis.), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), чернокорень лекарственный (*Cynoglossum officinale* L.) зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), щавель конский (*Rumex confertus* Willd.), чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh.) лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch.), вахта трёхлистная (*Menyanthes trifoliata* L.), душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), очиток едкий (*Sedum acre* L.). Использовались также и ранее полученные данные [2]. Видовые названия растений указаны по С.К. Черепанову (1995) [13].

Для анализа химического состава лекарственного растительного сырья луговых экосистем биомасса собранных видов подвергалась общепринятой камеральной обработке для пробоподготовки к работе на спектрометре «Спектроскан-Макс» (фирма Spektron) [14]. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК), предельно допустимые концентрации (ПДК) по ТМ определялись по ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.2042-06 [15]. Рассчитывали коэффициент биологического поглощения как отношение валового содержания ТМ в биомассе видов к содержанию ТМ в почвенных образцах в прикорневой зоне растений [16-17]. Пробы почвенных

образцов отбирались согласно ГОСТ, объединённая проба составлялась из четырёх отобранных [18-20].

Количественную оценку биологической подвижности радионуклида ^{137}Cs (РН) проводили на основании двух показателей: коэффициент перехода (Кп) и коэффициент накопления (Кн) радионуклида в биологическом объекте [17]. Коэффициент перехода (Кп) определяли как отношение удельной активности ^{137}Cs в растениях (Бк/кг) к плотности загрязнения почвы (кБк/м^2). Коэффициент накопления (Кн) рассчитывали как отношение удельной активности радионуклида в растениях (Бк/кг) к его удельной активности в почве (Бк/кг) [16].

Исследование биологической подвижности ^{137}Cs проводилось на территории Новозыбковского района, в окрестностях населенных пунктов Калинин, Барки; Клинцовского района в окрестностях с. Гулевка (1 км), д. Овсеенков, д. Смотрова Буда и Злынковского района вблизи населенных пунктов Манюки и Муравинка. Удельную активность ^{137}Cs (УА, Бк/кг) в образцах измеряли на универсальном спектрометрическом комплексе «Гамма Плюс» со сцинтилляционным детектором по стандартным методикам. Регистрация излучения и обработка спектров производилась с использованием программного обеспечения «Прогресс 2000» [21, 22].

Мощности экспозиционной дозы гамма - излучения измеряли дозиметром –радиометром МКС-01СА.

Лекарственные виды растений изучались в местообитаниях с промышленными (возобновляемыми) запасами, в сообществах луговых ассоциаций: ***Agrostietum vinealis, Caricetum gracilis, Deschampsietum cespitosae, Deschampsio-Festucetum rubrae, Deschampsio-Poetum palustris, Poo palustris-Alopecuretum pratensis, Poo-Festucetum pratensis, Rorippa – Agrostietum***. Синтаксономическое положение сообществ устанавливалось на основе геоботанических описаний согласно методическому подходу школы Ж. Браун-Бланке (1964) [23].

Для обработки полученных данных использовался метод статистического анализа с применением компьютерных программ Microsoft Excel.

Результаты исследования и обсуждение. Результатами многолетних исследований стали базы данных для оценки экологической безопасности лекарственного растительного сырья, которые использовались для выяснения роли луговых видов и миграционных процессов поллютантов химической и физико-химической природы.

Размах значений валовой концентрации ТМ в надземной биомассе луговых лекарственных растений в антропогенно-изменённых и эталонных экосистемах показан в таблице 1.

Согласно данным таблицы 1 валовое содержание ТМ – мышьяка, меди, никеля, железа, хрома – превышает предельно допустимые концентрации (указанную токсическую норму) у всех растений, кроме гидрофитных форм и однолетних видов. Концентрация кобальта в эталонных местообитаниях выше установленной нормы у цикория обыкновенного. Концентрация марганца превышает ПДК у *Origanum vulgare, Acorus calamus, Menyanthes trifoliata, Filipendula vulgaris, Stachys officinalis, Prunella vulgaris, Hypericum perforatum, Rumex confertus, Veratrum lobelianum* в луговых местообитаниях с антропогенной нагрузкой. Валовое содержание цинка находится в пределах нормативных значений у всех изученных видов лекарственных луговых растений. Валовая концентрация свинца, превышающая допустимую концентрацию, зарегистрирована в биомассе *Filipendula vulgaris, Prunella vulgaris, Rumex confertus, Achillea millefolium, Thymus serpyllum, Agrimonia eupatoria* в местообитаниях, изменённых антропогенной деятельностью. Токсическое содержание превышает по меди для всех анализируемых видов растений также в опытных условиях. Для гигрофитных и гидрофитных многолетних растений, обитающих в заболоченных (долгопоёмных) лугах – *Acorus calamus* и *Menyanthes trifoliata* – установлено повышенное содержание железа и марганца, пониженное – хрома. Для однолетних лекарственных видов выявлено минимальное валовое содержание цинка, никеля, свинца.

Ванадий и титан не обнаружен ни в одном из образцов исследованных лекарственных видов флоры луговых сообществ.

Обнаружены корреляционные зависимости содержания ТМ в биомассе растений: наиболее существенные взаимосвязи рассчитаны между Cu и Zn (от r=0,61 до r=0,92), Ni и Zn (от r=0,57 до r=0,88), Ni и Cu (от r=0,57 до r=0,79), Mn и

Fe (от r=0,83 до r=0,99). Аналогичные закономерности были установлены для плодово-ягодных, масличных и лекарственных видов в Алании [9]. Для однолетних видов существенные взаимосвязи отмечены в накоплении биофильных элементов – Mn и Zn (r=0,87), Zn и Cu (r=0,85), Cu и Mn (r=0,83).

Слабые связи установлены для содержания Mn и As (r=0,31), Mn и Co (r= 0,22), Zn и Ni (r=0,30).

Таблица 1 – Валовая концентрация (мг/кг, M± m) тяжёлых металлов в лекарственном растительном сырье

ТМ	Нормальное содержание / токсическое*	***1	2	3	4	5	6
Sr	-	**88,9±6,1 / 105,15±9,3	69,0±5,3 / 97,5±6,1	104,8±10,2 / 174,3±10,2	81,8±7,4 / 103,5±6,9	128,1 ±8,3 / 236,4±12,9	90,6±8,4 / 182,3±8,1
Pb	2-14	13,9±2,1 / 29,2±3,5	16,0±1,9 / 33,5±2,7	20,4±2,1 / 37,2±2,7	11,7±2,1 / 23,5±2,9	187,0±1,6 / 29,4±3,1	25,3±2,6 / 36,2±3,2
As	0,2	0,4 / 1,7±0,6	0,5 / 1,5±0,3	0,8 / 1,9±0,2	0,4 / 2,5±0,3	0,3 / 2,7±0,4	0,4 / 2,3±0,3
Zn	25-250 / >400	117,95±9,7 / 196,4±15,2	138,6±14,3 / 224,5±16,2	110,4±9,9 / 197,6±16,3	151,5±10,8 / 225,7±21,1	101,8±10,3 / 187,4±13,7	95,45±7,8 / 183,6±18,7
Cu	6-15 / >20	23,7±3,6 / 36,7±2,6	22,5±2,5 / 39,5±3,1	28,9±2,6 / 39,2±2,7	24,0±2,5 / 41,4±2,9	25,6±2,8 / 39,5±2,8	28,2±2,9 / 42,4±3,4
Ni	0-8 / >80	14,3±1,3 / 22,1±1,7	13,6±2,2 / 24,2±1,4	14,5±1,3 / 19,8±1,1	17,5±1,4 / 26,6±1,8	15,7±1,6 / 22,7±1,5	14,6±1,1 / 27,1±1,8
Co	0-2	0 / 2,5	0 / 1,25	0 / 0,8	0 / 1,8	0 / 0,8	0 / 2,6
Fe	50-240	227,3±13,6 / 359,3±19,2	254,85±17,6 / 443,7±21,1	215,2±15,7 / 452,4±20,3	256,2±16,4 / 388,1±19,9	280,35±18,9 / 397,5±18,9	235,05±14,2 / 448,2±19,2
Mn	25-250 / >500	136,3±10,1 / 338,4±16,2	192,95±12,6 / 401,5±16,9	173,9±12,2 / 395,1±18,1	141,8±11,5 / 388,5±17,2	179,45±11,2 / 410,2±20,1	203,85±12,7 / 437,5±20,3
Cr	0-0,5	12,3±2,2 / 37,3±3,2	14,1±2,4 / 35,4±3,6	16,1±2,7 / 37,4±14,5	14,6±2,0 / 38,9±4,0	12,9±1,9 / 38,2±3,7	13,6±2,2 / 35,5±4,4
V	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0

Примечание.

* Валовое содержание ТМ указано по В.Б. Ильину (Ильин, 1991).

** в числителе указано минимальное содержание, в знаменателе – максимальное содержание.

*** Виды растений: 1 *Cichorium intybus*, 2 *Achillea millefolium*, 3 *Thymus serpyllum* L., 4 *Tanacetum vulgare*, 5 *Melilotus officinalis*, 6 *Agrimonia eupatoria*.

Таблица 2 – Валовая концентрация (мг/кг, M± m) ТМ в лекарственном растительном сырье

ТМ	7	8	9	10	11	12	13
Sr	**78,4±5,7 195,3±12,3	79,4±5,7 211,8±13,6	101,0±9,2 275,1±18,5	106,9±9,8 226,4±18,7	98,7±8,8 221,3±20,9	116,3±9,9 22,2±3,19	89,7±9,5 286,7±19,8
Pb	18,9±1,9 30,1±2,2	17,4±1,2 34,1±2,8	18,8±1,4 28,4±2,4	19,1±2,0 33,5±2,7	19,7±2,0 30,9±3,1	15,5±1,5 35,5±3,1	14,3±1,4 31,5±3,3
As	0,6 2,1±0,7	0,5 1,4±0,6	0,6 1,3±0,6	0,5 1,8±0,6	0,5 1,5±0,6	0,6 1,9±0,4	0,7 1,5±0,5
Zn	79,3±6,5 156,3±13,2	51,9±6,7 193,5±12,7	72,8±7,5 191,4±16,6	73,4±6,7 201,4±15,8	85,3±5,3 172,4±16,1	82,2±4,5 201,8±19,9	74,8±7,6 176,7±18,3
Cu	28,2±1,4 31,4±2,4	24,8±1,8 34,5±2,7	29,2±1,7 41,6±3,4	21,3±2,7 39,7±2,9	22,9±1,7 43,1±2,9	23,7±1,7 39,5±2,9	20,2±1,8 40,8±2,9
Ni	14,9±1,8 20,1±1,8	17,5±1,8 24,0±1,6	16,7±2,0 19,1±1,9	14,4±1,8 23,3±1,6	15,2±1,9 22,7±1,4	14,9±1,4 24,1±1,5	12,8±1,5 20,7±1,5
Co	0	0	0	0 0,5	0 7	0 0,6	0 0,5
Fe	283,1±18,7 421,4±22,5	292,9±16,3 468,6±21,8	280,3±14,7 433,4±20,5	295,9±18,7 403,6±19,5	227,6±19,3 463,4±20,9	214,5±17,8 464,4±23,4	293,2±19,6 455,7±20,9
Mn	193,9±17,2 481,6±28,9	211,3±15,2 501,2±29,2	203,9±17,4 553,9±27,9	189,9±15,2 502,1±29,8	233,9±19,1 583,6±29,4	218,4±19,7 502,9±24,93	183,4±18,6 500,9±22,8
Cr	12,1±1,7 33,3±3,1	10,5±1,2 31,9±3,6	13,3±1,2 35,8±3,8	15,6±1,3 36,9±3,1	14,8±1,3 39,6±3,7	12,6±1,2 36,3±3,7	19,2±1,6 34,9±3,1
V	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0
ТМ	14	15	16	17	18	19	20
Sr	103,4±7,8 186,4±15,4	92,9±7,8 163,7±12,8	98,1±7,3 173,6±13,7	94,3±7,7 124,6±11,1	90,7±8,5 133,6±13,7	98,3±7,4 114,2±10,2	88,7±7,3 101,1±9,1
Pb	19,0±1,2 29,8±2,5	18,4±1,6 23,8±2,1	20,7±1,7 21,8±1,6	12,6±1,3 17,3±1,3	11,3±1,1 16,9±1,6	18,4±1,2 21,1±1,8	11,1±1,1 15,6±1,2
As	0,7 2,3±0,4	0,2 1,1±0,3	0,2 1,0±0,6	0,4 0, 8±0,2	0,3 0,9±0,2	0,3 0,9±0,2	0,5 1,1±0,4
Zn	88,7±6,7 203,4±14,6	69,3±5,2 145,7±11,2	67,8±6,1 151,3±10,1	46,5±3,8 102,7±9,1	41,8±4,3 96,2±9,1	52,2±3,3 99,4±8,3	44,8±3,2 92,9±9,2
Cu	25,4±1,2 38,8±3,2	23,1±1,1 51,2±5,0	23,1±1,5 49,9±3,8	22,7±2,0 53,1±4,2	21,6±2,2 49,71±3,2	28,7±1,9 54,1±4,2	22,2±1,2 43,9±4,3
Ni	12,4±1,04 22,7±1,1	12,3±1,3 24,3±1,7	18,2±1,4 20,9±1,9	8,1±0,9 14,1±1,1	7,4±1,3 12,2±1,3	11,9±1,1 17,7±1,1	7,9±1,5 10,9±0,9
Co	0 0,6	0 0,9	0 0,8	0 0,9	0 0,9	0 0,8	0 0,9
Fe	269,2±13,7 409,1±20,3	318,7±22,7 629,4±32,7	350,1±17,3 605,7±33,1	211,2±17,9 389,5±20,9	191,5±17,8 408,3±24,1	263,2±19,0 474,3±26,7	226,3±16,7 439,8±21,1
Mn	282,2±20,3 505,1±21,9	371,5±26,0 602,4±26,7	395,1±24,6 633,8±58,9	238,1±19,9 455,9±21,9	205,4±19,3 419,3±28,8	272,8±17,8 487,2±26,6	265,9±15,6 429,9±22,8
Cr	15,4±0,87 29,5±3,0	3,3±0,4 12,3±1,1	3,8±0,6 15,3±2,2	13,7±1,7 23,7±1,6	6,2±0,9 14,1±1,2	14,9±1,0 20,4±1,9	8,6±0,5 17,7±1,2
V	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. * Виды лекарственных растений. 7 *Trifolium pratense* L. 8 *Filipendula vulgaris* 9 *Betonica officinalis* 10 *Prunella vulgaris* 11 *Hypericum perforatum* 12 *Rumex confertus* 13 *Veratrum lobelianum* 14 *Origanum vulgare* 15 *Acorus calamus* 16 *Menyanthes trifoliata* 17 *Valeriana officinalis* 18 *Verbascum thapsus* 19 *Cynoglossum officinale* 20 *Polygonum hydropiper*.

** в числителе указано минимальное содержание, в знаменателе – максимальное содержание.

Таблица 3 – Коэффициенты биологического поглощения тяжёлых металлов растениями

ТМ	*Виды лекарственных растений						
	1	2	3	4	5	6	19
Sr	0,01	1,01	1,22	0,82	3,56	0,84	0,14
Pb	0,68	0,71	0,78	0,45	0,34	1,19	0,23
As	0,10	0,97	1,07	0,85	0,74	1,20	0
Zn	2,64	3,21	2,91	1,42	2,76	1,19	3,21
Cu	1,55	1,29	3,87	1,32	1,33	1,65	2,99
Ni	0,74	1,71	0,79	0,79	0,85	0,72	0,15
Co	0,60	0	0,66	0,14	0,52	0,60	0
Fe	0,25	0,43	0,44	0,27	0,29	0,29	0,27
Mn	0,34	1,37	0,65	0,16	0,13	0,51	1,31
Cr	0,80	0,71	0,61	0,73	0,84	0,71	0,12
V	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0
ТМ	Виды лекарственных растений						
	7	8	9	10	11	12	20
Sr	0,03	0,06	0,40	0,30	0,90	0,60	0,98
Pb	0,30	0,43	0,53	0,21	0,26	0,80	0,38
As	0,50	0,10	0,46	0,75	0,37	0,46	0
Zn	2,90	5,43	2,33	2,65	2,89	2,47	2,38
Cu	2,51	2,72	2,45	3,44	3,51	3,42	3,93
Ni	0,45	0,65	0,42	0,42	0,27	0,35	0,26
Co	0	0	0	0	0	0,20	0
Fe	0,11	0,14	0,12	0,22	0,17	0,14	0,16
Mn	1,55	1,73	1,43	0,98	0,87	0,84	1,55
Cr	0,35	0,39	0,27	0,52	0,63	0,43	0,19
V	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0
ТМ	Виды лекарственных растений						
	13	14	15	16	17	18	
Sr	0,50	0,91	0,29	0,41	0,98	0,84	
Pb	0,65	0,69	0,33	0,31	0,38	0,75	
As	0	0	0,07	0,03	0,05	0,21	
Zn	3,54	3,85	4,73	4,77	2,14	3,73	
Cu	1,84	1,39	2,25	2,01	2,53	2,63	
Ni	0,74	1,71	0,79	0,79	0,85	0,72	
Co	0	0	0	0	0	0,1	
Fe	0,11	0,18	0,21	0,16	0,19	0,15	
Mn	0,88	0,97	3,14	3,29	0,99	1,73	
Cr	0,31	0,15	0,22	0,41	0,14	0,17	
V	0	0	0	0	0	0	
Ti	0	0	0	0	0	0	

Примечание. *Наименования видов аналогичны таблице 1 и таблице 2.

Коэффициенты биологического поглощения (КБП) для ТМ отражены в таблице 3.

Согласно шкале И.А. Авессаломовой (1987) [17], к элементам сильного накопления в биомассе всех исследованных видов растений (10>КБП≥1) относится медь и цинк, к элементам слабого накопления (1>КБП≥0,1) – железо, мышьяк, свинец, титан, хром, ванадий. Подобные результаты были выявлены и для других видов растений с указанием, что железо, хром и другие ТМ накапливаются в основном в подземной биомассе лекарственных видов флоры [4, 5, 8, 24-26].

Марганец активно поглощается *Trifolium pratense, Filipendula vulgaris, Stachys officinalis, Achillea millefolium, Cynoglossum officinale, Acorus calamus, Menyanthes trifoliata, Helichrysum arenarium*, стронций и мышьяк – *Thymus serpyllum, Melilotus officinalis, Achillea millefolium*, свинец – *Agrimonia eupatoria*, никель – *Origanum vulgare*,

Ряды по накоплению цинка и меди могут быть представлены так: для меди по убыванию аккумулирующей способности – *Polygonum hydropiper → Thymus serpyllum → Hypericum perforatum → Prunella vulgaris* (*Rumex confertus*) *→ Cynoglossum officinale → Filipendula vulgaris → Verbascum thapsus → Valeriana officinalis → Trifolium pratense → Betonica officinalis → Acorus calamus Menyanthes trifoliata → Veratrum lobelianum → Agrimonia eupatoria → Cichorium intybus → Origanum vulgare → Tanacetum vulgare* (*Melilotus officinalis*) *→ Achillea millefolium*; для цинка по убыванию накопления в биомассе – *Acorus calamus → Menyanthes trifoliata → Origanum vulgare → Verbascum thapsus → Veratrum lobelianum → Filipendula vulgaris → Cynoglossum officinale* (*Achillea millefolium*) *→ Thymus serpyllum* (*Trifolium pratense, Hypericum perforatum*) *→ Melilotus officinalis → Prunella vulgaris* (*Cichorium intybus*) *→ Rumex confertus → Polygonum hydropiper → Betonica officinalis → Valeriana officinalis → Tanacetum vulgare → Agrimonia eupatoria*.

На основании данных о КБП для количественного выражения общей способности вида к концентрации химических элементов рассчитан специальный показатель – биогеохимическая активность (БХА) исследуемого растения, который показывает суммарную степень поглощения всех определяемых в растении химических элементов, т.е. насколько активно растение поглощает химические элементы из почвы. Установлено, что самая высокая биогеохимическая активность характеризует биомассу околоводных видов *Acorus calamus, Menyanthes trifoliata*, вида остепнённых лугов – *Thymus serpyllum* а также *Filipendula vulgaris, Achillea millefolium, Melilotus officinalis, Verbascum thapsus*. Наименьший показатель БХА для *Tanacetum vulgare*. Средние значения накопительной способности по отношению к ТМ (9,22-9,87) выявлены у *Prunella vulgaris, Hypericum perforatum, Rumex confertus, Origanum vulgare, Polygonum hydropiper*. Сходные данные были получены для некоторых видов растений в других географических местообитаниях видов [3, 8, 9, 11].

Показатели общей способности видов лекарственной флоры лугов к концентрации ТМ (рассчитано по минимальной концентрации) отражены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели биогеохимической активности для видов луговой лекарственной флоры

*виды	БХА	виды	БХА	виды	БХА	виды	БХА
1	7,71	6	8,9	11	9,87	16	12,18
2	11,41	7	8,7	12	9,71	17	8,25
3	12,0	8	11,65	13	9,22	18	11,03
4	6,95	9	8,41	14	9,85	19	8,42
5	11,36	10	9,49	15	12,03	20	9,83

Примечание. * Наименования видов аналогично таблице 1 и таблице 2.

Таким образом, мониторинговыми исследованиями установлено, что валовое содержание ТМ в лекарственном растительном сырье луговых сообществ Подесенья при сравнении с нормальным содержанием показало превышение нормативных значений для некоторых анализируемых элементов. Следовательно, промышленный и индивидуальный сбор лекарственных растений необходимо проводить после ряда рекогносцировочных и сопутствующих исследований.

Мониторинговые исследования массопереноса радионуклида, мигрирующего в том числе и в луговых сообществах в системе «почва–растение», показали следующие результаты (табл. 5).

Таблица 5 – Показатели биологической подвижности ^{137}Cs в биомассе луговых лекарственных видов

Вид растения	УА ^{137}Cs в пробе, Бк/кг	(Кн)	(Кп)	Вид растения	УА ^{137}Cs в пробе, Бк/кг	(Кн)	(Кп)
Cichorium intybus	21,3±0,90	0,016	0,147	*Hypericum perforatum*	37,0±2,30	0,430	1,110
Achillea millefolium	21,0±1,20	0,059	0,475	*Rumex confertus*	97,0±6,05	0,885	1,078
Thymus serpyllum	44,8±3,70	0,150	0,550	*Veratrum lobelianum*	32,2±2,10	0,005	0,040
Tanacetum vulgare	47,3±2,60	0,013	0,105	*Origanum vulgare*	59,0±5,67	0,197	1,577
Melilotus officinalis	64,0±5,70	0,172	0,374	*Acorus calamus*	123,0±12,0	0,967	1,363
Agrimonia eupatoria	48,0±3,20	0,057	0,457	*Menyanthes trifoliata*	187,0±14,0	0,995	1,542
Trifolium pratense	45,0±4,20	0,605	0,937	*Valeriana officinalis*	21,2±0,77	0,072	0,334
Filipendula vulgaris	21,7±1,80	0,086	0,431	*Verbascum thapsus*	101,0±10,83	1,132	1,331
Betonica officinalis	46,0±2,40	0,726	0,798	*Cynoglossum officinale*	28,0±1,81	0,127	0,477
Prunella vulgaris	48,8±2,70	0,696	0,686	*Polygonum hydropiper*	104,0±11,32	1,153	1,221

Минимальной удельной активностью ^{137}Cs среди исследуемых образцов характеризуются травянистые растения, произрастающие на почвах с низкой плотностью радиоактивного загрязнения (менее 5 ku/м^2). Наибольшие показатели удельной активности (УА) радионуклида ^{137}Cs выявлены в биомассе гидрофитов и гигрофитов в экосистемах заболоченных лугов – *Acorus calamus* 16 *Menyanthes trifoliata*, а также однолетних видов – *Verbascum thapsus* (ксеромезофит), *Polygonum hydropiper* (гигрофит). Наименьшие значения массопереноса ^{137}Cs выявлены для многолетних луговых видов-ксерофитов, ксеромезофитов – *Cichorium intybus, Achillea millefolium,*

Cynoglossum officinale: от 21,0±0,80 до 28,0±1,81. Показатели УА радионуклида в биомассе всех изученных видов различаются статистически достоверно.

Накопительные возможности луговых лекарственных растений характеризуют коэффициенты накопления (Кн), по которым также устанавливают отсутствие аккумуляции РН биомассой. Однолетние виды – хорошие аккумуляторы ^{137}Cs (Кн = 1,153), так же как и виды-доминанты сырых и заболоченных лугов.

Таким образом, экологический ряд по возрастанию среднего содержания ^{137}Cs в биомассе луговых видов на условно фоновых ландшафтах, следующий: *Achillea millefolium* (*Valeriana officinalis, Cichorium intybus*) < *Filipendula vulgaris* < *Cynoglossum officinale Veratrum lobelianum* < *Hypericum perforatum Thymus serpyllum* < *Trifolium pratense (Betonica officinalis*) < *Tanacetum vulgare Agrimonia eupatoria* < *Prunella vulgaris* < *Origanum vulgare* < *Melilotus officinalis Rumex confertus* < *Verbascum thapsus* < *Polygonum hydropiper* < *Acorus calamus Menyanthes trifoliata*.

При сопоставлении содержания РН в биомассе аналогичных видов луговых экосистем в ландшафтах с радионуклидной нагрузкой (луга поймы р. Ипуть в пределах Брянской области) определено превышение содержание подвижного РН (табл. 6). Однако «маркеры» сырых и заболоченных лугов – аир болотный, вахта трёхлистная – также накапливают цезий значительно больше, чем остальные виды (показатели различаются статистически значимо).

Таблица 6 – Показатели биологической подвижности ^{137}Cs в биомассе луговых лекарственных видов на лугах с радиационной нагрузкой (пойма р. Ипуть, Брянская область)

Проба	УА ^{137}Cs в пробе, Бк/кг	(Кн)	(Кп)	Проба	УА ^{137}Cs в пробе, Бк/кг	(Кн)	(Кп)
Cichorium intybus	24,0±2,0	0,212	0,696	*Hypericum perforatum*	71,0±5,0	1,083	1,663
Achillea millefolium	18,9±1,2	0,038	0,305	*Rumex confertus*	66,0±5,0	1,114	1,351
Thymus serpyllum	60,0±10,2	0,516	1,131	*Veratrum lobelianum*	85,5±7,1	0,116	0,927
Tanacetum vulgare	88,0±7,0	0,391	0,924	*Origanum vulgare*	97,0±10,0	1,033	1,231
Melilotus officinalis	52,0±5,0	0,484	0,869	*Acorus calamus*	459,9±15,9	1,236	8,128
Agrimonia eupatoria	80,5±7,6	0,038	0,307	*Menyanthes trifoliata*	342,82±74,2	1,160	7,470
Trifolium pratense	75,0±8,0	0,669	1,348	*Valeriana officinalis*	55,2±8,1	0,052	0,412
Filipendula vulgaris	59,0±5,0	1,363	1,906	*Verbascum thapsus*	95,9±5,3	0,969	4,726
Betonica officinalis	78,0±4,5	1,187	1,493	*Cynoglossum officinale*	93,3±8,8	1,266	1,128
Prunella vulgaris	91,0±9,6	1,043	1,645	*Polygonum hydropiper*	116,27±10,6	1,07	2,065

Аккумулируют в побеговой биомассе цезий виды суходольных луговых местообитаний: *Origanum vulgare, Filipendula vulgaris, Rumex confertus, Betonica officinalis, Cynoglossum officinale, Prunella vulgaris, Hypericum perforatum.* Значительная биологическая подвижность РН для видов с Кп от 0,669 до 8,128 (7,470): наиболее значительна у *Menyanthes trifoliata, Acorus calamus.*

В зависимости от условий произрастания на лугах и плотности загрязнения почв, Кн и Кп для видов, и соответственно, биологическая подвижность радионуклида, варьирует в несколько раз.

Заключение. Накопительные свойства видов луговых ценозов Подесенья (в пределах Брянской области) определяются их видовой принадлежностью, экобиоморфами, группами жизненных форм, в значительной степени зависят от условий их произрастания, в первую очередь, от степени увлажнения биотопа лугов. Как правило, максимальное накопление РН отмечается на лугах, характеризующихся более высокой степенью увлажнения. Различия в показателях УА радионуклида видов луговых местообитаний статистически значимо для лугов с высокими показателями плотности загрязнения и мощностью экспозиционной дозы, что было установлено и в других показательных исследованиях, в том числе зарубежных авторов [23].

Для некоторых исследованных образцов биомассы на лугах с радионуклидной нагрузкой зафиксировано значительное превышение современных ДУ СанПиН 2.3.2.1078-01 по ^{137}Cs для лекарственных растений.

Таким образом, для всех видов луговых растений необходим контроль биохимиического и радионуклидного качества биомассы, а также оптимизационные мероприятия на сеяных лугах для управления качеством лекарственного сырья.

Список используемой литературы

1. Изучение и картирование запасов лекарственных растений в Брянской области / под ред. Э.М. Величкина. Брянск, 1987.

2. Шапурко В. Н. Ресурсы и экологическое качество лекарственных растений (на примере Брянской области): дис. … канд. биол. наук. Брянск, 2014.

3. Егорова И.Н. Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в сырьевых лекарственных растениях Кемеровской области: дис. … канд. биол.наук. Томск, 2010.

4. Коломиец Н.Э., Г.И. Калинкина, А.А. Марьин, Бондарчук Р.А. Экологические аспекты заготовки и использования лекарственного растительного сырья // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2010. № 12. Т. 1(8). С. 2051-2054.

5. Манторова Г.Ф. Тяжелые металлы в почве и растительной продукции в условиях техногенного загрязнения // XXI АГРО. 2010. № 1-3. С. 52-54.

6. Brekken A., Steinnes E. Seasonal concentrations of cadmium and zinc in native pasture plants: consequences for grazing animals. // The Science of The Total Environment. 2004. № 326. Pp. 181-195.

7. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991.

8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир. 1989.

9. Купеева В.М. Результаты мониторинга урожайности и химического состава некоторых дикорастущих плодово-ягодных и эфиромасличных растений на территории РСО-Алания: дис. … канд. биол. наук. Владикавказ, 2014.

10. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. Лен. отд., 1987..

11. Ryzhakova N. K., Babeshina L.G., Kondratyeva A.G., Sechnaya D.Y. Contents of macro-, microelements and long-lived radionuclides in the medicinal plants belonging to the wetland community of Siberian region, Russia. // Phytochemistry Letters. 2017. № 22. Pp. 280-286.

12.Van der Ent A., Baker A.J.M., Reeves R.D. Hyperaccumulators of metal and metalloid trace elements: Facts and fiction. // Plant and Soil. 2013. T.362. Pp. 319-334.

13. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995.

14. Методика выполнения измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв рентгенофлуоресцентным методом М049-П/10. СПб.: ООО «НПО Спектрон», 2010.

15. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-Об ГН 2.1.7.2042-06, 2006. // Справ.-правовая система «Консультант-Плюс». URL: http:// www.consultant.ru.

16. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Центральная Академия, 2003.

17. Авессаломова И. А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов: Учебно-методическое пособие. М.: Изд-во Московского университета, 1987.

18. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа // Справ.-правовая система «Консультант-Плюс». URL: http:// www.consultant.ru.

19. ГОСТ 17.4.3.01-83 Почвы. Общие требования к отбору проб. // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс». URL: http:// www.consultant.ru.

20. ГОСТ 5180-75 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик почв // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс». URL: http:// www.consultant.ru.

21. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. С. 77-80.

22. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». Менделеево: ГНМЦ «ВНИИФТРИ», 2003.

23. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie, Grundzüge der Vegetationskunde. Wien–New-York: Springer-Verlag, 1964.

24. Поцепай Ю. Г., Анищенко Л. Н. Накопление тяжелых металлов адвентивными растениями синантропных сообществ. // Проблемы агрохимии и экологии. 2013. № 1. С. 35-40.

25. Baker A.J.M., McGrath S.P., Reeves R.D., Smith J.A.C. Metal hyperaccumulator plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal – polluted soils // Phytoremediation of contaminants in soil and water / N. Terry and G.S. Banuelos (Eds.). Boca Raton: CRC Press, 2000. P. 85–107.

26. Verma D. K., Gupta A. P., Dhakeray R. Removal of Heavy Metals from whole sphere by plants working as bioindicators – A review // Basic Research Journal of Pharmaceutical Science. 2013. Vol. 1(1) pp. 01-07.

References

1. Izucheniye i kartirovaniye zapasov lekarstvennykh rasteniy v Bryanskoy oblasti. E.M Velichkin, editors. Bryansk, Bryansk State Pedagogical Institute Publ.; 1987.

2. Shapurko V. N. Resursy i ekologicheskoye kachestvo lekarstvennykh rasteniy (na primere Bryanskoy oblasti): dis. ... kand. biol. nauk. Bryansk, 2014.

3. Yegorova I.N. Soderzhaniye tyazhelykh metallov i radionuklidov v syryevykh lekarstvennykh rasteniyakh Kemerovskoy oblasti: dis. ... d-ra. biol. nauk. Tomsk, 2010.

4. Kolomiyets N.E., G.I. Kalinkina, A.A. Mar'in, Bondarchuk R.A. Ekologicheskiye aspekty zagotovki i ispolzovaniya lekarstvennogo rastitelnogo syrya. Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2010; 12 (1(8)): 2051-2054.

5. Mantorova G.F. Tyazhelye metally v pochve i rastitelnoy produktsii v usloviyakh tekhnogennogo zagryazneniya. XXI AGRO. 2010; 1(3): 52-54.

6. Brekken A., Steinnes E. Seasonal concentrations of cadmium and zinc in native pasture plants: consequences for grazing animals. // The Science of The Total Environment. 2004. № 326. P. 181-195.

7. Ilin V.B. Tyazhelyye metally v sisteme pochva-rasteniye. Novosibirsk: Nauka Publ., 1991.

8. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils and plants. Grinchuk D.V., Yanina E.P. translation from English; Yu.E. Saet, editor. Florida: CRC Press,1989.

9. Kupeyeva V.M. Rezultaty monitoringa urozhaynosti i khimicheskogo sostava nekotorykh dikorastushchikh plodovo-yagodnykh i efiromaslichnykh rasteniy na territorii RSO-Alaniya: Vladikavkaz, Mountain State Agrarian University, 2014.

10. Alekseev Yu.V. Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh. Leningrad: Agropromizdat Publ, 1987.

11. Ryzhakova N. K., Babeshina L.G., Kondratyeva A.G., Sechnaya D.Y. Contents of macro-, microelements and long-lived radionuclides in the medicinal plants belonging to the wetland commu-

nity of Siberian region, Russia. // Phytochemistry Letters. 2017; 22: 280-286.

12. Van der Ent A., Baker A.J.M., Reeves R.D. Hyperaccumulators of metal and metalloid trace elements: Facts and fiction. // Plant and Soil. 2013; 362: 319-334.

13. Cherepanov S.K. Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR). St. Petersburg: Mir & Semya-95 Publ., 1995.

14. Metodika vypolneniya izmereniya massovoy doli metallov i oksidov metallov v poroshkovykh probakh pochv rentgenofluorestsentnym metodom M049-P/10. St. Petersburg: OOO «NPO Spectron», 2010.

15. Gigiyenicheskiye normativy GN 2.1.7.2041-Ob GN 2.1.7.2042-06, 2006. In Sprav.-pravovaya sistema «KonsultantPlyus». URL: http:// www.consultant.ru. (accessed 29.09.2020).

16. Dobrovolskiy V.V. Osnovy biogeokhimii. Moscow: Central Academy M.: Tsentralnaya Akademiya, 2003.

17. Avessalomova I. A. Geokhimicheskiye pokazateli pri izuchenii landshaftov: Uchebno-metodicheskoye posobiye. Moscow: Moscow University Publ., 1987.

18. GOST 17.4.4.02-84. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gelmintologicheskogo analiza. In: Sprav.-pravovaya sistema «Konsul'tantPlyus». URL: http:// www.consultant.ru. (accessed 29.09.2020).

19. GOST 17.4.3.01-83 Pochvy. Obshchiye trebovaniya k otboru prob.In: Sprav.-pravovaya sistema «Konsul'tantPlyus». URL: http:// www.consultant.ru. (accessed 29.09.2020).

20. GOST 5180-75 Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskikh kharakteristik pochv. In: Sprav.-pravovaya sistema «KonsultantPlyus»». URL: http:// www.consultant.ru. (accessed 29.09.2020).

21. Karpov YU.A., Savostin A.P. Metody probootbora i probopodgotovki. Moscow: Binom Knowledge Laboratory Publ., 2003. Pp. 77-80.

22. Metodika izmereniya aktivnosti radionuklidov s ispolzovaniyem stsintillyatsionnogo gamma-spektrometra s programmnym obespecheniyem «Progress». Mendeleevo: GNMC «VNIIFTRI», 2003.

23. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3rd Edition, Springer-Verlag, Berlin. 1964.

24. Potsepay Yu.G., Anishchenko L.N. Nakopleniye tyazhelykh metallov adventivnymi rasteniyami sinantropnykh soobshchestv // Problemy agrokhimii i ekologii. 2013. № 1. P. 35-40.

25. Baker A.J.M., McGrath S.P., Reeves R.D., Smith J.A.C. Metal hyperaccumulator plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal – polluted soils. Phytoremediation of contaminants in soil and water. N. Terry and G.S. Banuelos (Eds.). Boca Raton: CRC Press, 2000: 85–107

26. Verma D. K., Gupta A. P., Dhakeray R. Removal of Heavy Metals from whole sphere by plants working as bioindicators – A review. Basic Research Journal of Pharmaceutical Science. 2013; 1(1): 01-07.

DOI 10.35523/2307-5872-2020-33-4-40-46
УДК 631.823

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА НА ИНАКТИВАЦИЮ НИКЕЛЯ В ПОЧВЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Уткин А.А., ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА

Применение гуминового препарата «Дарина» способствовало увеличению концентрации подвижного фосфора и особенно обменного калия при слабом повышении обменных оснований в почве, иле и их смесях. Препарат вызывал заметное увеличение доли гуминовых кислот по отношению к фульвокислотам и приводил к увеличению массовой доли пылевидной и илистой фракций физической глины в почве, иле и почвенно-иловых смесях. Действие препарата сказывалось на незначительном подкислении почвы, ила и их смесей по сравнению с вариантами без применения препарата. Применение препарата с целью инактивации никеля в донных отложениях, почве и их смесях приводило к снижению концентрации соединений водорастворимых и подвижных форм металла после каждой обработки препаратом к моменту окончания эксперимента. Наилучшим вариантом на фоне применения препарата, в котором отмечалась наибольшая относительная детоксикация соединений металла, являлся 3 вариант с использованием почвогрунта. По сравнению с использованием гумата полив почвы, ила и их смесей водой не оказывал существенного влияния на снижение концентрации как водорастворимых форм никеля, так и подвижных форм. Рассмотрены возможные механизмы (ионный обмен, комплексообразование, коагуляция, адсорбция, химическое осаждение) взаимодействия Ni^{2+} с различными органическими (гуминовые и фульвокислоты) и минеральными (глинистые минералы и нерастворимые соли) компонентами почвы, ила и их смесей. Отмечены различной силы связи, взаимовлияние и трансформация водорастворимых и подвижных соединений никеля в почве и отложениях под действием гуминового препарата.

Ключевые слова: *гуминовый препарат, никель, почва, донные отложения, тяжёлые металлы, инактивация.*

Для цитирования: *Уткин А.А. Воздействие гуминового препарата на инактивацию никеля в почве и донных отложениях // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 4 (33). С. 40-46.*

Введение. Важнейшим фактором, во многих случаях определяющим экологическую ситуацию в регионе, его экологическую безопасность является концентрация тяжёлых металлов в природных средах.

Присутствие металлических токсикантов в окружающей среде в концентрациях, превышающих естественный геохимический фон, коррелирует со снижением имунного статуса населения, увеличением числа мутагенных, канцерогенных, тератогенных и других неблагоприятных эффектов [1, с. 241].

Основная роль в формировании экологической ситуации в пределах естественных и искусственных биоценозов принадлежит почвам, т.к. они способны аккумулировать тяжёлые металлы в количествах, значительно превышающих их предельно-допустимые концентрации. Это способствует поступлению металлов в трофические цепи экосистем, открывает возможности для загрязнения ими грунтовых вод, увеличивает вероятность накопления тяжёлых металлов в организме человека [2, с. 193].

Многочисленными экспериментами установлено, что подвижность в почвах, а следовательно, и доступность соединений тяжёлых металлов для растений можно регулировать, увеличивая содержание гумуса, ёмкость обмена почвенного поглощающего комплекса и кислотно-основные условия почвы путём приме-

нения органических, известковых и фосфорных удобрений, микробиологических препаратов, активированного угля и цеолитов, возделывания сидератов и многолетних трав. [1, с. 64; 2, с. 226; 3, с. 63].

В последние время для иммобилизации тяжёлых металлов всё большее предпочтение отдается применению гуминовых препаратов. В отличие от органических и известковых удобрений, цеолитов, гуминовые препараты способны эффективнее инактивировать в почве различные металлы за счёт обогащения или обновления поглощающего комплекса почв, придания ему большей реакционной способности к закреплению токсикантов в недоступные для растений и других живых организмов формы [4, с. 56].

В связи с этим для инактивации загрязненных тяжёлыми металлами почв предлагается целесообразным использовать промышленные гуминовые препараты. Эти препараты благодаря наличию в своём составе гуминовых и фульвокислот обладают высокой ёмкостью поглощения по отношению к ионам многих металлов [5, с. 182; 6, с. 316].

Весьма эффективным средством для детоксикации загрязненных тяжёлыми металлами почв могут служить гуминовые препараты торговой марки «Дарина», изготовленные на основе природного, экологически чистого сырья – озёрного ила (сапропеля).

Особое внимание к никелю (Ni) – химическому элементу, относящемуся ко 2-му классу химической опасности, вызвано высокой токсичностью его соединений, находящихся для живых организмов в повышенных концентрациях в объектах окружающей среды. Например, употребление человеком в пищу растительной продукции, выращенной на почве, сильно загрязнённой никелем, приводит к нервным расстройствам, нарушению синтеза белка, снижению иммунитета, аллергическим реакциям и онкопатологиям [7, с. 16; 8, с. 73].

Цель и задачи исследования. Объектом исследования являлся гуминовый препарат «Дарина», которым обрабатывали загрязнённые никелем донные отложения, почву и их смеси.

Цель работы – оценить применимость препарата для оздоровления донных отложений, путём перевода соединений никеля в менее растворимые формы.

Объекты и методы исследования. Основу препарата, используемого в эксперименте, представляет гумат калия (А) ТУ 2432-010-39429788. Это однородная паста тёмно-коричневого цвета со слабым специфическим запахом сапропеля. Влажность – 85 %, содержание органического вещества – не менее 60 %, плотность – 1,32-1,53 г/см^3. Содержание гуминовых кислот - не менее 15 г/л, фульвокислот – не менее 6,9 г/л. Кислотность препарата изменяется в пределах pH 6,0-7,5. Общее содержание растворимых солей, г/л: N – 0,3-0,5; P_2O_5 – 9-17; K_2O – 15-20. В удобрении также содержатся Ca, Mg, Fe, Se, Ni, V, Li, Br, I в фоновых естественных концентрациях, характерных для сапропеля. Уровень содержания никеля и других сопутствующих металлов – не превышает их ПДК (ОДК) для почвы.

Вегетационный опыт закладывался на юго-западной экспериментальной площадке г. Санкт-Петербурга в пластиковых сосудах размером, см: 30×55×70. Схема двухфакторного опыта включала 8 вариантов в 2-х кратной повторности (табл. 1). На основании данных по содержанию обменных форм наиболее опасных ТМ, в том числе и никеля, в образцах в мг-экв/кг почвы было определено суммарное количество металла, предполагаемое к связыванию в почве. Оно составило для ила – 2,723 мг-экв/кг, почвогрунта – 1,338, смеси почва : ил = 1:1 - 2,293; смеси почва : ил = 3:1 - 2,206. Исходя из того, что «Дарина» за счёт карбоксильных и гидроксильных функциональных групп имеет ёмкость поглощения 800 мг-экв/100 г сухого вещества, была рассчитана необходимая доза препарата с целью связывания тяжёлых металлов (табл. 1).

Сосуды с нержавеющими поддонами заполнялись илом, почвой и их смесями для последующего внесения препарата «Дарина» (07.06.2006 г.). Препарат был внесён дважды с интервалом в 38 суток: 03.07.2006 г. и 09.08.2006 г. Отборы почвенных образцов на анализ были произведены трижды: 13.06.2006 г.; 12.07. и 22.08. – первый раз до внесения удобрения, второй раз – через 10 суток после первого внесения; третий раз – через 14 суток после второго внесения препарата.

Таблица 1 – Схема опыта

Схема опыта	Масса сухого вещества почвы, ила и их смесей, кг/сосуд	Норма внесения препарата, мл/кг	Общее количество препарата, мл/сосуд
Ил	58,4	17,0	993
Почвогрунт	55,2	8,4	464
Почва : ил = 1:1	55,2	14,3	789
Почва : ил = 3:1	55,6	13,8	767

Влажность ила, почвогрунта и их смесей в течение всего эксперимента поддерживали весовым методом в пределах 60-70 % от ПВ путём полива водопроводной водой, учитывая при этом количество водного раствора препарата в общей поливной массе воды на сосуд, а также изначальную разницу в значениях влажности и влагоёмкости отложений и почвы.

Отбор почвенных проб с целью проведения агрохимических анализов проводился тростевым буром после тщательного перемешивания почвы в сосуде. Масса смешанного образца составляла 400-500 г/сосуд.

Анализ почвы, донных отложений и их смесей выполняли согласно принятым в агрохимической практике методикам. Обменная кислотность измерена потенциометрически; гидролитическая кислотность – по методу Каппена; сумма обменных оснований – по Каппену-Гильковицу; содержание подвижного фосфора и обменного калия – по Кирсанову с дальнейшей фотоколориметрией и пламенной фотометрией соответственно. Массовую долю общего углерода устанавливали по методу Тюрина; определение ёмкости поглощения почв, ила и их смесей – по методу Бобко-Аскинази-Алёшина в модификации ЦИНАО. Состав гумуса определён методом Кононовой и Бельчиковой. Гранулометрический состав почвы, ила и их смесей – методом Качинского.

Определение концентрации никеля проводилось в двух вытяжках: водной и с помощью ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) с pH 4,8.

Результаты, отражающие концентрации никеля в вытяжках его соединений из почвы и отложений, обрабатывались корреляционным анализом с целью установления взаимосвязи между ними.

Для приготовления почвенно-иловых смесей была использована почва со слабощелочной реакцией среды и очень низкой гидролитической кислотностью (табл. 2). Содержание общего углерода – низкое; сумма поглощённых оснований, ёмкость катионного обмена и содержание подвижного фосфора – очень высокие; содержание обменного калия – среднее; содержание общего азота – выше среднего. По гранулометрическому составу исходную почву можно отнести к тяжелосуглинистым почвам (табл. 3).

Результаты исследования и их обсуждение. Сапропель имел среднещелочную реакцию среды и очень низкую гидролитическую кислотность (табл. 2). Содержание общего углерода было несколько выше, чем в почве, а сумма поглощённых оснований, ёмкость катионного обмена и содержание общего азота находились на уровне значений этих параметров в почве. Концентрация подвижного фосфора составила 2/3 от концентрации элемента в почве, а содержание обменного калия было более чем в 3 раза выше, чем в почве.

Агрохимическая характеристика почвенно-иловых смесей, в основном, зависела от массовой доли её компонентов (табл. 2).

К концу эксперимента несколько увеличились значения pH водной и солевой вытяжек и уменьшились показания гидролитической кислотности в вариантах без препарата. По-видимому, это связано с тем, что полив производили водопроводной водой, кислотность которой ниже кислотности природных вод в силу присутствия в ней химически щелочных соединений.

Применение гуминового препарата увеличивало содержание подвижного фосфора и особенно обменного калия во всех вариантах опыта. Однако применение препарата существенно не отражалось на увеличении обменных оснований в почве, иле и их смесях.

Использование препарата вызывало заметное увеличение доли гуминовых кислот по отношению к фульвокислотам во всех вариантах. Также действие препарата сказалось на увеличении массовой доли пылевидной и илистой фракций физической глины в почве, иле и почвенно-иловых смесях (табл. 2).

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика почвы, ила и почво-иловых смесей

Вариант	$C_{общ}$, %	pH_{H2O}	pH_{KCl}	Нг	S	ЕКО	Подвижные соединения		N, %	Сг.к./Сф.к.	∑ фракций, % к сух. массе	
							P_2O_5	K_2O			> 0,01 мм	< 0,01 мм
				мг-экв/100 г почвы			мг/100 г					
Отбор образцов – 13.06.2006 г. – до внесения препарата «Дарина»												
Ил	4,60	7,82	7,67	0,52	47,20	94,00	42,0	26,8	0,43	-	-	-
Почва	3,68	7,47	7,32	0,96	49,00	97,00	69,0	8,1	0,39	-	-	-
1:1	3,96	7,69	7,53	0,70	48,00	92,00	52,5	18,1	0,43	-	-	-
3:1	3,75	7,59	7,44	0,70	48,20	94,00	70,5	20,6	0,41	-	-	-
Отбор образцов – 22.08.2006 г. – после второго внесения препарата												
Ил + Дарина	4,60	7,67	7,52	0,52	47,40	-	51,5	36,6	-	0,7	52,6	47,4
Ил + H_2O	4,22	7,77	7,26	0,35	48,60	-	45,0	26,4	-	0,5	55,5	44,5
Почва + Дарина	3,90	7,48	7,27	0,52	47,60	-	87,5	13,0	-	1,6	47,1	52,9
Почва + H_2O	3,86	7,64	7,47	0,52	47,80	-	58,0	7,5	-	0,4	53,5	46,5
Почва: ил - 1:1 + Дарина	4,14	7,56	7,27	0,52	47,60	-	52,0	21,9	-	1,5	45,1	54,9
Почва: ил - 1:1 + H_2O	3,90	7,74	7,54	0,32	47,20	-	65,0	17,5	-	0,7	50,0	50,0
Почва: ил - 3:1 + Дарина	4,05	7,55	7,31	0,52	47,20	-	66,5	23,5	-	1,1	50,2	49,8
Почва: ил - 3:1 + H_2O	4,14	7,70	7,52	0,35	48,20	-	67,5	21,2	-	0,6	44,2	55,8

Анализ гранулометрического состава указывает на тяжелосуглинистый состав илов. Применение гуминового препарата «Дарина» во всех вариантах опыта за исключением соотношения почва : ил = 3:1 приводило к повышению высокодисперсности за счет увеличения массовой доли фракции физической глины, особенно заметно это было отмечено для варианта с почвой (+6,357 %) (табл. 3).

В рамках второго отбора проб из почвы, ила и их смесей гуминовый препарат не приводил к снижению концентрации водорастворимых соединений никеля в 1, 3 и 7 вариантах опыта (табл. 4).

Таблица 3 – Гранулометрический состав почвы, ила и их смесей

Вариант	Количество фракций, % к сухой массе						∑ фракций, % к сухой массе	
	1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	< 0,001	> 0,01 мм	< 0,01 мм
Почва + H_2O	19,781	8,298	25,417	21,417	13,583	11,504	53,496	46,504
Почва + Дарина	11,496	10,171	25,472	21,111	18,528	13,222	47,139	52,861
Ил + H_2O	12,273	14,315	28,872	18,574	15,926	10,040	55,460	44,540
Ил + Дарина	11,818	13,988	26,778	19,750	17,722	9,944	52,584	47,416
Почва: ил - 1:1 + H_2O	16,355	8,729	24,861	20,389	18,444	11,222	49,945	50,055
Почва : ил - 1:1 + Дарина	12,638	6,362	26,111	21,556	19,222	14,111	45,111	54,889
Почва: ил - 3:1 + H_2O	10,818	3,016	30,333	29,166	17,667	9,000	44,167	55,833
Почва : ил - 3:1 + Дарина	16,232	3,160	30,806	24,361	17,219	8,222	50,198	49,802

Таблица 4 – Концентрации водорастворимых и подвижных соединений никеля, мг/кг

№ варианта	1-й отбор проб		2-й отбор проб		3-й отбор проб	
	Водная вытяжка	ААБ с pH 4,8	Водная вытяжка	ААБ с pH 4,8	Водная вытяжка	ААБ с pH 4,8
1. Ил* + Дарина**	0,06	1,15	0,18	1,60	0,11	1,81
2. Ил* + H_2O**	0,06	1,30	0,19	1,75	0,22	1,75
3. Почва* + Дарина**	0,10	0,87	0,16	0,81	0,10	0,84
4. Почва* + H_2O**	0,08	0,83	0,19	1,00	0,10	0,89
5. Почва : ил - 1:1* Дарина**	0,21	1,03	0,14	1,28	0,44	1,03
6. Почва : ил - 1:1* H_2O**	0,04	1,10	0,16	1,12	0,09	1,07
7. Почва : ил - 3:1* Дарина**	0,03	0,89	0,14	0,98	0,15	0,79
8. Почва : ил - 3:1* H_2O**	0,02	0,83	0,13	1,08	0,18	0,83

* – 1-й отбор проб; ** – 2 и 3-й отборы проб

Однако с течением времени в рамках третьего отбора проб инактивирующая способность препарата по отношению к наиболее легкоподвижным соединениям металла несколько увеличивалась и к окончанию эксперимента уже достигала своей начальной концентрации в условиях 3 варианта.

В пробах почвы, ила и их смесей второго отбора на фоне применения «Дарины» отмечена заметная тенденция увеличения концентрации подвижных соединений никеля по сравнению с начальной концентрацией металла (1 отбор).

После второго внесения препарата концентрация подвижных соединений металла заметно снижалась и достигала исходных значений концентраций (5 вариант). Наибольшее снижение подвижных комплексов с никелем под действием гуминового препарата отмечалось в условиях 3 варианта (на 4,6 %) и 7 варианта (11,2 %).

По сравнению с использованием гумата полив почвы, ила и их смесей водой не оказывал существенного влияния на снижение концентрации как водорастворимых форм никеля, так и подвижных форм.

Следует отметить, что отмеченные нами концентрации подвижных форм соединений никеля во всех вариантах не превышали установленной величины предельно-допустимой концентрации металла в почве (ПДК 4,0 мгNi/кг).

Интенсивность и характер инактивации соединений никеля в почве в значительной степени определяются количественным и качественным составом органического вещества почвы или субстрата, на что указывают многочисленные исследования [1, с. 201; 2, с. 107].

Можно предположить, что в нашем случае, прежде всего, значительное содержание Ni^{2+} переводилось гумусовыми соединениями почвы, ила и гуминового препарата при его использовании из более подвижных форм в менее доступные.

Связь никеля с почвенным комплексом может осуществляться путем ионного обмена, комплексообразования (хелатирования), коагуляции, адсорбции и другими механизмами [2, с. 281; 9, с. 841].

Исследованиями установлено, что высокое сродство к поглощению Ni^{2+} проявляют как гуминовые кислоты, так и фульвокислоты [2, с. 298].

Считается, что взаимодействие Ni(II) с гуминовыми кислотами при близко к нейтральной реакции среды (pH 6,1-6,8) занимает ведущее место в закреплении металла ввиду высокой поглотительной способности и устойчивости к разрушению этих соединений.

Дополнительным механизмом связывания никеля могло выступать и химическое осаждение в виде нерастворимых осадков соединений металла ($NiCO_3$, $Ni_3(PO_4)_2$, $Ni(HCO_3)_2$). Так, например, $Ni(OH)_2$ начинает осаждаться при pH 6,7-7,7, а его полное осаждение происходит при pH 9,5 [10, с. 239]. Следует отметить, что необходимые для полного осаждения $Ni(OH)_2$ кислотно-основные условия в опыте так и не были достигнуты ($pH_{KCl} \approx$ 7,3-7,5), следовательно и роль этого механизма в осаждении металла в нашем случае будет незначительна.

Также, вероятно, могло происходить поверхностное поглощение (адсорбция) Ni^{2+} глинистыми минералами почвы и иловых отложений [11, с. 32].

Между различными формами соединений любого химического элемента в почве, в том числе и никеля, существует определенное динамическое равновесие, которое может изменяться под воздействием различных факторов.

Было решено проследить взаимовлияние и трансформацию водорастворимых и подвижных соединений никеля в почве и отложениях под действием гуминового препарата.

Изменение содержания водорастворимых соединений металла в почве (3 вариант) и почво-иловой смеси (5 вариант) сильно зависело от подвижных форм токсиканта ($r = -0,86$ и $r = -0,70$ соответственно).

В 1 и 7 вариантах отмечалась средней и слабой степени взаимосвязь изменения концентрации водорастворимого никеля от концентрации подвижных соединений токсиканта: $r = 0,59$ и $r = -0,10$ соответственно.

На фоне полива почвы и донных отложений в условиях 2 и 4 вариантов между концентрациями двух форм отмечались следующие высокие взаимосвязи: $r = 0,98$, $r = 0,98$ соответственно. При поливе почво-иловых смесей (6 и 8 варианты) прослеживалась средней и слабой тесноты взаимосвязь ($r = 0,48$ и $r = 0,21$) соответственно.

Выводы. По результатам вегетационного опыта наилучшим вариантом, в котором отмечалась наибольшая относительная инактивация как водорастворимых, так и подвижных форм соединений никеля, на фоне применения органо-минерального препарата «Дарина» являлся 3 вариант.

Список используемой литературы

1. Тяжелые металлы в системе почва – растения – удобрения / под ред. М.М. Овчаренко. М.: Пролетарский светоч, 1997.

2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989.

3. Уткин А.А. Влияние цеолитсодержащего препарата на физико-химические свойства торфяной низинной почвы и аккумуляцию свинца растениями // Агрохимия. 2010. № 4. С. 62-68.

4. Черных Н.А. Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва – растение при различной антропогенной нагрузке: дис. ... д-ра. биол. наук. М., 1995.

5. Лиштван И.Н., Круглицкий И.Н., Третинник В.Ю. Физико-химическая механика гуминовых веществ. Минск: Наука и техника, 1976.

6. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1992.

7. Черненькова Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002.

8. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. М.: Агроконсалт, 2002.

9. Карпухин А.И. Комплексные соединения гумусовых кислот с тяжелыми металлами // Почвоведение. 1998. № 7. С. 840-847.

10. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1967.

11. Кокотов Ю.А. Иониты и ионный обмен. Л.: Химия, 1980.

References

1. Tyazhelye metally v sisteme pochva – rasteniya – udobreniya / pod red. M.M. Ovcharenko. M.: Proletarskiy svetoch, 1997.

2. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. M.: Mir, 1989.

3. Utkin A.A. Vliyanie tseolitsoderzhashchego preparata na fiziko-khimicheskie svoystva torfyanoy nizinnoy pochvy i akkumulyatsiyu svintsa rasteniyami // Agrokhimiya. 2010. № 4. S. 62-68.

4. Chernykh N.A. Zakonomernosti povedeniya tyazhelykh metallov v sisteme pochva – rastenie pri razlichnoy antropogennoy nagruzke: dis. ... d-ra. biol. nauk. M., 1995.

5. Lishtvan I.N., Kruglitskiy I.N., Tretinnik V.Yu. Fiziko-khimicheskaya mekhanika gu-minovykh veshchestv. Minsk: Nauka i tekhnika, 1976.

6. Orlov D.S. Khimiya pochv. M.: Izd-vo MGU, 1992.

7. Chernenkova T.V. Reaktsiya lesnoy rastitelnosti na promyshlennoe zagryaznenie. M.: Nauka, 2002.

8. Chernykh N.A., Ovcharenko M.M. Tyazhelye metally i radionuklidy v biogeotsenozakh. M.: Agrokonsalt, 2002.

9. Karpukhin A.I. Kompleksnye soedineniya gumusovykh kislot s tyazhelymi metallami // Pochvovedenie. 1998. № 7. S. 840-847.

10. Lure Yu.Yu. Spravochnik po analiticheskoy khimii. M.: Khimiya, 1967.

11. Kokotov Yu.A. Ionity i ionnyy obmen. L.: Khimiya, 1980.