

Журнал входит в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index на платформе Web of Science и включен в международную информационную систему, международную базу данных химических научных журналов Chemical Abstracts (CAS (pt)) и международную исследовательскую базу данных Research Bible.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

- Юрченко И.Ф.* Специфика системы удобрения в орошаемом земледелии.....2
- Годунова Е.И., Шкабарда С.Н.* Эффективность гидрогеля на пятый год после внесения на обыкновенных черноземах в условиях Ставрополя.....8
- Глаз Н.В., Уфимцева Л.В.* Перспективы применения удобрения пролонгируемого действия BASACOTE при выращивании посадочного материала в контейнерах.....12
- Кирпичников Н.А., Алиев А.М., Цимбалист Н.И.* Оценка систематического применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы.....15
- Павлов В.Ю., Пуховская Т.Ю.* Обоснование применения органоминерального удобрения Сапросил на городских почвах.....19
- Богомазов С.В., Беленков А.И. и др.* Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрений Гумостимом в лесостепной зоне Поволжья.....22
- Чевычелов А.П., Барашкова Н.В. и др.* Влияние длительного применения удобрений на урожайность растений и изменение свойств мерзлотной лугово-черноземной почвы.....26

### СВОЙСТВА ПОЧВ

- Соловichenko В.Д., Никитин В.В., Карабутов А.П.* Влияние агротехнических факторов на показатели нитрифицирующей способности чернозема типичного.....32
- Чуян Н.А., Брескина Г.М.* Оптимизация содержания и состава органического вещества в черноземе типичном.....35
- Комарова Н.А.* Динамика содержания органического вещества светло-серой лесной почвы в зависимости от различных паров.....40
- Празина Е.А.* Влияние экспозиции склонов и степени смывости на плодородие черноземов лесостепной зоны.....44

### РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА И МИКРОУДОБРЕНИЯ

- Киникаткина А.Н., Русяев И.Г.* Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян комплексными микроудобрениями и бактериальными препаратами.....48
- Фоменко Т.Г. и др.* Разработка регламентов применения регулятора роста Регалис в интенсивных насаждениях яблони.....51
- Савченко О.М.* Эффективность обработки корнеобразователями посадочного материала Родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.).....56
- Бондарев Ю.П., Зубкова Т.А.* Регулятор роста Симбионта как фактор повышения продуктивности сельскохозяйственных растений.....61

### ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ АГРОХИМИИ

- Торшин С.П.* К 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева.....66

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

- Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н.* Особенности использования уравнений множественной регрессии для прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы.....69

## CONTENTS

### FERTILIZERS APPLICATION

- Yurchenko I.F.* Specificity of the fertilizer system in irrigated agriculture.....2
- Godunova E.I., Shkabarda S.N.* Efficiency of hydrogel at fifth year application at ordinary chernozem in conditions of Stavropol region....8
- Glaz N.V., Ufimtseva L.V.* Perspectives of application of controlled-release fertilizer BASACOTE for growing of planting material in containers.....12
- Kirpichnikov N.A., Aliyev A.M., Tsimbalist N.I.* Estimation of systematic application of chemicalization means for winter wheat cultivation....15
- Pavlov V.Yu., Pukhovskaya T.Yu.* The substantiation of organic-mineral fertilizer Saprotil application at urban soils.....19
- Bogomazov S.V., Belenkov A.I., Tkachuk O.A., Simonyan M.A., Ljandenburskaja A.V.* Spring wheat productivity depending on system of main soil treatment and humic fertilizers in the forest-steppe zone of Volga region.....22
- Chevychelov A.P., Barashkova N.V., Zakharova O.G., Ustinova V.V., Arzhakova A.P.* The effect of long-term use of fertilizers on crop yields and changes in the properties of permafrost meadow-chernozem soil.....26

### SOIL PROPERTIES

- Solovichenko V.D., Nikitin V.V., Karabutov A.P.* Influence of agrotechnical factors on parameters of nitrification possibility of typical chernozem.....32
- Chuyan N.A., Breskina G.M.* Optimization of organic matter content and composition in typical chernozem.....35
- Komarova N.A.* Dynamics of organic matter content in light-grey forest soil in dependence of different fallows.....40
- Prazina E.A.* Influence of the slopes exposition and degree of the erosion on some indicators of chernozem fertility in forest-steppe zone....44

### PLANT GROWTH REGULATORS AND MICROFERTILIZERS

- Kshnikatkina A.N., Rusyaev I.G.* Yield wheat cultivation and quality of various wheat depending on seed pregnancy treatment complex microfertilizers and bacterial preparations.....48
- Fomenko T.G., Popova V.P., Nenko N.I., Shadrina Z.A.* Development of regulations for the use of Regalis regulator in intensive apple tree plantations.....51
- Savchenko O.M.* The efficiency of processing by root formers the planting material of the roseroot (*Rhodiola rosea* L.).....56
- Bondarev Yu.P., Zubkova T.A.* Plant growth regulator Symbionta as factor for crops yield increase.....61

### MEMORABLE DATES OF AGROCHEMISTRY

- Torshin S.P.* To 175<sup>th</sup> anniversary of K.A. Timiryazev.....66

### METHODOLOGY OF RESEARCH

- Pasyнков A.V., Pasynkova E.N.* Particulars of the use of multiple regression equations for forecast of wet gluten content in wheat grain.....69

Главный редактор: И.С. Прохоров, к.с.-х.н.

Редакция: И.И. Прохорова (директор), М.А. Королькова, Н.В. Куроптева

Редколлегия: А.И. Беленков, д.с.-х.н., С.Л. Белопухов, д.с.-х.н., Н.М. Белоус, д.с.-х.н., Н.В. Войтович, д.с.-х.н., Л.А. Дорожкина, д.с.-х.н., А.А. Завалин, д.с.-х.н., А.Л. Иванов, д.б.н., Л.В. Кирейчева, д.т.н., Н.В. Клебанович, д.с.-х.н. (Беларусь), А.В. Кураков, д.б.н., С.В. Лукин, д.с.-х.н., С.М. Лукин, д.б.н., М.М. Овчаренко, д.с.-х.н., А.В. Пасынков, д.б.н., Т.Ф. Перскова, д.с.-х.н. (Беларусь), А.А. Плотников, к.с.-х.н., О.А. Подколзин, д.с.-х.н., П.Д. Попов, д.с.-х.н., Н.И. Санжарова, д.б.н., В.Г. Сычев, д.с.-х.н., В.И. Титова, д.с.-х.н., П.А. Чекмарев, д.с.-х.н.

Адрес для переписки: 115419, Москва, Шаболовка, 65-1-50. Тел/факс: (495) 952-76-25

www.agrochemv.ru e-mail: agrochem\_herald@mail.ru

Отпечатано в ООО «САМ Полиграфист», г. Москва, 109316, Волгоградский пр-т, д. 42, корп. 5

Подписано в печать 13.06.2018 г. Печать цифровая. Формат 60x90/8. Заказ 76402

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации 29 апреля 1997 г. № 011095

# ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.67:635.1/.7:635.61/.63  
DOI 10.24411/0235-2516-2018-10001

## СПЕЦИФИКА СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

**И.Ф. Юрченко, д.т.н.**

*ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, e-mail: irina.507@mail.ru*

*Результаты анализа современных подходов к реализации системы удобрений на поливе со всей очевидностью выявили их взаимовлияние, обеспечивающее эффект синергизма. В работе определены рациональные приемы, способы и сроки внесения основных доз удобрений с учетом особенностей питания корневой системы растений на орошении. Показана действенность микроудобрений, обоснована необходимость их применения и представлены приоритетные технологии внесения, направленные на максимальную равномерность распределения микроэлементов по площади орошения. Охарактеризованы преимущества уникальных возможностей внесения удобрений с поливной водой (фертигации), а также высокие технико-экономические показатели способа гербигации при дождевании. Рассмотрены отличительные приемы химической мелиорации на базе влагозарядко-опреснительных поливов, обеспечивающих предотвращение и ликвидацию осолонцевания орошаемых почв. Представлены рекомендации по формированию базовых режимов питания ведущих культур орошаемых агрофитоценозов: овощных, картофеля, полевых и кормовых севооборотов. В практической деятельности сельхозтоваропроизводителей полученные результаты будут способствовать оптимизации системы удобрения севооборотов на поливе, базирующейся на максимальном учете специфических отличий режима питания орошаемых агроценозов, а также формированию приоритетов в направлении исследований по совершенствованию действующей теории, методов, способов и технологий его рационализации.*

**Ключевые слова:** *специфика, орошение, удобрение, химические мелиоранты, анализ, обобщение, рекомендации.*

## SPECIFICITY OF THE FERTILIZER SYSTEM IN IRRIGATED AGRICULTURE

**Dr.Sci. I.F. Yurchenko**

*ARSRI for Hydrotechnics and Melioration named after A.N. Kostyakov, e-mail: irina.507@mail.ru*

*The analysis of the modern approaches to the implementation of the system of fertilizers under irrigation has shown their interaction and interaction, which provide the effect of synergy. Rational methods, terms of application as well as basic rates of fertilizers taking into account the features of nutrition of the root system of plants under irrigation are given in the paper. The efficiency of micronutrients, the necessity of their application, as well as major techniques which provide uniformity of distribution of microelements within the irrigated area are shown. The advantages of the unique opportunities of fertilizers' application together with irrigation water (fertigation), as well as high technical and economic parameters of the herbigation under sprinkler irrigation are considered. The main features of chemical amelioration on the basis of water-storage-desalinating irrigation which provide prevention and elimination of salinity of irrigated soils, are described. Recommendations on formation of the basic nutrient modes for the leading irrigated crops in the agrophytocoenosis: vegetables, potato, forage and field crop plants were developed. In practice agricultural producers will contribute to the optimization of the system of fertilizer for crop rotations under irrigation, based on specific differences in the nutrition of the irrigated agricultural lands, as well as to the priorities in the area of research on improving the current theories, methods, techniques and technologies.*

**Keywords:** *specificity, irrigation, fertilizer, chemical ameliorants, analysis, generalization, recommendations.*

Орошаемое земледелие – важнейший фактор успешного решения задач снабжения населения продуктами питания [1, 2]. Поливы, ликвидируя дефицит водообеспеченности корнеобитаемого

слоя почвы, усиливают ее биологическую активность и активизируют процесс поглощения питательных веществ растениями. Система удобрения на поливе требует профессионального подхода,

базирующегося помимо общих положений, характерных для возделывания конкретных сельхозкультур в определенных условиях, на учете специфических особенностей удобрения растений в севооборотах при орошении. Вместе с тем в период реформирования хозяйственного механизма страны, решения вопросов о праве собственности на землю и формирования многоукладной экономики сельского хозяйства появился значительный класс сельхозтоваропроизводителей, не имеющих специального образования, необходимых знаний и требующегося опыта для принятия адекватных и своевременных решений [1-3]. В этой связи популяризация существующих достижений, акцентирование внимания на имеющихся трудностях и выявление их в практической деятельности – актуальная задача совершенствования культуры поливного землепользования.

**Цель работы** – научное обоснование оптимизации системы удобрения севооборотов на поливе, изучение особенностей режима питания сельхозкультур и технологий внесения удобрений, обеспечивающих экологически благоприятные мелиоративные режимы зонально-провинциальных почв России.

**Методика исследований.** В работе использованы информационно-аналитические подходы, включающие сбор, обобщение, структуризацию, анализ и синтез материалов, освещающих процессы и технологии удобрения сельскохозяйственных культур на поливе. Изучена действующая нормативно-методическая база, разработки научно-исследовательских и производственных организаций, включая ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, а также труды зарубежных и отечественных ученых по тематике исследований.

**Результаты.** *Взаимовлияние орошения и удобрения.* Действенность использования сельхозкультурами элементов питания из почвы обусловлена степенью увлажненности посевов. Эти показатели взаимосвязаны и в значительной мере определяют уровень урожайности, что наглядно иллюстрируют данные исследований научных учреждений [4-6].

В орошаемом землепользовании создаются благоприятные условия для действенности удобрений, которая на поливе в 1,5-2 раза выше, чем при возделывании сельхозкультур на богаре. Особенно высокий эффект достигается в засушливых районах. Установлено, что прибавки урожайности от использования удобрений на поливе достигают: 7-10 ц/га для зерновых колосовых культур, для кукурузы 15-20 ц/га, картофеля и сахарной свеклы 50-100 ц/га [7, 8].

Внесение удобрений создает растениям необходимые условия для эффективного использования поливной воды. С увеличением влажности почвы удельные затраты воды, исчисляемые на единицу произведенной продукции, могут возрасти, но удобрения для всех условий увлажнения уменьша-

ют их. Внесение удобрений сокращает расход воды из расчета 24-80% на 1 т продукции, что заметно снижает коэффициент водопотребления растений.

Для выращивания экологической продукции и недопущения загрязнения окружающей среды удобрения следует вносить согласно потребности растений, не допуская их избытка. Отклонение от этого требования может стать еще и причиной снижения урожайности, вызванной формированием токсической насыщенности почвенного раствора; несоблюдением рациональных пропорций находящихся питательных веществ; недостаточной увлажненностью почвогрунтов и низким уровнем углекислого газа в воздухе, снижающим фотосинтез; засоренностью агрофитоценозов.

Поливаемые агроценозы, формируемые на почвах каштанового и светлокаштанового типа, активно используют азотистые удобрения, хуже – фосфорные и намного хуже – калийные. На почвах черноземного типа отмечается хорошая отзывчивость сельхозкультур на азотосодержащие и фосфорные удобрения и, меньшая – на калийные. На поливе значимое влияние на урожайность кукурузы, картофеля, овощных и многолетних насаждений установлено также для навоза, компостов и птичьего помета и, максимальное, – для использования минеральных и органических удобрений совместно, так как это уменьшает концентрацию солей в почве. Из результатов работ НИИ сельского хозяйства Юго-Востока следует, что внесение под сахарную свеклу навоза 30 т/га на поливе увеличивает ее урожайность на 95 ц/га, а совместное внесение навоза и минеральных удобрений – на 178 ц/га [9].

Хозяйства с небольшими площадями орошения, повышают продуктивность почвы и урожайность возделываемых на поливе сельхозкультур внесением повышенных объемов навоза (80-100 т/га) совместно с минеральными удобрениями. Разовое внесение этой дозы в семипольном севообороте равнозначно внесению 11,4-14,3 т/га навоза ежегодно.

Эффективность воздействия навоза в орошаемой зоне значимо ориентирована в направлении с юга на север. Традиционно разовый (ударный) объем внесения навоза на поливе составляет 40-60 т/га. При ограниченной доступности продуктивной влаги растениям такие дозы не вызывают роста урожайности. При ежегодном обеспечении навозом в дозе 7-10 т/га на почвах каштанового типа достигается бездефицитный баланс гумуса. Для предотвращения деградации черноземов рекомендуется ежегодно вносить 330-350 кг/га минеральных удобрений и 10-15 т/га органики (навоза), что способствует расширенному воспроизводству плодородия почвы [4, 10].

Замену навозу при выращивании овощей на орошении могут составить сидераты и запаханые остатки растений после уборки урожая [11]. Сидера-

ты (маш, соя, шабдар, сераделла, редька масличная, горчица, вика, викигороховая смесь и др.) целесообразно высевать вслед за уборкой ранних овощей. В роли органического удобрения экономически выгодна солома зерновых колосовых культур [10, 12]. Из-за большого размаха соотношения содержащихся в соломе углерода и азота процесс ее минерализации в почве сопровождается иммобилизацией азота, что должно компенсироваться внесением его с минеральными удобрениями из расчета по 10-12 кг/т запаханной соломы. Запашка 1 т соломы по действительности равноценна не менее 2т навоза.

Рост продуктивности сельхозугодий на поливе требует увеличения питательных веществ для растений, поэтому объемы используемых минеральных удобрений в орошаемом землепользовании повышаются (как правило, на 30-50%) пропорционально величине оросительных норм [7, 8]. Система удобрения формируется в соответствии с природными особенностями агроландшафта и биологией сельхозкультур, их сортов и гибридов. Объемы удобрений на прогнозируемый урожай учитывают наличие в расчетном слое почвы доступных растениям соединений азота, фосфора и калия, коэффициент их потребления возделываемыми сельхозкультурами, а также с выносом элементов питания с урожаем.

*Сроки и способы внесения удобрений.* На действенность удобрений влияют время, методы и технологии их внесения, определяющие степень доступности питания для сельхозкультур. Основной объем удобрений вносят до сева, преимущественный объем фосфорных и калийных удобрений – под зяблевую вспашку, азотных – после пахоты и влагозарядкового полива или весной перед культивацией. В условиях неблагоприятного весеннего увлажнения внесение минеральных удобрений под вспашку действеннее их внесения под культивацию. При наличии необходимого объема почвенной влаги действенность удобрений растет для любого из рассмотренных выше периодов их весеннего внесения. Максимально эффективно вносить удобрения весной локальным способом. Строчное внесение удобрений повышает доступность элементов питания растениям, которые имеют слаборазвитые корни. Быстродействующие гранулированные удобрения заделывают при посеве глубже семян. Орошение формирует условия для широкого применения подкормок совместно с поливами. Азотные удобрения при подкормке вносят с последующим поливом.

Объемы и способы обеспечения растений минеральными удобрениями в значительной мере обусловлены наличием питательных вещества в оросительной воде (табл. 1) и глубиной залегания грунтовых вод. При норме орошения в 2000-3000 м<sup>3</sup>/га с поливной водой могут поступить следующие элементы питания: 10-20 кг азот, 3-5 кг – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 20-30 кг K<sub>2</sub>O. Их следует предусматривать в планируе-

мых к внесению объемах удобрений. В первую очередь это относится к внесению азота и калия. При глубине грунтовых вод от 3 до 5 м наличие азота в них может достигать 20-40 мг/л и выше, в связи с чем планируемые объемы удобрений требуется снизить на 10% с целью предотвращения загрязнения природы. Если грунтовые воды располагаются на глубине 2-3 м, то объемы вносимых азотных удобрений снижаются на 20% [7].

*Микроудобрения на поливе.* На высоком уровне питания агроценозов хорошо заметна действенность микроудобрений – молибдена, бора, меди, марганца и прочих. Их вносят небольшими дозами: бор 1-3 кг/га, марганец 2-6 кг/га, медь 1-4 кг/га, цинк 1-4 кг/га, кобальт – 1-3 кг/га, молибден – 1-4 кг/га [13]. Завышение доз чревато негативными экологическими последствиями, а занижение – отсутствием необходимого воздействия. Целесообразно применять микроудобрения в комплексе жидких удобрений и других агрохимикатов. Альтернативой заделки микроэлементов в почву становится предпосевная обработка микроудобрениями семенного материала. Заделка микроудобрений в почву связана с повышением объемов вносимых микроэлементов в сравнении с такими же операциями их внесения, как обработка семян, некорневая подкормка растений, так как многие растворенные соли взаимодействуют с почвой. Микроэлементы из растворимых солей эффективно используются сельхозкультурами на кислых почвах (до pH 6). В иных условиях они растениям недоступны, в связи с чем микроудобрения желательно применять в хелатной (подвижной биологически активной органоминеральной) форме [14]. Применяя микроэлементы как удобрения, необходимо выдерживать требуемую пропорцию между ними и обеспечивать необходимое наличие доступных растениям макроэлементов в почве. Следуя требованиям растительной диагностики состояния сельхозкультур, микроудобрения нужно вносить при снижении наличия марганца и цинка в вегетативных органах растений до 25 мг и менее на 1 кг сухого вещества (листья и стебли), меди – до 6 мг/кг, бора – 10 мг/кг, молибдена – менее 0,2 мг/кг [13].

*Фертигация и гербигация.* Высокая эффективность удобрений на поливе возможна только на благоприятных в мелиоративном отношении землях, не

### 1. Фактический и нормативный состав элементов питания в поливной воде, мг/л [7]

Элемент питания	Фактическое содержание в поливной воде	Нормативное содержание	
		жесткая вода	мягкая вода
Азот – N (NO <sub>3</sub> -N)	0,3-5,0	5,0	4,0
Карбамид – N (NH <sub>4</sub> -N)	0,1-1,0	0,2	0,5
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,3-1,5	0,2	0,1
Калий (K <sub>2</sub> O)	3-10	5,1	0,1

засоренных, оптимально обеспеченных питанием для возделываемых севооборотов. В связи с этим повышенное внимание получают такие прогрессивные операции агротехнологий, как фертигация и гербигация, обеспечивающие доставку агрофитоценозам с оросительной водой, соответственно, макро- и микроудобрений, химических мелиорантов и гербицидов.

Жидкие удобрения, растворы, устойчивые взвеси твердых удобрений вносятся с помощью гидроподкормщиков. Некорневые подкормки сельхозкультур на поливе, которые наиболее применимы для орошения, эффективно проводят при помощи устройств, смонтированных на дождевальных агрегатах [15-18]. В крайнем случае, для подачи удобрений с водой раствор удобрений добавляют во временный ороситель.

Внесение удобрений на базе широкозахватных дождевальных машин и установок освобождает тракторные разбрасыватели, снижает объем технологических операций, повышает действенность использования поливной техники. Это значимо сокращает трудозатраты, материально-технические ресурсы, финансовые средства и энергию [19, 20].

Выполненные исследования и производственный опыт показали высокую действенность использования удобрений с поливной водой, например, прирост урожайности кукурузы достигает 5-10 ц/га и более по сравнению с традиционными операциями внесения [19]. Из азотных удобрений с оросительной водой наиболее часто вносится карбамид, из фосфорных – аммофос, из калийных – калий хлористый и сульфат калия. Промышленно выпускаются специальные водорастворимые агрохимикаты на базе хелатов, оптимизированные по содержанию макро- и микроэлементов питания сельхозкультур. Указанные агрохимикаты разнятся по маркам, в которых учтены свойства выращиваемых культур, эффективные периоды вегетации сельхозкультур, их физиолого-биохимические особенности, показатели почвенного раствора, химические свойства оросительной воды и др.

При подкормке сельхозкультур способом фертигации необходимо соблюдать ограничения на объемы удобрений в оросительной воде, учитывая ее контакт с надземной частью растений. Пропашные овощные культуры более уязвимы токсичностью удобрений, чем зерновые злаки. Чувствительность сельхозкультур к насыщенности растворов удобрений снижается по мере развития вегетативной массы растений. В сухую и теплую погоду насыщенность удобрений в оросительной воде может быть снижена вдвое, по сравнению с их насыщенностью в оросительной воде в периоды влажной и прохладной погоды. Мелкие капли оросительной воды менее опасны для сельхозкультур, чем крупные. Максимально допустимая насыщен-

ность удобрений в полной поливной норме – не более 0,3-0,1%. Вносят их с небольшой частью поливной нормы при обязательном последующем смыве удобрений с растений чистой водой. Допустимая насыщенность в оросительной воде: азота – не превышает 1%, фосфора – 2%, калия – 3%. Значительнее всех элементов вредит сельхозкультурам аммиак. Насыщенность карбамида можно повышать: для огурца – от 0,3 до 0,4%; для томата и кукурузы – от 0,4 до 0,6%; для капусты и картофеля – от 0,8 до 1%; для свеклы – от 1,5 до 2%; для зерновых – от 5 до 10%; люцерны – не более 2,5% [16].

Внесение удобрений с оросительной водой хорошо согласуется с комплексом агроприемов интенсивного земледелия, прежде всего с гербигацией. При средней засоренности посевов с сорняками выносятся не менее 50 кг/га NPK, достигая в экстремальных случаях 200 кг/га, в то время как на формирование 1 т зерна расходуется порядка 65-70 кг NPK [16]. Гербигацию можно применять, практически для всех способах полива, но самый действенный – дождевание, которое обеспечивает максимальную равномерность поступления поливной воды и гербицидов на площадь орошения. Периоды и объемы внесения гербицидов определяются возделываемой культурой, функциональными возможностями используемого агрохимиката и почвенно-климатическими условиями агроландшафтов. Применяют как предпосевную, так и послепосевную процедуры внесения агрохимикатов, но во всех случаях ее выполняют до появления всходов. Гербигацию необходимо выполнять при нормах полива, гарантирующих поступление агрохимикатов на нужную глубину без формирования поверхностного тока воды и инфильтрации: на легких по гранулометрическому составу почвах от 150 до 200 м<sup>3</sup>/га, на средних – от 200 до 230 м<sup>3</sup>/га, на тяжелых – до 250 м<sup>3</sup>/га [19]. По сравнению с общепринятой технологией внесения агрохимикатов гербигация существенно повышает урожайность севооборотов. Так, прирост урожайности зерна кукурузы составляет от 4 до 17 ц/га, зерна послеуборочной сои – от 3 до 7 ц/га. Ликвидация сорняков при гербигации достигает 90,4-99,9% [17].

*Химическая мелиорация почв на орошении.* Орошение почв, предрасположенных к осолонцеванию, без химической мелиорации ведет к образованию соды, и, как следствие, к потере урожая до 30-50% [19]. Содержание в почвенном комплексе обменного натрия выше 5% суммы поглощенных оснований становится критическим и отрицательно сказывается на водном и питательном режимах орошаемых почв. При орошении неустойчивых к осолонцеванию почв помимо приемов, повышающих влагоемкость почвогрунтов, необходимо соблюдать ограничения на допустимое количество поглощенного натрия в составе вносимых химмелиорантов (табл. 2).

Создание промывного режима в расчетном слое почвы при влагозарядко-опреснительном поливе обеспечивает вынос продуктов обмена химмелиоранта с почвой и повышает эффективность действия химического мелиоранта. Для снижения содержания обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе вносят различные химические мелиоранты, из которых максимально доступными и экономически выгодными являются гипс и фосфогипс. Внесение фосфогипса с оросительной водой увеличивает его эффективность до 3 раз. Урожайность кукурузы при внесении 0,5 т/га фосфогипса с оросительной водой на темно-каштановых солонцеватых почвах увеличивается на 23%, а при внесении с аммиачной селитрой – на 35% [19].

Важную роль в формировании правил питания сельхозкультур играют специальные удобрительные поливы: бытовыми стоками, сточными водами промышленных предприятий и животноводческих комплексов, а также полой водой, включающей значительный объем взвесей, которые отлагаясь на поливаемых землях удобряют их [20].

Традиционно на орошении в России возделывают овощи и картофель, кормовые и полевые севообороты. По степени отклика на воздействие минеральных удобрений ведущие полевые культуры размещают в следующем порядке: озимая пшеница, ячмень, овес, просо (увеличение урожайности составляет от 7 до 12 ц/га), кукуруза (от 6 до 8 ц/га), горох (от 2 до 4 ц/га) [8]. Максимально высокая урожайность озимой пшеницы достигается при внесении органических удобрений совместно с минеральными удобрениями. При возделывании пшеницы навоз при недостаточной водообеспеченности корнеобитаемого слоя почвогрунтов изначально вносят под занятые пары, а также под пропашные культуры, предшествующие пшенице (кукуруза на силос), обеспечивая ей возможность использовать последствия навоза. Рациональный объем внесения навоза на занятом паре равен 30-35 т/га, под предшественник – 35-40 т/га, что при незначительном снижении урожайности пшеницы, резко повышает прирост вегетативной массы кукурузы и

в целом продуктивность севооборота [8]. Повышение объемов внесенного навоза до 20-40 т/га способствует приросту урожая зерна пшеницы в целом, но удельное значение производства продукции (из расчета на 1 т навоза) – снижается. При ограничениях на наличие органических удобрений вносить навоз под озимые колосовые культуры в объеме 40 т/га не рекомендуется [10].

В кормовых севооборотах высшей отзывчивостью на рациональное удобрение в расчетных дозах отличаются многолетние травы (третьего и четвертого года жизни из пятилетнего периода возделывания), продуктивность которых с внесением 1 кг д.в. удобрений увеличивается до 14,0-15,0 корм.ед. Умеренная положительная реакция на удобрение отмечена у многолетних трав первого, второго и пятого годов жизни, а также у колосовых злаков с поукосным посевом трав на зеленый корм. В среднем, окупаемость 1 кг д.в. удобрений на многолетних травах за пятилетний период жизни значительно выше (до 20-25%), чем у однолетних культур севооборота [8]. Кроме того, формируя большой урожай надземной биомассы и соответствующее количество корней, многолетние травы способствуют улучшению важнейших водно-физических и продукционных свойств почвы.

Для формирования высоких и устойчивых урожаев овощных культур необходимы окультуренные почвы, имеющие нейтральную реакцию среды. Ранние и теплолюбивые овощные культуры активно вегетируют на отзывчивых к прогреванию легких и средне суглинистых почвах. Для поздних овощных культур гранулометрический состав почв менее значим. По ограничениям в процессе возделывания на пищевой режим овощные культуры делятся на три класса. Первый класс овощных культур (огурец, лук, чеснок, морковь, петрушка, перец, баклажан, цветная и брюссельская капуста, салат) отличает высокая требовательность к соответствию действующего пищевого режима потребности сельхозрастений в компонентах пищи для каждого периода их вегетации. Второй класс овощных культур (капуста белокочанная и кольраби, томат, свекла столовая, шпинат, сельдерей, фасоль, тыква, кабачок) требует соблюдения пищевого режима в процессе выращивания. Третий класс (горошек зеленый, редис, редька, щавель) – средне требовательные к пищевому режиму овощные культуры. Каждой овощной культуре присуща своя специфика в избирательности компонентов пищи. Листовые овощи (салат, шпинат, щавель) характеризуются высоким уровнем питания азотом, корнеплоды – калием, томат – фосфором, огурец – фосфором и калием. Овощам, с длительным сроком хранения необходимо получать в полном объеме фосфор и калий. Картофелю в рациональных условиях возделывания необходимо на каждую тонну биопродукции (клубни вместе с бот-

**2. Допустимое количество поглощенного натрия в составе химмелиорантов [16]**

Сельскохозяйственные культуры	Допустимое количество поглощенного натрия, % от емкости поглощения
Кормовые (донник, волоснец, пырей бескорневищный, ячмень, овес, просо, люцерна, суданская трава)	до 15
Зерновые, свекла, подсолнечник	до 10-12
Овощные	5-7
Сады, виноградники	3-5

вой) от 5 до 6 кг азота (N), от 1,5 до 2 кг фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и от 7 до 9 кг калия (K<sub>2</sub>O). Во время выращивания потребность картофеля в объемах и составе компонент питания неравномерна; максимум потребности приходится на периоды бутонизации и цветения, когда формируется основная биомасса. До цветения картофель потребляет от 50 до 70% общего объема необходимого азота, фосфора и калия.

Для повышения действенности удобрений и средств химизации на поливе необходимо оптимизировать комплекс агромелиоративных приемов возделывания сельхозкультур на орошении [16-19], а также мероприятий по эксплуатации инженерных

гидромелиоративных систем [20-24].

*Удобрения, химические мелиоранты и агрохимикаты играют первостепенную роль в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур на поливе для различных почв и в различных природно-климатических условиях. Доля минеральных удобрений в действительности агротехнических мероприятий достигает 60%, органических удобрений – 15-20%, химмелиорантов – 5-10%, качества возделывания почвы – 10-20%, что обуславливает необходимость неукоснительного учета специфики удобрения и химизации в системе орошаемого земледелия.*

### Литература

1. Юрченко И.Ф., Носов А.К. Эффективность организационно-правовых форм использования мелиорируемых земель // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2012, № 6. – С. 10-12.
2. Балакай Г.Т., Юрченко И.Ф., Лентяева Е.А., Ялалова Г.Х. Повышение ответственности сельхозтоваропроизводителей за воспроизводство почвенного плодородия мелиорируемых земель // Агрохимический вестник, 2015, № 2. – С. 29-33.
3. Балакай Г.Т., Юрченко И.Ф., Лентяева Е.А., Ялалова Г.Х. Безопасность бесхозных гидротехнических сооружений. LAP LAMBERT, 2016. – 85 с.
4. Докучаева Л.М., Юркова Р.Е. Влияние длительного орошения на почвообразовательные процессы темно-каштановых почв // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия, 2017, №. 2. – С. 198-204.
5. Гобеев А.Б., Губер К.В. Орошение овощных культур дождеванием. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 72 с.
6. Петров Н.Ю., Калмыкова Е.В. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья // Известия ОГАУ, 2017, № 2 (64). – С. 29-31.
7. Долгополова Н.В., Пигорев И.Я., Медведев А.В. Оптимизация минерального питания томата в защищенном грунте центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2016, № 1. С. 48-53.
8. Шевченко П.Д., Дробилко А.Д. Эффективные севообороты // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU, 2008, № 35. – С. 25-40.
9. Жеруков Б.Х., Шалов Т.Б. Удобрение и орошение как факторы интенсификации адаптивного ландшафтного земледелия // Аграрная наука, 2012, № 12. – С. 16-18.
10. Русакова И.В. Воспроизводство плодородия почв на основе возобновляемых биоресурсов // Агрохимический вестник, 2013, № 4. – С. 7-12.
11. Довбан К. Зеленое удобрение в современном земледелии. – Litres, 2017. – 404 с.
12. Русакова И.В. Ресурсосберегающие технологии использования растительных остатков // Агрохимический вестник, 2012, № 3. – С. 40-42.
13. Булыгин С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве. – Днепропетровск, 2007. – 102 с.
14. Гайсин И.А., Пахомова В.М. Итоги разработки и изучения механизма действия хелатных микроудобрений марки ЖУСС // Агрохимический вестник, 2017, № 5. – С. 45-47.
15. Балакай Г.Т., Васильев С.М., Бабичев А.Н. Концепция дождевальной машины нового поколения для технологии прецизионного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2017, № 2. – С. 1-18.
16. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / под редакцией Л.В. Кирейчевой. – М.: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017. – 296 с.
17. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами / под редакцией Л.В. Кирейчевой. – М.: ВНИИА, 2010. – 240 с.
18. Временные рекомендации по влагозарядочно-опреснительным поливам дождеванием. – М.: ВНИИГиМ, 1983. – 28 с.
19. Кирейчева Л.В. Роль наукоемких технологий при инновационном развитии мелиорации // Агрохимический вестник, 2013, № 1. – С. 12-14.
20. Юрченко И.Ф. Планово-предупредительные мероприятия повышения надежности мелиоративных объектов // Природообустройство, 2017, № 1. – С. 73-79.
21. Юрченко И.Ф. Эксплуатационный мониторинг мелиоративных систем для поддержки управленческих решений // Мелиорация и водное хозяйство, 2004, № 4. – С. 48-51.
22. Бандурин М.А. Применение систем управления базами данных при эксплуатационном мониторинге водопроводящих сооружений // Современные наукоемкие технологии, 2016, № 12-1. – С. 24-28.
23. Бандурин М.А., Бандурина И.П. Автоматизация мониторинга ливнеотводящих сооружений на водопроводящих каналах Ставропольского края // Инженерный вестник Дона, 2015, Т. 35, № 2-1. – С. 37.
24. Юрченко И.Ф., Трунин В.В. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах // Агрохимический вестник, 2013, № 1. – С. 25-27.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГИДРОГЕЛЯ НА ПЯТЫЙ ГОД ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ НА ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ В УСЛОВИЯХ СТАВРОПОЛЬЯ

Е.И. Годунова, д.с.-х.н., С.Н. Шкабарда, к.с.-х.н.

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, e-mail: sniish@mail.ru

*Изложены результаты исследований по изучению эффективности последствия сильно набухающего гидрогеля на обыкновенных черноземах Центрального Предкавказья. Установлено, что на пятый год после внесения под действием гидрогеля отмечалось увеличение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в зависимости от его дозы, способа обработки почвы и фазы развития редьки масличной на 3,3-29,6 мм, или 4,3-34,4%, улучшение структурного состояния почвы: коэффициент структурности увеличился с 1,63-1,65 до 2,80-2,95 при  $HCP_{0,05} = 0,23$ , а также особо ценных фракций 0,5-5,0 мм с 33,6-35,2 до 40,8-40,9% при  $HCP_{0,05} = 2,79\%$  и 1-3 мм с 16,8-19,3% до 20,1-21,5% ( $HCP_{0,05} = 2,79\%$ ). На пятый год после внесения в дозах 300 и 400 кг/га гидрогель оказал положительное влияние на урожайность зеленой массы редьки масличной лишь на удобренном фоне ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) и был неэффективен без применения удобрений. При этом лучшие результаты получены на варианте с использованием гидрогеля в дозе 400 кг/га.*

**Ключевые слова:** обыкновенный чернозем, гидрогель, запасы продуктивной влаги, гумус, подвижный фосфор, обменный калий, урожайность, редька масличная.

## EFFICIENCY OF HYDROGEL AT FIFTH YEAR APPLICATION AT ORDINARY CHERNOZEM IN CONDITIONS OF STAVROPOL REGION

Dr.Sci. E.I. Godunova, Ph.D. S.N. Shkabarda

North Caucasus Federal Agricultural Research Centre, e-mail: sniish@mail.ru

*The results of studies on the effectiveness of the aftereffect of strongly swelling hydrogel on ordinary chernozems of the Central Caucasus are presented. It was found that for the fifth year after application under the influence of the hydrogel there was an increase in reserves of productive moisture in the meter layer of soil depending on its dose, method of soil treatment and phase of development of oilseed radish by 3.3-29.6 mm or 4.3-34.4%, improvement of the structural condition of the soil: the increase in the coefficient of structure from 1.63-1.65 to 2.80-2.95 at  $SNR = 0.23$ ; and particularly valuable fractions of 0.5-5.0 mm with a 33.6-35.2 to 40.8-40.9% at  $SNR = 2.79\%$  and 1-3 mm with a 16.8-19.3% to 20.1-21.5% ( $SNR = 2.79\%$ ). For the fifth year after application in doses of 300 and 400 kg/ha the hydrogel had a positive impact on the yield of green mass of oil radish on fertilized background ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) and was ineffective without the use of fertilizers. The best results are obtained with the use hydrogel of 400 kg/ha.*

**Keywords:** ordinary chernozem, hydrogel, productive moisture reserves, humus, mobile phosphorus, exchange potassium, yield, oilseed radish.

Стабилизация производства растениеводческой продукции в южных регионах связана с увеличением влагообеспеченности возделываемых культур [1-3]. Одним из эффективных средств снижения дефицита влаги в почве служат сильнонабухающие гидрогели (в 300-1000 раз), которые в засушливых условиях способствуют росту урожайности возделываемых культур. Проведенные исследования [4, 5] подтвердили положительную роль гидрогеля на обыкновенных черноземах Центрального Предкавказья на содержание продуктивной влаги и урожайность полевых культур в течение четырех лет после внесения. Для того, чтобы выяснить длительность последствия гидрогеля и сделать вывод об экономической целесообразности его при-

менения исследования были продолжены.

**Цель работы** – изучить эффективность применения гидрогеля на обыкновенном черноземе в условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

**Объекты и методы.** Исследования проводили на опытном поле Ставропольского НИИСХ на черноземе обыкновенном среднемощном слабогумусированном среднесуглинистом. Гидрогель – сильнонабухающий полимер (в 300-1000 раз) вносили в дозах 0, 100, 200, 300 и 400 кг/га под основную обработку в 2012 г., с последующим изучением его эффективности в прямом действии и последствии. Опыт трехфакторный: гидрогель применяли на неудобренном и удобренном фоне при ежегодном внесении

нитроаммофоски в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Схема опыта: отвальная вспашка на глубину 20-22 см плугом ПН-8-35 и мелкая обработка на 10-12 см, выполняемую дисковой бороной БДТ-3. Исследования проводили в звене севооборота: сидеральный пар – озимая пшеница – озимая пшеница. На пятый год после внесения полимера возделывали редьку масличную сорта Тамбовчанка на сидерат. Данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с применением программы AgCStat-Excel.

**Результаты исследования.** На пятый год после внесения гидрогеля отмечено увеличение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в посевах редьки масличной. В зависимости от фазы ее развития («елочка» или цветение), дозы гидрогеля, способа обработки почвы и удобрённости они превышали контроль на 3,3-29,6 мм, или 4,3-34,4%.

Влияние гидрогеля на содержание гумуса на пятый год после внесения было существенным:  $F_{факт} = 4,1$  при  $F_{табл. 0,95} = 2,6$ , хотя степень влияния этого фактора составляет лишь 10,5% (табл. 1).

От действия гидрогеля при отвальной вспашке на неудобренном фоне (табл. 2) отмечалось увеличение содержания гумуса на 0,15 (100 кг/га гидрогеля) – 0,29% (400 кг/га). На удобренном фоне наблюдалась тенденция к его снижению на 0,05 и 0,03% при внесении 100 и 200 кг/га гидрогеля соответственно (или 1,5 и 0,9% относительно удобренного контроля без гидрогеля). При использовании дозы 300 кг/га изменений в гумусном состоянии не отмечалось, в то время как на варианте с применением гидрогеля в дозе 400 кг/га наблюдалось увеличение содержания органического вещества на 0,08% (или 2,4% относительно удобренного контроля без гидрогеля) при  $НСР_{0,05} = 0,164\%$ . При мелкой обработке на неудобренном фоне положительная тенденция изменения гумусного состояния почвы отмечалась на вариантах с внесением гидрогеля 100 (+0,07%), 200 (+0,05%) и 400 кг/га (+0,11%). По отношению к контролю рост содержания органического вещества составил 2,2; 1,6 и 3,5%. Лишь на делянках с применением гидрогеля 300 кг/га наблюдалась незначительная убыль гумуса, равная 0,01% (или -0,3% к контролю).

**Влияние обработок на гумусное состояние почвы.** Под действием мелкой обработки на неудобренном фоне снижение гумуса отмечалось на вариантах с гидрогелем и составило 0,06% (100 кг/га гидрогеля) – 0,16% (400 кг/га гидрогеля), или на 1,8-4,7% относительно к неудобренному контролю при отвальной вспашке на 20-22 см. Лишь на варианте без гидрогеля количество органического вещества было на 0,02% меньше (или на 0,6% к контролю), чем при традиционной обработке без гидрогеля и удобрений.

На удобренном фоне при мелкой обработке на контроле и внесении гидрогеля в дозе 100, 300 и 400 кг/га в 2017 г. наблюдалось незначительное снижение гумуса на 0,10; 0,03; 0,01 и 0,01% соответствен-

но. Самая большая убыль гумуса в 0,10% отмечалась на удобренном контроле без гидрогеля, однако она не существенна, так как  $НСР_{0,05} = 0,164\%$ .

**Влияние удобрений на содержание гумуса.** На фоне отвальной вспашки на варианте без применения гидрогеля (контроль +  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) отмечалась тенденция увеличения гумуса на 0,14% в абсолютном выражении, или 4,5% относительно неудобренного контроля при  $НСР_{0,05} = 0,164\%$ . На вариантах с гидрогелем содержание гумуса на удобренном фоне было на 0,02% (гидрогель, 300 кг/га) – 0,07% (гидрогель, 200 кг/га), или 0,6-2,1% меньше по отношению к контролю (без гидрогеля и удобрений).

### 1. Результаты дисперсионного анализа

Исследуемые факторы	$F_{факт}$	$F_{табл. 0,95}$	Влияние, %
<b>Гумус</b>			
А (обработка)	5,2	4,1	3,4
В (гидрогель)	4,1	2,6	10,5
С (удобрения)	0,5	4,1	0,3
<b><math>P_2O_5</math></b>			
А (обработка)	93,1	4,1	17,3
В (гидрогель)	2,0	2,6	1,5
С (удобрения)	354,8	4,1	66,1
Взаимодействие АС	18,5	4,1	3,4
<b><math>K_2O</math></b>			
А (обработка)	70,1	4,1	24,0
В (гидрогель)	1,0	2,6	1,3
С (удобрения)	128,3	4,1	43,9
Взаимодействие АВ	2,8	2,6	3,9
Взаимодействие АС	33,1	4,1	11,3

### 2. Влияние гидрогеля, обработки почвы и удобрений на агрохимические свойства чернозема обыкновенного, 2017 г.

Доза гидрогеля, кг/га	Доза удобрений, кг д.в./га	Гумус, %	$P_2O_5$ , мг/кг	$K_2O$ , мг/кг	
Отвальная вспашка, 20-22 см					
0	-	3,13	12,9	177	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,27	24,8	201	
100	-	3,28	15,3	181	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,22	23,1	208	
200	-	3,31	14,6	172	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,24	26,9	199	
300	-	3,29	13,9	183	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,27	26,4	201	
400	-	3,42	14,3	186	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,35	23,8	207	
Мелкая обработка, 10-12 см					
0	-	3,15	17,5	186	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,17	37,7	262	
100	-	3,22	18,1	194	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,19	38,5	274	
200	-	3,20	18,5	198	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,25	37,3	284	
300	-	3,14	18,3	189	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,26	35,1	254	
400	-	3,26	18,5	188	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,34	28,2	243	
		<b><math>НСР_{0,05}</math></b>	<b>0,164</b>	<b>4,68</b>	<b>26,0</b>

При мелкой обработке положительная тенденция действия удобрений на гумусное состояние почвы наблюдалась на контроле (без гидрогеля) и при внесении гидрогеля 200-400 кг/га. Увеличение количества гумуса здесь составило лишь 0,02 и 0,05-0,12% (НСР<sub>0,05</sub> = 0,164%) по отношению к контролю без гидрогеля и без удобрений. Некоторое уменьшение количества гумуса на 0,03%, или -0,9% к контролю отмечалось на варианте с внесением гидрогеля в дозе 100 кг/га. Таким образом, существенное улучшение гумусного состояния почв в 2017 г. отмечалось лишь при отвальной обработке почвы на неудобренном фоне на вариантах со следующими дозами гидрогеля, внесенного в 2012 г.: 100 кг/га и 300 кг/га – 0,16%, 200 кг/га – 0,18%, 400 кг/га – 0,29% (при НСР<sub>0,05</sub> = 0,16%).

**NO<sub>3</sub>.** Влияние гидрогеля и удобрений на содержание нитратного азота в метровом слое почвы в фазе цветения редьки масличной было несущественным (табл. 3). Различия в количестве NO<sub>3</sub> незначительны, что связано с выносом этого элемента растениями.

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.** Влияние гидрогеля на содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на пятый год после внесения было несущественным: F<sub>факт</sub> = 2,0 при F<sub>табл. 0,95</sub> = 2,6). На фоне отвальной вспашки при содержании подвижного фосфора в слое 0-20 см на контроле (без гидрогеля) 12,9 мг/кг, на вариантах с гидрогелем его количество составляло 13,9 (300 кг/га гидрогеля) – 15,3 мг/кг (100 кг/га гидрогеля), что на 1,0-2,4 мм, или 7,8-18,6% больше. Такая же закономерность наблюдалась и на мелкой обработке при более высоком уровне содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Если на контроле количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> составляло 17,5 мг/кг, то при внесении гидрогеля 18,1 (100 кг/га) – 18,5 мг/кг (200 и 400 кг/га), или на 3,4-5,7% больше.

*Влияние обработок на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.* Более высокое содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> отмечалось при мелкой обработке по сравнению с традиционной отвальной вспашкой без удобрений: превышение составляло 0,8 мг/кг (300 кг/га гидрогеля) – 4,6 мг/кг (без гидрогеля), или 4,6-35,6% при НСР<sub>0,05</sub> = 4,68 мг/кг, F<sub>факт</sub> = 93,1; F<sub>табл. 0,95</sub> = 4,1; влияние – 17,3%. Более существенные различия наблюдались на удобренном фоне: от 4,4 мг/кг (400 кг/га гидрогеля) до 15,4 мг/кг (100 кг/га гидрогеля), или 18,5-66,7%. Это связано с тем, что при мелкой обработке удобрения остаются в верхнем пересыхающем слое почвы и поэтому самая большая разница 12,9 и 15,4 мм (или 52,0 и 66,7%) имеет место в контроле и на варианте с небольшой дозой гидрогеля (100 кг/га). С улучшением увлажненности различия снижаются до 10,4 мг/кг (38,7%) при внесении гидрогеля 200 кг/га, 8,7 мг/кг (33,0%) – на варианте с гидрогелем 300 кг/га. Самая маленькая и несущественная разница – 4,4 мг/кг (18,5%) отмечается при использовании самой высокой 400 кг/га в опыте дозы гидрогеля.

*Влияние удобрений на количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.* Наиболее значительное влияние на содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве оказали удобрения: F<sub>факт</sub> = 354,8; F<sub>табл. 0,95</sub> = 4,1; степень влияния – 66,1%. На удобренном фоне количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> варьировало при отвальной вспашке в пределах 23,1 (100 кг/га гидрогеля) – 26,9 мг/кг (200 кг/га гидрогеля), что на 7,8-12,5 мг/кг или 51,0-92,2% больше, чем на неудобренных вариантах. При мелкой обработке на удобренных делянках его содержание в зависимости от дозы гидрогеля варьировало от 9,7 (400 кг/га гидрогеля) до 20,4 мг/кг (100 кг/га гидрогеля), или на 52,4-115,4% (в 1,5-2,2 раза) больше, чем на неудобренном фоне (НСР<sub>0,05</sub> = 4,68 мг/кг).

Причем при мелкой обработке с увеличением дозы гидрогеля от 0 до 400 кг/га разница в обеспеченности слоя 0-20 см подвижным фосфором между удобренным и неудобренным фоном снижалась от 20,2-20,4 мг/кг (контроль, 100 кг/га гидрогеля) до 18,8 мг/кг (200 кг/га гидрогеля) – 16,8 мг/кг (300 кг/га гидрогеля) и 9,7 мг/кг (400 кг/га гидрогеля). Это связано с содержанием влаги в почве, а также большим выносом элементов питания с более высоким урожаем при внесении гидрогеля (больше доза гидрогеля → больше влаги удерживается в почве от испарения и стока → выше урожайность → больше вынос с урожаем в результате более интенсивного поглощения и расхода подвижного фосфора из почвы).

**K<sub>2</sub>O.** Гидрогель незначительно влияет на содержание обменного калия в слое 0-20 см: F<sub>факт</sub> = 1,0 при F<sub>табл. 0,95</sub> = 2,6. На фоне отвальной вспашки без удобрений под действием гидрогеля наблюдалась тенденция увеличения его количества на вариантах с дозами 100, 300 и 400 кг/га на 4; 6 и 9 мг/кг соответственно при НСР<sub>0,05</sub> = 26,0 мг/кг, или на 2,3; 3,4 и 5,1% к контролю без гидрогеля. Исключение составляет вариант с внесением 200 кг/га гидрогеля, где вместо увеличения, наоборот, отмечалась тенденция к снижению содержания обменного калия на 5 мг/кг, или 2,8% по отношению к контролю (со 177 до 172 мг/кг).

На удобренном фоне при отвальной вспашке на 20-22 см наблюдалось более высокое (на 7 и 6 мг/кг или 3,5 и 3,0%) количество K<sub>2</sub>O на вариантах с гидрогелем 100 и 400 кг/га. При внесении гидрогеля 200 кг/га содержание обменного калия было на 2 мг/кг, или 1,0% меньше, чем на контроле. При использовании гидрогеля 300 кг/га в слое 0-20 см содержалось столько же обменного калия, как и на контроле без гидрогеля.

На фоне мелкой обработки без удобрений на вариантах с гидрогелем содержание калия возросло на 2,0 (400 кг/га гидрогеля) – 12 мг/кг (200 кг/га гидрогеля), или 1,1-6,5% больше, чем на контроле (без гидрогеля). При использовании удобрений на вариантах с внесением 100 и 200 кг/га гидрогеля отмечалась тенденция увеличения (на 12 и 22 мг/кг, или

3. Влияние гидрогеля и удобрений на содержание нитратного азота в 2017 г.

Вариант	Слой почвы, см									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Отвальная вспашка – контроль	0,4	0,5	0,9	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Отвальная вспашка – контроль + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,6	0,1	0,2
Отвальная вспашка – гидрогель 400 кг/га	1,4	1,1	0,9	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3
Отвальная вспашка – гидрогель 400 кг/га + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,8	0,8	0,7	0,6	1,6	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2

4,6-8,4%) количества K<sub>2</sub>O, в то время как при более высоких его дозах (300 и 400 кг/га), наоборот, снижение на 8,0 (300 кг/га гидрогеля) и 19,0 мг/кг (400 кг/га гидрогеля), или 3,1 и 7,3% соответственно.

Влияние обработок на содержание K<sub>2</sub>O в слое 0-20 см было существенным: F<sub>факт</sub> = 70,1 при F<sub>табл. 0,95</sub> = 4,1 и доле влияния 24%. Отмечалось более высокое содержание обменного калия на фоне мелкой обработки по сравнению с отвальной вспашкой на 20-22 см. На неудобренном фоне эта разница составляла 2 (400 кг/га гидрогеля) – 26 мг/кг (200 кг/га гидрогеля), или 1,1-15,1% (к соответствующим вариантам на фоне отвальной вспашки), на удобренном – эти различия были более значительными и существенными – 36-85 мг/кг при НСР<sub>0,05</sub> = 26,0 мг/кг, или 17,4-42,7%. По-видимому, внесенный с удобрениями калий менее активно использовался растениями при мелкой обработке на 10-12 см, так как находился в поверхностном пересыхающем слое.

Влияние удобрений на K<sub>2</sub>O. Наиболее существенное влияние на содержание обменного калия оказали удобрения (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>): F<sub>факт</sub> = 128,3 при F<sub>табл. 0,95</sub> = 4,1 и влиянии 43,9%. Они способствовали повышению его количества на фоне отвальной вспашки на 18 (300 кг/га гидрогеля) – 27 мг/кг (100 кг/га гидрогеля), или 9,8-15,7% к неудобренным вариантам. Еще более значительное увеличение содержания K<sub>2</sub>O наблюдалось на фоне мелкой обработки на 10-12 см, которое составило 55 (400 кг/га гидрогеля) – 86 мг/кг (200 кг/га гидрогеля), или 29,2-43,4%, что связано с меньшим выносом этого элемента с более низким урожаем.

**Структурное состояние.** В нашем опыте также как и на легких по гранулометрическому составу почвах Астраханской области и черноземах выщелоченных тяжелосуглинистых Пензенской области [7] под действием гидрогеля отмечалось улучшение

структурного состава чернозема обыкновенного среднесуглинистого. На варианте с использованием самой высокой дозы гидрогеля 400 кг/га произошло увеличение коэффициента структурности в зависимости от способа обработки почвы с 1,63-1,65 до 2,80-2,95 (НСР<sub>0,05</sub> = 0,23) за счет уменьшения доли мелких частиц (<0,25 мм) с 6,8-7,0 до 3,3-3,9 (НСР<sub>0,05</sub> = 1,09%) и глыбистой фракции (>10 мм) с 30,8-31,2 до 21,4-23,0% (НСР<sub>0,05</sub> = 2,10%). В то же время наблюдалось увеличение агрегатов агрономически ценного размера (0,25-10,0 мм) на этом варианте: с 62,0-62,2 до 73,7-74,7% (НСР<sub>0,05</sub> = 2,49%), а также фракций 0,5-5,0 мм – с 33,6-35,2 до 40,8-40,9% (НСР<sub>0,05</sub> = 2,79%) и 1-3 мм – с 16,8-19,3 до 20,1-21,5% (НСР<sub>0,05</sub> = 2,79%). Снизился размер средневзвешенного диаметра с 6,2-6,4 мм до 5,6-5,7 мм (НСР<sub>0,05</sub> = 0,24 мм). При этом количество эрозионно опасных частиц (<1 мм) существенно не изменилось.

На пятый год после внесения гидрогель на неудобренном фоне не оказал положительного влияния на урожайность зеленой массы редьки масличной, в то время как при внесении удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> было получено в зависимости от способа обработки на вариантах с дозами гидрогеля 300 и 400 кг/га 42-82 ц/га дополнительной продукции (НСР<sub>0,05</sub> = 39,7 ц/га) или 11,3-26,4% к контролю (F<sub>факт</sub> = 6,3 при F<sub>табл. 0,95</sub> = 3,9).

Наибольший прирост урожайности зеленой массы редьки масличной на 153-281 ц/га или 96,8-209,7% в зависимости от способа обработки почвы и дозы гидрогеля наблюдался от действия удобрений (F<sub>факт</sub> = 1134,4 при F<sub>табл. 0,95</sub> = 3,9).

**Таким образом, на пятый год после внесения отмечено положительное воздействие гидрогеля на содержание продуктивной влаги и структурное состояние почвы, а на удобренном фоне – и на продуктивность редьки масличной.**

Литература

- Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. – Ставрополь: Агрус, 2013. – 520 с.
- Гончаров Б.П., Петрова Л.Н., Шевченко А.С. и др. Рекомендации по системам ведения сельского хозяйства Ставропольского края. Ч. II, Система земледелия. – М.: ВНИИЭСХ, 1988. – 239 с.
- Годунова Е.И., Желнакова Л.И., Удовыдченко В.И. Состояние и пути оптимизации зерновой отрасли Ставрополья // Земледелие, 2011, № 3. – С. 8-12.
- Гундырин В.Н., Годунова Е.И., Шкабарда С.Н. Использование гидрогеля в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополья // Земледелие, 2014, № 6. – С. 37-38.
- Годунова Е.И., Гундырин В.Н., Шкабарда С.Н. Перспективы использования гидрогеля в земледелии Центрального Предкавказья // Достижения науки и техники АПК, 2014, № 1. – С. 24-27.
- Кузин Е.Н., Кузнецов А.Ю., Кузина Л.А. Изменение плодородия чернозема выщелоченного под влиянием водоудерживающего полиакриламидного гидрогеля В-415К / Эволюция и деградация почвенного покрова: Матер. Второй междунар. конф., т. 1. – Ставрополь, 2002. – С. 407-410.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЯ ПРОЛОНГИРУЕМОГО ДЕЙСТВИЯ BASACOTE ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В КОНТЕЙНЕРАХ

<sup>1</sup>Н.В. Глаз, к.с.-х.н., <sup>2</sup>Л.В. Уфимцева, к.б.н.

<sup>1</sup>Дальневосточная школа повышения квалификации руководителей и специалистов АПК,  
e-mail: fgou-apk@yandex.ru

<sup>2</sup>Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства, e-mail: uyniisk@mail.ru

*Представлены результаты изучения влияния удобрения пролонгированного действия Basacote 6M в составе почвогрунта на качество саженцев груши в контейнерах и выход товарной продукции. Почвогрунты характеризовались слабокислой реакцией среды. Внесение Basacote 6M обеспечило формирование более высокого исходного уровня минерального питания, однако избытка элементов питания при высадке растений не наблюдалось. Установлено, что в условиях ограниченной вместимости контейнера и интенсивного полива наблюдается вымывание нитратного азота, что приводит к нарушению сбалансированного минерального питания растений. Уровень содержания минерального азота при введении в состав почвогрунта удобрения Basacote 6M остается стабильным и достаточным для развития растений, выявлено достоверное увеличение площади листьев и содержания в них хлорофилла. Приживаемость растений в вариантах по годам варьировала от 75 до 95%. Достоверная связь приживаемости с применением удобрения пролонгированного действия не выявлена. При введении удобрения достоверно увеличилась длина вегетативного прироста и диаметр штамба. Эффективность действия Basacote 6M ярко проявляется на характере распределения саженцев груши по высоте. Введение в состав почвогрунта удобрения позволило повысить выход товарных саженцев, пригодных для реализации с 7,8 до 48,5% в 2016 г. и с 23,3 до 66,8% в 2017 г. Удобрение Basacote 6M в составе почвогрунта обеспечивало сбалансированное минеральное питание посадочного материала груши в контейнерах, что выражается в более высоких показателях развития вегетативных приростов. Рекомендуемая производителями норма внесения удобрения 5 г/л субстрата позволяет повысить выход товарных саженцев в 2,9-6,2 раза.*

**Ключевые слова:** почвогрунт, контейнеры, удобрение пролонгированного действия, минеральное питание, саженцы.

## PERSPECTIVES OF APPLICATION OF CONTROLLED-RELEASE FERTILIZER BASACOTE FOR GROWING OF PLANTING MATERIAL IN CONTAINERS

<sup>1</sup>Ph.D. N.V. Glaz, <sup>2</sup>Ph.D. L.V. Ufimtseva

<sup>1</sup>Far East Refresher Course for the Staff of Agro-Industrial Complex, e-mail: fgou-apk@yandex.ru

<sup>2</sup>South-Ural Scientific Research Institute of Horticulture and Potato, e-mail: uyniisk@mail.ru

*The results of studying the effect of controlled-release fertilizer Basacote 6M in soil composition on the quality of pear seedlings in containers and the yield of marketable products are presented in the article. The soils were characterized by a weak acid reaction. The introduction of Basacote 6M ensured the formation of a higher initial level of mineral nutrition, however, there was no excess of food elements during planting. In conditions of limited capacity of the container and intensive irrigation, leaching of nitrate nitrogen is observed. This leads to a violation of balanced mineral nutrition of plants. The level of mineral nitrogen content when Basacote 6M fertilizer is introduced into the soil is stable and sufficient for plant development. This is reflected in the development of the leaf device. A significant increase in the area of leaves and the content of chlorophyll in them was revealed. Plant survival rate in the variants of the experiments varied from 75 to 95% according to the years of research. A reliable relationship of survival with the application of a controlled-release fertilizer was not revealed. The length of vegetative growth and the diameter of the stem significantly increased with the addition of controlled release fertilizer. Basacote 6M strongly influences the distribution of pear seedlings in height. When fertilizer was introduced into the soil, the yield of commodity seedlings increased from 7,8 to 48,5% in 2016 and from 23,3 to 66,8%*

*in 2017. Fertilizers controlled release Basacote 6M provide a balanced mineral nutrition of the planting material of the pear in containers throughout the growing season. The recommended rate of fertilizer application at the level of 5 g/l of substrate allows increasing the yield of commodity seedlings by 2,9-6,2 times.*

**Keywords:** soilground (mixture), container, controlled-release fertilizer, mineral nutrition, seedlings.

При производстве посадочного материала с закрытой корневой системой в контейнерах важная роль отводится сбалансированному минеральному питанию растений. Состав почвогрунта оказывает влияние как на приживаемость, так и на развитие растений в течение вегетации. В условиях, когда объем субстрата ограничен размерами контейнера вопросы сбалансированного минерального питания могут быть решены за счет внесения минеральных удобрений и подкормок. Широко распространенным приемом служит фертигация, однако существуют гораздо более экономичные подходы к обеспечению сбалансированного минерального питания растений в контейнерах [1]. Выращивание саженцев в контейнерах позволяет существенно расширить временные интервалы высадки растений в грунт, повысить их приживаемость и устойчивость к внешним факторам, при этом растениям необходимо сбалансированное минеральное питание. В середине XX в. появились удобрения пролонгированного действия, которые позволили контролировать процесс минерального питания растений в течение вегетации при минимальных трудовых затратах. В зависимости от поставленных задач предлагаются удобрения со сроком действия от 3 до 18 месяцев. В производстве удобрений пролонгированного действия лидируют США, Германия, Израиль, Япония, в России также ведутся исследования в этой области [2-4].

**Цель исследований** – изучение влияния удобрения пролонгированного действия Basacote 6M в составе почвогрунта на качество саженцев груши в контейнерах и выход товарной продукции.

**Объекты и методы.** Исследования проводили на базе Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства в 2016-2017 гг., расположенной в биоклиматической подзоне северной лесостепи Южного Зауралья. В опыте изучали саженцы груши Красуля, материал получен способом зимней прививки (улучшенная копулировка). Опыт заложен в первой декаде мая в теплице.

Растения высаживали в полиэтиленовые контейнеры вместимостью 1 л. Повторность опыта трехкратная, в каждом повторении было высажено по 15 растений.

Чернозем выщелоченный, используемый для приготовления почвогрунтов характеризовался следующими показателями:  $pH_{KCl}$  5,5, содержание подвижного фосфора 56,5 мг/кг, подвижного калия 201 мг/кг, обменного аммония 46,1 мг/кг, нитратного азота – 11,0 мг/кг почвы. Низкое содержание минеральных форм азота характерно для черноземных почв северной лесостепной зоны Южного Зауралья.

Торф вводили в состав смеси для улучшения водно-воздушных свойств, удобрение пролонгированного действия – для стабилизации минерального питания растений. В опыте использовали удобрения пролонгированного действия Basacote 6 M (16(N)-8(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-12(K<sub>2</sub>O) (+2(MgO)+5(S))+B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) в виде гранул, покрытых полимерной мембраной, норма внесения 5 г на 1 л субстрата. Изучение вопроса о подборе торфа в качестве компонента почвогрунтов показало, что добавки торфа разных производителей дают сопоставимые результаты [5], поэтому в 2016 и 2017 гг. нами был использован переходной нейтрализованный фрезерованный торф местного производства группы компаний «Торфяная поляна», оптимальный по соотношению цена-качество.

Весной перед посадкой в почвогрунтах перед посадкой саженцев определяли:  $pH_{H_2O}$  по ГОСТ 27753.2-88; содержание водорастворимого фосфора по ГОСТ 27753.5-88; содержание нитратного азота ионометрически по ГОСТ 27753.7-88; содержание аммонийного азота фотометрически с реактивом Несслера по ГОСТ 27753.8-88; содержание водорастворимого калия ионометрически по ГОСТ 27753.6-88 (табл. 1). По вариантам отмечали длину вегетативного прироста саженца и диаметр штамба. Товарность саженцев оценивали по ГОСТ Р 53135-2008. Уход за растениями в контейнерах общепринятый для лесостепной зоны садоводства Челябинской области.

### 1. Агрохимические показатели почвогрунтов через 10 дней после смешивания компонентов

№ п/п	Состав почвогрунта	$pH_{H_2O}$	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
2016 г.					
1	Чернозем выщелоченный (80%): торф (20%)	6,1±0,1	29,1±4,3	16,2±4,2	27,3±6,3
2	Чернозем выщелоченный (79,5%): торф (20%): Basacote 6M (0,5%)	6,2±0,1	65,4±2,8	24,1±2,3	35,6±4,5
2017 г.					
1	Чернозем выщелоченный (80%): торф (20%)	6,0±0,1	67,7±2,9	24,9±0,4	50,0±2,0
2	Чернозем выщелоченный (79,5%): торф (20%): Basacote 6M (0,5%)	5,8±0,1	69,6±6,8	38,7±0,6	71,0±2,0

**2. Содержание нитратного азота в почвогрунтах (восьмая неделя вегетации груши)**

Почвогрунт	Год	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг
1	2016	15,0±5,0
	2017	27,0±2,5
2	2016	96,7±8,7
	2017	98,0±4,3

**3. Показатели фотосинтетического аппарата саженцев груши в контейнерах**

Почвогрунт	Площадь листьев, см <sup>2</sup>		Содержание хлорофилла (a+b), % от сырой массы	
	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
1	13,24	27,78	1,53	1,74
2	28,33	34,52	1,65	2,16
HCP <sub>05</sub>	5,15	3,98	0,02	0,03

**Результаты и их обсуждение.** Почвогрунты характеризовались слабокислой реакцией среды. Внесение Basacote 6M обеспечило формирование более высокого исходного уровня минерального питания. Уже к восьмой неделе вегетации в условиях ограниченного объема контейнера и интенсивного полива в контроле наблюдается уменьшение содержания нитратного азота, что приводит к снижению интенсивности развития растений. Уровень содержания минерального азота в варианте с введением в состав почвогрунта удобрения Basacote 6M остается на уровне, обеспечивающем интенсивный рост растений (табл. 2).

Фотосинтетическая активность листовой поверхности саженцев служит одним из важнейших факторов, влияющих на их выходны параметры, определяющие товарность и привлекательность внешнего вида растений. Введение в состав почвогрунта удобрения пролонгированного действия обеспечило достоверное увеличение площади листьев и содержания в них хлорофилла (табл. 3).

В питомниководстве важны такие показатели, как приживаемость и выход товарных саженцев, что определяет рентабельность производства. Приживаемость растений в вариантах по годам варьировала от 75 до 95% (табл. 4).

Достоверная связь приживаемости с применением удобрения пролонгированного действия не выявлена. Иная ситуация складывается при наблюдении за развитием прижившихся растений на различных вариантах почвенных смесей. На фоне введения удобрения Basacote 6M достоверно увеличилась длина вегетативного прироста и диаметр штамба.

Конечная цель производства посадочного материала – получение товарных растений, соответствующих требованиям ГОСТ, привлекатель-

**4. Биометрические показатели и приживаемость саженцев груши**

Почвогрунт	Длина прироста, см		Диаметр штамба, мм		Приживаемость, %	
	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
1	44,0±5,4	63,0±4,0	4,0±0,5	5,1±0,4	95	75
2	66,6±5,8	88,0±9,0	5,4±0,4	7,9±0,5	88	75

**5. Распределение саженцев груши по высоте, %**

Почвогрунт	Высота, см				
	0-19	20-39	40-59	60-79	80-99
2016 г.					
1	18,6	63,2	10,4	5,2	2,6
2	17,2	25,7	8,6	31,4	17,1
2017 г.					
1	20,1	23,3	33,3	23,3	0
2	3,3	9,9	20,0	33,4	33,4

ных для покупателя. Эффективность действия удобрения Basacote 6M ярко проявляется на характере распределения саженцев груши по высоте. Например, выход товарных саженцев груши, пригодных для реализации, увеличился с 7,8 до 48,5% в 2016 г. и с 23,3 до 66,8% в 2017 г. (табл. 5).

*Таким образом, удобрение пролонгируемого действия Basacote 6M при введении в состав почвогрунта обеспечивает более сбалансированное минеральное питание посадочного материала груши в контейнерах в течение вегетационного периода и позволяет отказаться от фолиарных обработок, что соответственно повышает рентабельность производства. Рекомендуемая производителями норма внесения удобрения 5 г/л субстрата позволяет повысить выход товарных саженцев в 2,9-6,2 раза.*

**Литература**

1. Васюта В.М. Интенсификация выращивания посадочного материала плодовых культур в теплицах. – Киев: Наукова думка, 1986. – 108 с.
2. Trenkel M.E. Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing in Agriculture. Paris: IFA, 2010. – 163 p.
3. Цепляев А.Н. Особенности контейнерного выращивания растений в условиях Центрально-Черноземного региона / Питомники России: инновации и импортозамещение. Сборник докладов IX ежегодной конференции Ассоциации производителей посадочного материала. – М.: АППМ, 2016. – С. 67-70.
4. Глаз Н.В., Кухтурский А.А., Уфимцева Л.В. Совершенствование технологии производства посадочного материала с закрытой корневой системой в условиях защищенного грунта / Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Челябинск, 2016. – С. 278-291.
5. Прохоров И.С. Микробиологические процессы при создании искусственных почвогрунтов // Агрехимический вестник, 2006, № 5. – С. 20-23.
6. Глаз Н.В., Уфимцева Л.В., Кухтурский А.А., Царева О.Ю. К вопросу о подборе торфа как компонента искусственного почвогрунта при выращивании саженцев плодовых культур с закрытой корневой системой / Селекция, семеноводство и технология плодовых культур и картофеля: сб. научн. тр., т. 18 / сост.: Т.В. Лебедева, О.В. Гордеев, А.А. Васильев. – Челябинск: ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства», 2016. – С. 48-55.

УДК 631.821:633.11«324»  
DOI 10.24411/0235-2516-2018-10004

## ОЦЕНКА СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ\*

**Н.А. Кирпичников**, д.с.-х.н., **А.М. Алиев**, д.с.-х.н., **Н.И. Цимбалист**, д.с.-х.н.  
ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, e-mail: ehramova@bk.ru

*В многолетнем полевом зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой суглинистой почве установлено, что систематическое применение молотого фосфорита и суперфосфата на фоне НК с известкованием при использовании химических средств защиты растений обеспечивает высокую урожайность озимой пшеницы (около 60-70 ц/га). Обе формы фосфорных удобрений проявляют почти равную энергетическую и экономическую эффективность как на кислой известкованной почве, так и на периодически известкованной.*

**Ключевые слова:** фосфорит, суперфосфат, известь, химические средства защиты растений, эффективность, почва, озимая пшеница, урожайность.

## ESTIMATION OF SYSTEMATIC APPLICATION OF CHEMICALIZATION MEANS FOR WINTER WHEAT CULTIVATION\*

*Dr.Sci. N.A. Kirpichnikov, Dr.Sci. A.M. Aliyev, Dr.Sci. N.I. Tsimbalist*

*All-Russian Scientific Research Institute for Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, e-mail: ehramova@bk.ru*

*In the long-term field grain-crop rotation on soddy-podzolic loamy soil, it has been established that the systematic use of ground phosphorite and superphosphate against the background of NK with liming with the use of chemical plant protection products ensures a high yield of winter wheat (about 6,0-7,0 t/ha). Both forms of phosphorus fertilizers exhibit almost equal energy and economic efficiency both on acidic unrefined soil and on periodically limed soil.*

**Keywords:** phosphorite, superphosphate, lime, means of plant chemical protection, efficiency, soil, winter wheat.

Энергетическая и экономическая оценка эффективности сельскохозяйственного производства позволяет сравнить различные технологии, определить структуру потоков энергии и вещества в агроценозах и выявить главные резервы экономии ресурсов в земледелии. При возделывании сельскохозяйственных культур ряд факторов лимитирует получение высокой продуктивности, среди них – кислотность почвы, недостаток питательных веществ, неудовлетворительное фитосанитарное состояние посевов. Дерново-подзолистые почвы Центрального Нечерноземья в основном (60%) слабо обеспечены подвижными фосфатами и имеют повышенную кислотность [1]. Это связано с низким уровнем применения азотных, калийных, фосфорных и известковых удобрений. При резком дефиците промышленных водорастворимых фосфорных удобрений в современных условиях необходимо использовать природные фосфориты.

На кислых и слабоизвесткованных почвах (по 0,25 и 0,5 гидролитической кислотности) фосфорит по своей эффективности не уступает суперфосфату [2-4]. Однако его энергетическая и экономическая эффективность в условиях периодического известкования на фоне высоких доз практически не изучена.

Натуральные показатели оценки эффективности применения фосфоритной муки в условиях периодического известкования отражены в работах ВИ-УА и ТСХА [5, 6].

**Цель исследований** – оценить агрономическую, энергетическую и экономическую эффективность технологий возделывания озимой пшеницы в 11-й ротации полевого опыта при систематическом применении средств химизации на кислой дерново-подзолистой почве и периодически известкованной.

**Методика.** Полевой опыт проводится с 1966 г. на Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (ЦОС ВНИИА) по настоящее время. Почва опытного участка дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, сильноокислая: рН<sub>KCl</sub> 3,9-4,2; гидролитическая кислотность 4,9-5,2; обменная 0,5 мг-экв/100 г; степень насыщенности основаниями 57-63%; содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) соответственно 40 и 115 мг/кг; степень подвижности фосфатов (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 0,02 н. CaCl<sub>2</sub> – вытяжке) 0,02-0,04 мг/л, содержание гумуса (по Тюрину) 1,65%. Опыт проводят на двух полях в четырехкратной повторности, площадь де-

**\* Работа выполнена по государственному заданию на 2018 г. № 0572-2014-0013.**

лянок 99 м<sup>2</sup>. В первых трех ротациях севооборот включал следующие культуры: викоовсяная смесь – озимая пшеница с подсевом клевера – клевер – картофель – ячмень. С четвертой ротации был принят севооборот: ячмень с подсевом клевера – клевер 2-х лет пользования – озимая пшеница – картофель. В шестой и последующих ротациях из севооборота был исключен картофель. В качестве общего фона применяли химические средства защиты растений (ХСЗР – Байтан-универсал, 19,5% с.п., 2 кг/т семян; Гранстар, 25 г/га; ССС, 2 л/га; Тилт, 25% к.э., 0,5 л/га) и азотно-калийные удобрения в форме аммиачной селитры и хлористого калия, а также навоз – в количестве 20 т/га в первой ротации, 30 т/га – во второй и третьей, с четвертой ротации навоз не вносили.

Минеральные удобрения применяли по выносу растениями, за десять ротаций P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> внесено 2020 кг/га. Под озимую пшеницу доза минеральных удобрений составила N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (N<sub>30</sub> – осенью, N<sub>90</sub> дробно весной). Фосфоритную муку Егорьевского месторождения применяли ежегодно, как и суперфосфат в равных дозах. ХСЗР использовали фоном на всех вариантах опыта согласно регламентам «Списка Госкомиссии...» и технологиям ЦОС ВИУА [7]. Известкование в форме известняковой муки проводили по 8,0 т/га в первой и третьей ротациях и 4,0 – в восьмой, что составляет в сумме 20 т/га. Энергетическая оценка технологий возделывания озимой пшеницы проведена по методике [8, 9]. Разность затрат энергии при получении фосфоритной муки из фосфоритов для непосредственного применения и на производство простого гранулированного суперфосфата равна 6,33 МДж/кг [10]. Экономическая оценка технологий возделывания озимой пшеницы проведена по двум натуральным показателям: окупаемость удобрений зерном озимой пшеницы (кг/кг) и производительность труда (чел-ч/т зерна).

**Результаты и обсуждение.** За период прохождения десяти ротаций (45 лет) полевого севооборота изменились агрохимические свойства почвы (табл. 1). Систематическое применение физиологически кислых азотно-калийных удобрений (НК) привело к тому, что высокая кислотность оставалась на уровне исходной, увеличились обменная кислотность (с 0,5 до 1,40 мг-экв/100 г) и содержание подвижного алюминия в почве с 4,5 до 12,6 мг/100 г. Произошло заметное подкисление известкованной почвы по сравнению с третьей ротацией, когда значение рН<sub>KCl</sub> составляло 6,0, а гидролитической кислотности 1,2 мг-экв/100 г. Однако обменная кислотность и связанное с ней содержание подвижного алюминия в почве оставались на низком уровне. Содержание гумуса в почве по вариантам опыта практически не изменялось и оставалось на исходном уровне.

Ежегодное применение фосфорных удобрений значительно улучшило фосфатный режим почвы. Содержание подвижного фосфора в вариантах с применением фосфоритной муки и суперфосфата было равным и составляло в зависимости от ротаций севооборота около 80-100 мг/кг при уровне на фоне НК около 30 мг/кг, а фоне НК с известкованием 36 мг/кг. Изучаемые в опыте удобрения, в т.ч. и формы фосфорных удобрений оказали значительное влияние на урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39 (табл. 2).

Прибавки урожайности от применения НК-удобрений были очень низкие из-за неблагоприятных агрохимических свойств почвы: высокая кислотность, Нг и слабая насыщенность основаниями. Прибавка от известки очень высокая из-за изменения свойств почвы и улучшения питания за счет НК-удобрений и фосфора почвы. От фосфорных удобрений существенные прибавки получены на известкованном фоне и на фоне известки, причем

**1. Действие известки и НК удобрений на физико-химические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы в десятой ротации полевого севооборота**

Вариант	рН <sub>KCl</sub>	Нг, мг-экв/100 г	Н <sub>обм.</sub> , мг-экв/100 г	V, %	Al, мг/100 г
ХСЗР – контроль	4,0	5,2	1,00	60	8,6
ХСЗР + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> – фон	3,9	6,0	1,40	58	12,6
Фон + известь	5,1	2,4	0,20	80	1,8

**2. Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы в одиннадцатой ротации, ц/га**

Вариант	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	Прибавка от		
					НК	известки	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
ХСЗР – контроль	16,5	26,9	23,6	22,3	-	-	-
ХСЗР + N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> – фон	16,6	29,5	24,3	23,5	1,2	-	-
Фон + Pф <sub>60</sub>	34,3	44,6	42,5	40,5	-	-	17,0
Фон + Pс <sub>60</sub>	37,6	46,0	43,5	42,4	-	-	18,9
Фон + известь	37,5	57,4	49,6	48,2	-	24,7	-
Фон + известь + Pф <sub>60</sub>	52,1	69,4	65,6	62,4	-	-	14,2
Фон + известь + Pс <sub>60</sub>	52,8	72,3	68,2	64,4	-	-	16,2
НСР <sub>05</sub>	3,6	5,2	2,0	4,6	-	-	-

**3. Окупаемость удобрений зерном озимой пшеницы в одиннадцатой ротации, кг/кг**

Вариант	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	Окупаемость, кг/кг		
					NK	NPK	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
ХСЗР + N <sub>120</sub> K <sub>90</sub> – фон	0,1	1,2	0,3	0,6	0,6	-	-
Фон + Pф <sub>60</sub>	6,6	6,6	7,0	6,7	-	6,7	28,4
Фон + Pс <sub>60</sub>	7,8	7,1	7,4	7,4	-	7,4	31,5
Фон + известь	10,0	14,5	12,4	12,3	12,3	-	-
Фон + известь + Pф <sub>60</sub>	13,2	15,8	15,6	14,8	-	14,8	23,6
Фон + известь + Pс <sub>60</sub>	13,4	16,8	16,5	15,6	-	15,6	27,1
НСР <sub>05</sub>	2,3	2,2	1,3	3,0	-	-	-

на первом выше, чем на втором со слабым преимуществом Pс<sub>60</sub> по сравнению с Pф<sub>60</sub>. Наибольшая урожайность озимой пшеницы во все годы формировалась при сочетании всего комплекса средств химизации и достигала в благоприятные годы 64,4 ц/га по сравнению с контролем (22,3) и фоном (23,5 ц/га).

Окупаемость NK-удобрений была минимальной и очень низкой, что скорее всего объяснимо высокой кислотностью. Окупаемость NPK-удобрений возрастала за счет внесения фосфорных удобрений, причем на фоне без известкования сильнее, чем на известкованном. Наивысшая окупаемость фосфорных удобрений без извести и на известкованном фоне происходила скорее всего из-за улучшения условий питания NK-удобрениями также, как и фосфатами за счет неучтенного действия и взаимодействия всего комплекса средств химизации (табл. 3).

Накопление энергии в зерне на единицу площади обладало той же закономерностью, что и урожайность в зависимости от вариантов возделывания озимой пшеницы и было наибольшим при сочетании минеральных удобрений и ХСЗР. Фосфорные и известковые удобрения значительно снижали энергоёмкость производства зерна с учетом дополнительной продукции. Внесение ХСЗР азотно-калийными удобрениями в связи с высокой их энергоёмкостью повышало в технологиях возделывания озимой пшеницы значение данного показателя в годы проведения опыта до 823-1390 МДж/ц. Последующее насыщение средствами химизации (Pф<sub>60</sub> и Pс<sub>60</sub> в сочетании с известью и без) снижало

энергоёмкость зерна даже ниже уровня контроля (табл. 4).

Уровни энергозатрат по годам исследований почти не отличались по вариантам и находились в пределах максимально от среднего ± 1,0 ГДж/га на известкованном фоне (табл. 5).

Важным интегрирующим показателем применения удобрений служит коэффициент энергетической эффективности по зерну (Кээ). В условиях опыта он существенно отличался по вариантам: в контроле (ХСЗР) он был высоким, при внесении N<sub>120</sub>K<sub>90</sub> снижался, затем при добавлении фосфорных удобрений в связи с ростом урожайности возрастал почти до уровня контроля. Известь значительно повышала Кээ, даже превышая суммарное влияние NPK. Влияние фосфорных удобрений как в абсолютном выражении, так и относительном сказалось более сильно на фоне без извести, чем на известкованном. Возможно, это происходило и за счет нейтрализующей способности фосфоритной муки и суперфосфата. Следует отметить также высокую эффективность извести не только агрохимическую, но и энергетическую. Если в варианте с применением азотно-калийных удобрений коэффициент энергетической эффективности в среднем составил 1,63, то в варианте с применением извести на этом фоне – 3,07, или выше на 88% (табл. 5). Такая высокая эффективность извести обусловлена согласно методике А.Н. Никифорова и др. [9], в которой принято распространять действие энергетического эквивалента извести на 4 года. Она была

**4. Энергоёмкость производства зерна и накопление энергии в зерне озимой пшеницы в зависимости от применения фосфорных удобрений и других средств химизации в севообороте**

Вариант	Накопление энергии в зерне, ГДж/га				Энергоёмкость производства зерна, МДж/ц			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
ХСЗР – контроль	27,1	44,2	38,8	36,7	744	494	545	594
ХСЗР + N <sub>120</sub> K <sub>90</sub> – фон	27,4	48,5	40,0	38,6	1390	823	975	1063
Фон + Pф <sub>60</sub>	56,5	73,4	70,0	66,6	731	588	606	642
Фон + Pс <sub>60</sub>	61,8	75,7	71,6	69,7	687	582	603	624
Фон + известь	61,7	94,4	81,6	79,2	663	468	521	551
Фон + известь + Pф <sub>60</sub>	85,6	114,2	107,9	102,6	516	413	425	451
Фон + известь + Pс <sub>60</sub>	86,8	119,0	112,1	106,0	518	406	419	448
НСР <sub>05</sub>	5,9	5,6	3,3	7,5	80	36	36	152

Примечание. Последствие извести = 0 МДж/га; энергоёмкость производства зерна с учетом дополнительной продукции.

5. Энергетическая эффективность применения удобрений при возделывании озимой пшеницы

Вариант	Энергозатраты, ГДж/га				Коэффициент энергетической эффективности по зерну (Кэ), единиц			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
ХСЗР – контроль	12,3	13,3	12,8	12,8	2,21	3,33	3,02	2,86
ХСЗР + N <sub>120</sub> K <sub>90</sub> – фон	23,0	24,0	23,6	23,5	1,19	2,02	1,70	1,63
Фон + Pф <sub>60</sub>	25,1	26,0	25,6	25,6	2,25	2,82	2,73	2,60
Фон + Pс <sub>60</sub>	25,7	26,5	26,1	26,1	2,40	2,85	2,74	2,66
Фон + известь	24,8	26,7	25,8	25,7	2,49	3,54	3,17	3,07
Фон + известь + Pф <sub>60</sub>	26,8	28,5	27,8	27,7	3,19	4,00	3,88	3,69
Фон + известь + Pс <sub>60</sub>	27,3	29,2	28,4	28,3	3,18	4,07	3,94	3,73
НСР <sub>05</sub>	0,2	0,3	0,1	0,4	0,21	0,22	0,12	0,24

Примечание. Последствие извести = 0 МДж/га.

бы не ниже и по другим методикам: действие извести по Г.С. Посыпанову, В.Е. Долгодворову [11] продолжается в течение севооборота (7 лет), а по Н.Н. Баранову с соавторами [12] при определении экономической эффективности в зависимости от дозы 3, 5 и 7 т/га распространяется на 5, 7 и 9 лет.

**Вывод.** В длительном полевом опыте на слабокультуренной дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве установлено такое же высокое действие фосфоритной муки и суперфосфата на урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39 не только при сильнокислой реакции среды (рН<sub>КСЛ</sub> 4,0), но при слабокислой (рН<sub>КСЛ</sub> около 5,0 и гидролитической кислотности 2,4 мг-экв/100 г). Наибольшая урожайность 64-72 ц/га в 10 и 11-й ротациях полевого зернотравяно-

*го севооборота формировалась при сочетании фосфорных и известковых удобрений, что более, чем в 2 раза выше уровня, полученного на фоне N<sub>120</sub>K<sub>90</sub>. Накопление энергии в зерне на единицу площади было также наибольшим в вариантах сочетания фосфорных и известковых удобрений и достигало в варианте с применением фосфоритной муки 114 ГДж/га, суперфосфата 119 ГДж/га при уровне на фоне азотно-калийных удобрений 48,5-50,0 ГДж/га. Коэффициент энергетической эффективности при этом составил в первом случае (Pф) 3,19-4,00, во втором (Pс) 3,18-4,07, что выше фона НК более, чем в 2 раза. За счет известкования этот показатель повысился по сравнению с фоном на 69%.*

Литература

1. Сычев В.Г., Шафран С.А. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность минеральных удобрений – М.: ВНИИА, 2012. – 200 с.
2. Шильников И.А., Игнатов В.Г. Влияние известкования на эффективность фосфоритной муки и суперфосфата / Вопросы известкования почв. – Горки: БГСХА, 1973. – С. 63-69.
3. Асаров Х.К. Известкование и фосфоритование кислых почв Нечерноземной зоны // Доклады ТСХА, 1980, Вып. 263. – С. 16-22.
4. Игнатов В.Г. Влияние извести на эффективность фосфоритной муки // Бюлл. ВИУА, 1974, № 17. – С. 103-106.
5. Сычев В.Г., Кирпичников Н.А., Шильников И.А. Эффективность фосфоритной муки при известковании дерново-подзолистых почв. – М.: ВНИИА, 2015. – 138 с.
6. Кирпичников Н.А. Эффективность форм фосфорных удобрений при периодическом известковании дерново-подзолистой почвы. Материалы Всероссийского совещания научных учреждений – участников Географической сети опытов с удобрением. – М.: ВНИИА, 2016. – С. 113-121.
7. Алиев А.М. Эффективность комплексного применения средств химизации в интенсивном земледелии центральных районов Нечерноземной зоны РСФСР: дисс. д.с.-х.н. – М., ВИУА, 1989. – 396 с.
8. Алиев А.М., Цимбалест Н.И. Методические аспекты оценки энергетической эффективности технологий возделывания и уборки озимой пшеницы при длительном применении средств химизации в ЦРНЗ РФ. – М.: ВНИИА, 2011. – 52 с.
9. Никифоров А.Н., Токарев В.А., Борзенков В.А. и др. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М.: ВИМ, 1995. – 95 с.
10. Mudahar M.S., Hignett T.P. Energy Requirements, Technology, and Resources in the Fertilizer Sector // Energy in World Agriculture, 1987, Vol. 2. Energy in Plant Nutrition and Pest Control. Part 1. Fertilizers. – P. 25-62.
11. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е. Энергетическая оценка технологий возделывания полевых культур: учебное пособие. – М.: МСХА, 1995. – 22 с.
12. Баранов Н.Н., Захаренко В.А., Шевченко А.С., Токарев В.В., Кузьмина М.Б. и др. Методические указания по определению экономической эффективности удобрений и других средств химизации, применяемых в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1979. – 31 с.

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ САПРОСИЛ НА ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ

**В.Ю. Павлов, Т.Ю. Пуховская, к.б.н.**

*ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, e-mail: diletant.73@mail.ru*

*Рассмотрена перспектива применения нового органоминерального удобрения Сапросил для окультуривания городских почв при выращивании газонных трав. Выполнена оценка сорбционных свойств органических компонентов Сапросила сапропеля и торфа по отношению к минеральным удобрениям. Установлено, что коллоидные комплексы сапропеля в составе удобрения закрепляют питательные элементы на своей поверхности, способствуя их эффективному пролонгированному использованию растениями и предотвращая потери от вымывания, улучшают агрофизические свойства почвы, что приводит к увеличению фитомассы газонных трав в вегетационном опыте. Показана протекторная роль нового удобрения по отношению к тяжелым металлам.*

**Ключевые слова:** торф, сапропель, адсорбция, органоминеральные удобрения, городская почва, газоны, тяжелые металлы.

### THE SUBSTANTIATION OF ORGANIC-MINERAL FERTILIZER SAPROSIL APPLICATION AT URBAN SOILS

**V.Yu. Pavlov, Ph.D. T.Yu. Pukhovskaya**

*ARSRI for Hydrotechnics and Melioration named after A.N. Kostyakov, e-mail: diletant.73@mail.ru*

*The prospect of applying a new organic-mineral fertilizer Saposil for cultivating urban soils in the cultivation of lawn grasses is considered. The sorption properties of the organic components of Saposil sapropel and peat are evaluated with respect to mineral fertilizers. It has been established that colloidal sapropel complexes in the fertilizer fix nutrients on their surface, promoting their effective prolonged use by plants and preventing losses from washing out, improve the agrophysical properties of the soil, which leads to an increase in the phytomass of lawn grasses in the vegetation experience. The protector role of the new fertilizer in relation to heavy metals is shown.*

**Keywords:** peat, sapropel, adsorption, organic-mineral fertilizer, urban soil, lawns, heavy metals.

Городские почвы служат элементами ландшафта, выполняющими важные экологические функции: обеспечивают рост травянистой и древесно-кустарниковой растительности; жизнедеятельность почвенных организмов; поглощают загрязняющие вещества, предотвращая их проникновение в сопредельные природные среды; поддерживают биоразнообразие [1]. Однако урбаноземы в значительной степени отличаются от природных почв. Для них характерно изменение физико-механических свойств – переуплотнение, пониженная влагоемкость, ухудшение аэрации, что связано с как с сильной рекреационной нагрузкой, так и с уменьшением содержания органического вещества, также оказывает влияние и насыпной способ их формирования. Все городские почвы в различной степени загрязнены тяжелыми металлами [2]. При их избыточном накоплении почвы теряют способность к продуктивности и биологическому самоочищению, происходит угнетение биоты, снижение интенсивности биологических процессов.

В соответствии с Правилами создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы

[3] при озеленении используют многокомпонентные искусственные почвогрунты. Традиционно используемые почвогрунты на основе торфа и песка в условиях крупного мегаполиса не имеют устойчивости к антропогенным нагрузкам, деградируют в течение 2-3 лет и требуют замены, что достаточно дорого. В связи с этим становится актуальной разработка удобрений для повышения способности городских почв к воспроизводству почвенного плодородия и предупреждению деградационных изменений. Такие удобрения должны соответствовать ряду требований: восстановление органического вещества; стимуляция естественных процессов образования гумуса; оптимизация уровня минерального питания; пролонгированное поступление питательных веществ; оптимизация гранулометрического состава за счет формирования коллоидной структуры; инактивация тяжелых металлов за счет снижения их подвижности; формирование устойчивой саморегулируемой системы [4].

Совместно с И.Т. Вазыховым под научным руководством профессора Л.В. Кирейчевой нами было разработано и запатентовано органоминеральное

удобрение Сапросил [5], в котором источником органического вещества помимо торфа был сапропель пресного озера Белое (республика Татарстан, Тукаевский район). Сапропели наряду с гуминовыми веществами имеют коллоидную структуру и служат хорошими почвообразователями не только за счет внесения макро- и микроэлементов, но за счет активизации почвенной микрофлоры и, следовательно, процесса гумификации и почвообразования и представляют собой ценный и малоиспользуемый природный ресурс для современного и перспективного применения в сельском хозяйстве и городском озеленении. В состав удобрения в качестве аморфного источника кремния добавлен аэросил (А-300) и минеральных удобрений для оптимизации уровня минерального питания [4, 5].

**Цель работы** – обоснование применения органоминерального удобрения Сапросил для окультуривания городских почв при выращивании газонных трав. Оценка сорбционных свойств компонентов удобрения сапропеля и торфа по отношению к минеральным удобрениям. Оценка эффективности применения Сапросила при выращивании тимopheевки в вегетационном опыте. Оценка протекторной роли нового удобрения по отношению к тяжелым металлам.

**Объекты и методы исследования.** Для определения адсорбции ионов элементов минерального питания органическими компонентами удобрения Сапросил сапропелем и торфом за основу была принята методика определения нитрифицирующей способности почвы [6], которая была нами модифицирована и упрощена.

Схема опыта включала 4 варианта в 3 повторностях: 1. Торф (контроль); 2. Сапропель (контроль); 3. Торф с удобрениями; 4. Сапропель с удобрениями. В соответствии со схемой опыта в 600 г торфа или сапропеля было внесено 25,68 г аммиачной селитры, 23,1 г суперфосфата и 12,84 г калия хлористого.

Влажность смеси доводили до 40% дистиллированной водой, тщательно перемешивали и помещали в пластиковые сосуды емкостью 500 мл. В каждый сосуд было набито по 200 г смеси в контрольных вариантах и по 210 г смеси в вариантах с удобрениями.

Компостирование проводили в течение 2 недель (с 29.04.15 по 13.05.15). После этого была проведена водная экстракция ионов биогенных элементов.

Из каждой повторности каждого варианта была отобрана навеска смеси массой 100 г, которая была помещена в коническую колбу 500 мл и к ней было добавлено 260 мл дистиллированной воды. После перемешивания в течение 2-3 минут полученную вытяжку фильтровали через бумажный фильтр. В полученных вытяжках колориметрически определяли содержание ионов аммония, нитратов и фосфатов. По разнице между содержанием ионов в вытяжке всех вариантов было определено содержание ионов, перешедших в водную вытяжку из удобрений.

Для получения предварительной оценки эффективности применения органоминерального удобрения Сапросил при выращивании газонных трав был проведен модельный вегетационный опыт. Тестовой культурой была тимopheевка. Опыт проведен на типичной городской почве (рН 7,2, К<sub>2</sub>О 65 мг/кг, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> 165 мг/кг, гумус 1,04%) – урбаноземе в пластиковых сосудах объемом 500 мл, Сапросил вносили при набивке сосудов. Схема модельного опыта: 1. Контроль (без удобрения); 2-5. Дозы Сапросила 2,5 г/кг, 5 г/кг, 7,5 г/кг, 10 г/кг почвы. Посев проведен 01.07.15, уборка урожая 27.07.15.

Для установления протекторной роли Сапросила по отношению к тяжелым металлам после окончания опыта корни растений были отмыты и проанализированы после озоления на содержание тяжелых металлов рентгено-флуоресцентным методом.

**Результаты исследований.** Эксперимент показал высокие адсорбционные возможности компонентов органоминерального удобрения торфа и сапропеля по отношению к элементам минерального питания (табл. 1 и 2).

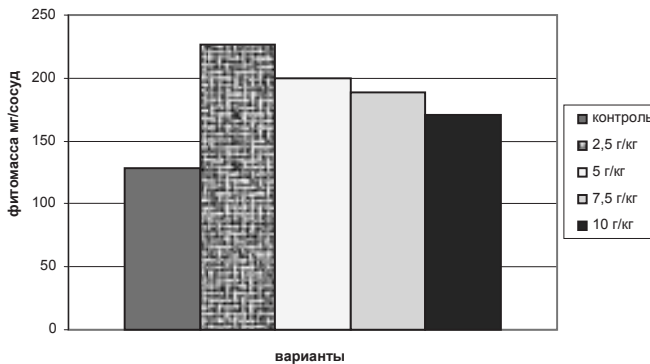
Балансовый подсчет показал, что все исследуемые ионы удерживаются от вымывания, хотя и в различной степени. Ионы аммония поглощаются торфом и сапропелем соответственно на 28,5 и 53,5%. Низкая степень извлечения нитрат-ионов является, видимо, следствием денитрификации в процессе компостирования. Наибольшая поглощательная способность обоих органических компонентов Сапросила торфа и сапропеля обнаружилась по отношению к ионам фосфора соответственно 93,4 и 95%. Результаты эксперимента позволяют сделать вывод о том, что совместное применение органических и минеральных удобрений значительно

**1. Адсорбция элементов минерального питания торфом**

Показатель	Содержание элементов минерального питания в ионной форме, мг/кг		
	ионы аммония	фосфат-ионы	нитрат-ионы
Масса ионов, перешедших в воду из торфа	56	0,3	183
Масса ионов, перешедших в воду из торфа с минеральными удобрениями	6945	2395	2394
Масса ионов, перешедших в воду из минеральных удобрений	6889	2394	2209
Удобрение в составе смеси с торфом	9630	30676	33170
Степень извлечения ионов водой, %	72	7	7

2. Адсорбция элементов минерального питания сапропелем

Показатель	Содержание элементов минерального питания в ионной форме, мг/кг		
	ионы аммония	фосфат-ионы	нитрат-ионы
Масса ионов, перешедших в воду из сапропеля	182	0,3	137
Масса ионов, перешедших в воду из сапропеля с минеральными удобрениями	4660	351	1873
Масса ионов, перешедших в воду из минеральных удобрений	4478	351	1736
Удобрение в составе смеси с сапропелем	9630	30675	33170
Степень извлечения ионов водой, %	46	0,01	5



Фитомасса тимфеевки в зависимости от дозы Сапросила

но повысит эффективность их применения, уменьшив потери питательных веществ от вымывания, создаст для растений режим устойчивого питания в течение всего вегетационного периода.

Краткосрочный модельный вегетационный опыт показал эффективность нового органоминерального удобрения Сапросил при выращивании газонных трав. Фитомасса тимфеевки на всех вариантах опыта выше, чем на контроле (рисунок). В результате проведенного опыта выявлена оптимальная доза Сапросила – 2,5 г/кг, дальнейшее увеличение дозы не приводит к росту урожайности, хотя и повышает ее по сравнению с контролем.

Почва опыта была также проанализирована на содержание тяжелых металлов. Установлено, что в городской почве содержится 50 мг/кг свинца, 259 мг/кг цинка, 20 мг/кг никеля, 2,13% железа, 764 мг/кг марганца, 76 мг/кг хрома. После окончания опыта корни тимфеевки были проанализированы на содержание ТМ рентгено-флуоресцентным методом.

Данные таблицы 3 показывают, что в варианте с внесением органоминерального удобрения Сапросил содержание поллютантов в корнях тимфеевки снизилось. Особенно заметно протекторное действие органоминерального удобрения было выражено по отношению к цинку, хрому и марганцу. В отличие от традиционно применяемых органических

3. Содержание ТМ в корнях тимфеевки, мг/кг

Варианты	Pb	Zn	Ni	Fe, %	Mn	Cr
Контроль	9	296	11	0,44	159	13
Сапросил, 2,5 г/кг почвы	7	272	8	0,31	139	6

удобрений (навоз), в новом органоминеральном удобрении на основе торфа и сапропеля Сапросил содержание тяжелых металлов находится на фоновом уровне, поэтому оно не является дополнительным источником их поступления в почву.

Таким образом, установлена перспектива применения нового органоминерального удобрения Сапросил для окультуривания городских почв при выращивании газонных трав. Торф и сапропель в составе удобрения обладают выраженной адсорбционной способностью по отношению к элементам минерального питания. Оптимальная доза Сапросила составила 2,5 г/кг. Показана протекторная роль Сапросила по отношению к тяжелым металлам, особенно выражено протекторное действие органоминерального удобрения по отношению к цинку, хрому и марганцу.

Литература

1. Закон г. Москвы от 4 июля 2007 г. № 31 «О городских почвах».
2. Башкин В.Н., Завалин А.А., Жеребцова Г.В., Прохоров И.С., Карпова Д.В. и др. Программа первоочередных мероприятий по оздоровлению городских почв. – М.: Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 2004. – 198 с.
3. Постановление Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. № 743-ПП «Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы».
4. Прохоров И.С. Роль активных сообществ микроорганизмов в процессах создания искусственных почвогрунтов: автореф. дисс. к.с.-х.н. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2006. – 26 с.
5. Патент 2566684 РФ. Многокомпонентное органоминеральное удобрение / Вазыхов И.Т., Кирейчева Л.В., Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. // Бюл., 2015, № 30. – С. 6.
6. Кирейчева Л.В., Яшин В.М. Эффективность применения органоминеральных удобрений на основе сапропеля // Агрехимический вестник, 2015, № 2. – С. 37-41.
7. Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю. Органоминеральные удобрения – перспективное направление в развитии технологий управления мелиоративным режимом агроландшафтов / Комплексные мелиорации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции. – М.: Изд-во ВНИИА, 2014. – С. 142-146.
8. Бойко В.Ф., Цитович И.К. Агрехимическая лаборатория. – М.: Изд. Советская наука, 1959. – 499 с.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ПОВОЛЖЬЯ

<sup>1</sup>С.В. Богомазов, к.с.-х.н., <sup>2</sup>А.И. Беленков, д.с.-х.н., <sup>1</sup>О.А. Ткачук, к.с.-х.н.,  
<sup>1</sup>М.А. Симонян, <sup>1</sup>А.В. Лянденбургская  
<sup>1</sup>Пензенский ГАУ, e-mail: s\_bog@mail.ru  
<sup>2</sup>РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева, e-mail: belenokaleksis@mail.ru

*В стационарном полевом опыте дана оценка эффективности различных систем зяблевой обработки почвы и гуминовых удобрений при возделывания яровой пшеницы. Двухфазная отвальная обработка почвы, включающая послеуборочное дискование и вспашку, оптимизировала величину плотности почвы и запас продуктивной влаги в метровом слое. Минимальная мелкая основная обработка почвы снижала урожайность яровой пшеницы на 0,16 т/га, двухфазная безотвальная – на 0,12 т/га. Большее влияние на рост, развитие и формирование урожайности яровой пшеницы оказывало гуминовое удобрение Гумостим. Предпосевная обработка семян этим удобрением способствовала повышению урожайности на 0,49-0,52 т/га. Некорневая обработка посевов в фазе кущения обеспечивала прибавку урожая на 0,21-0,24 т/га. Совместная обработка семян и вегетирующих растений повышала урожайность на 0,55-0,58 т/га. В вариантах с применением гумата калия урожайность находилась на уровне контроля, оказывая незначительное влияние по всем вариантам.*

**Ключевые слова:** яровая пшеница, система обработки почвы, гуминовые удобрения, плотность почвы, запас продуктивной влаги, элементы структуры урожая, урожайность.

## SPRING WHEAT PRODUCTIVITY DEPENDING ON SYSTEM OF MAIN SOIL TREATMENT AND HUMIC FERTILIZERS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF VOLGA REGION

<sup>1</sup>Ph.D. S.V. Bogomazov, <sup>2</sup>Dr.Sci. A.I. Belenkov, <sup>1</sup>Ph.D. O.A. Tkachuk,  
<sup>1</sup>M.A. Simonyan, <sup>1</sup>A.V. Ljandenburskaja  
<sup>1</sup>Penza State Agrarian University, e-mail: s\_bog@mail.ru  
<sup>2</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University, e-mail: belenokaleksis@mail.ru

*In stationary field experiment, the efficiency of various systems of fallow soil cultivation and humic fertilizers was evaluated in the cultivation of spring wheat. Two-phase dumping of soil, including post-harvest disking and plowing, optimized the soil density and the supply of productive moisture in a meter layer. Minimal small primary tillage reduced the productivity of spring wheat by 0.16, two-phase unedged wheat – 0.12 t/ha. Gumostim humic fertilizer exerted a greater influence on the growth, development and formation of spring wheat yield. Presowing treatment of seeds with this fertilizer contributed to an increase in yield by 0.49-0.52 t/ha. Foliar treatment of crops in the tillering phase provided an increase in yield by 0.21-0.24 t/ha. Joint processing of seeds and vegetating plants increased yield by 0.55-0.58 t/ha. The yield of culture in variants with the use of humic fertilizer of potassium humate was at the level of control, rendering insignificant influence on all variants of the experiment.*

**Keywords:** spring wheat, soil treatment system, humic fertilizers, soil density, supply of productive moisture, elements of crop structure, yield.

Обработка почвы остается самой значительной и трудоемкой деятельностью человека по производству продукции растениеводства. На ее выполнение затрачивается около 40% энергетических и 25% трудовых ресурсов от всего объема полевых работ. Использование такого количества энергетических ресурсов оправдывается, если обработку почвы проводят в соответствии с требованиями

возделываемых культур, а также с учетом почвенных и климатических особенностей [1-7]. В настоящее время стало расширяться производство экологически безопасных удобрений и средств защиты. Преимущество удобрений на основе гуматов перед пестицидами и минеральными удобрениями состоит в их комплексном положительном воздействии на растение и высокой эффективности. Являясь

природными веществами, они включаются в круговорот веществ и энергии в агроэкосистемах [8-10]. При использовании гуматов повышается урожайность зерновых, всхожесть и энергия прорастания семян; усиливается корнеобразование и обмен веществ у растений, поглощение и потребление элементов минерального питания, усиливается активность нитратредуктазы, увеличивается сопротивляемость растений к болезням, повышается устойчивость к заморозкам и засухе [11-13].

**Цель исследования** – изучение влияния систем основной обработки почвы и гуминовых удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы.

**Объекты и методы исследований.** В 2014-2016 гг. в условиях стационарного полевого опыта кафедры общего земледелия и землеустройства Пензенского ГАУ, заложенного в 1982 г., изучали системы основной обработки почвы в восьмипольном зернопаротравяном севообороте со следующим чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – викоовсяная смесь с подсевом клевера лугового – клевер луговой первого года пользования – клевер луговой второго года пользования – озимая пшеница – яровая пшеница.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу. Среднее содержание гумуса в пахотном слое 5,92%, реакция почвенного раствора слабокислая ( $pH_{KCl}$  5,0-5,1), содержание щелочно-гидролизующего азота от 81 до 98 мг/кг почвы, подвижного фосфора – среднее, обменного калия (по Чирикову) – повышенное.

Объектом исследования была яровая пшеница, размещенная в паровом звене севооборота, сорт – Тулайковская 10. Норма высева 5,0 млн/га всхожих семян.

Схема полевого двухфакторного опыта показана в таблице 1. Варианты размещены методом рендомизированных повторений. Повторность опыта четырехкратная [14-15].

Гумостим – экологически безопасное, высокоэффективное биологически активное удобрение гуминовой природы на основе торфа. Состав: гуминовые кислоты, азот, фосфор, калий, железо, кальций, магний, микроэлементы (медь, цинк, марганец), витамины, аминокислоты. Назначение – повышение урожайности культур и качества сельскохозяйственной продукции [12].

Гумат калия – стимулятор роста для увеличения прироста побегов, снижения полегания, повышает устойчивость растений к стрессовым факторам вегетационного периода в засушливые, влажные и холодные годы, к повышенным дозам минеральных удобрений. Действующее вещество гумата калия – калиевые соли гуминовых кислот [13].

**Результаты исследований.** Пензенская область расположена в лесостепной зоне Поволжья. Климат

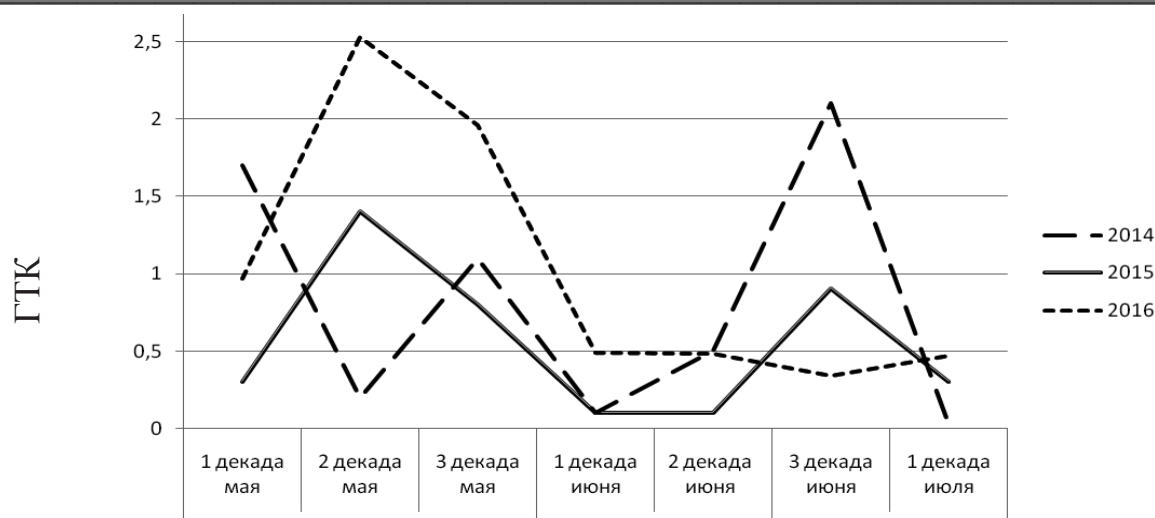
области умеренно континентальный, характеризуется значительными колебаниями температуры, относительной влажностью воздуха и неравномерностью распределения осадков, как в течение года, так и по годам. Лимитирующими факторами, влияющими на уровень урожайности сельскохозяйственных культур, является влага и тепло. Осадки – особенно неустойчивый элемент климата, их количество по годам варьирует от 350 до 770 мм.

Для характеристики использовали гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова. Разной степени увлажнения соответствуют следующие градации ГТК:  $< 0,4$  – очень сильная засуха;  $0,4 \leq ГТК \leq 0,5$  – сильная засуха;  $0,5 \leq ГТК \leq 0,7$  средне засушливо;  $0,7 \leq ГТК \leq 1,0$  недостаточно влажно;  $1,0 < ГТК \leq 2,0$  – достаточно влажно;  $> 2,0$  – переувлажнено [16]. В период исследований складывались неодинаковые условия увлажнения (рисунок). В период посев – кущение ГТК варьировал от 0,3 до 2,53; кущение – выход в трубку – не выше 0,5; выход в трубку – колошение от 0,03 до 2,1. График подтверждает закономерность изменчивости агроклиматических условий района исследований. В целом ГТК за период вегетации варьировал от 0,7 (в 2015 г.) до 1,13 (в 2016 г.).

Плотность почвы – одна из важнейших агрофизических характеристик, которая, в свою очередь, обуславливает изменения водного и воздушного режимов. Растения негативно реагируют как на очень плотное, так и на очень рыхлое сложение почвы. Минимальные показатели плотности почвы в период кущения яровой пшеницы складывались в варианте с применением двухфазной отвальной основной обработки почвы. Величина данного показателя находилась в диапазоне: 0-10 см – 0,97-1,00 г/см<sup>3</sup>; 10-20 см – 1,03-1,05 г/см<sup>3</sup>; 20-30 см – 1,09-1,11 г/см<sup>3</sup>. Применение двухфазной безотвальной и минимальной мелкой зяби приводило к незначительному уплотнению слоев 10-20 и 20-30 см, что существенно не могло повлиять на рост и развитие растений. Показатели плотности в вариантах с минимальной мелкой зябью в период кущения яровой пшеницы находились в пределах: 0-10 см – 1,00-1,05 г/см<sup>3</sup>; 10-20 см – 1,07-1,10 г/см<sup>3</sup>; 20-30 см – 1,13-1,15 г/см<sup>3</sup>.

Наименьшие запасы продуктивной влаги метрового слоя почвы в период посева складывались в вариантах с применением минимальной мелкой основной обработкой почвы. Отклонение по данному показателю в пользу двухфазной отвальной основной обработки составляло 5,9 мм, что выше величины НСР<sub>05</sub> на 1,1 мм. В вариантах с двухфазной безотвальной основной обработкой почвы запас продуктивной влаги находился на уровне контроля.

Продуктивная кустистость изменялась несущественно и варьировала по вариантам от 1,0 до 1,2 (табл. 1). Наибольшее влияние на увеличение коэф-



**Уровень влагообеспеченности посевов яровой пшеницы**

фициента продуктивного кущения оказало применение гуминового удобрения Гумостим. Обработка семян и посевов Гумостимом достоверно увеличивала озерненность колоса на 5 шт. по сравнению с контролем (обработка семян водой). Показателем, тесно связанным с озерненностью колоса, служит

масса зерна с растения, которая увеличивалась на 0,14-0,17 г в варианте с совместной обработкой семян и посевов яровой пшеницы удобрением Гумостим. Среди показателей, связанных с урожайностью, большое значение имеет величина – масса 1000 зерен, наибольшие (36,0-36,4 г) значения кото-

**1. Элементы структуры урожая яровой пшеницы в зависимости от изучаемых факторов и их градаций (2014-2016 гг.)**

Фактор А – система основной обработки почвы	Фактор В – применение гуминовых удобрений	Количество растений перед уборкой, шт/м <sup>2</sup>	Коэффициент продуктивного кущения	Число зерен в колосе, шт.	Масса, г.	
					зерна с растения	1000 зерен
А <sub>0</sub> – двухфазная отвальная зяблевая обработка: дискование на 10-12 см, вспашка на 20-22 см (контроль)	В <sub>0</sub>	372	1,0	17	0,77	34,4
	В <sub>1</sub>	377	1,2	21	0,90	36,2
	В <sub>2</sub>	374	1,2	18	0,83	35,3
	В <sub>3</sub>	380	1,2	22	0,91	36,4
	В <sub>4</sub>	373	1,1	18	0,78	34,6
	В <sub>5</sub>	375	1,0	17	0,78	34,7
	В <sub>6</sub>	379	1,1	18	0,80	34,7
А <sub>1</sub> – двухфазная безотвальная зяблевая обработка: дискование на 10-12 см, безотвальное рыхление на 20-22 см	В <sub>0</sub>	370	1,0	16	0,73	34,1
	В <sub>1</sub>	374	1,2	20	0,89	35,9
	В <sub>2</sub>	372	1,1	18	0,81	35,2
	В <sub>3</sub>	377	1,2	21	0,90	36,0
	В <sub>4</sub>	372	1,1	17	0,77	34,4
	В <sub>5</sub>	373	1,0	17	0,77	34,6
	В <sub>6</sub>	375	1,1	18	0,78	34,6
А <sub>2</sub> – минимальная зяблевая обработка: дискование на 10-12 см, культивация на 12-14 см	В <sub>0</sub>	368	1,0	16	0,72	34,0
	В <sub>1</sub>	372	1,1	21	0,87	36,0
	В <sub>2</sub>	370	1,1	18	0,82	35,2
	В <sub>3</sub>	375	1,1	21	0,90	36,2
	В <sub>4</sub>	370	1,1	18	0,77	34,3
	В <sub>5</sub>	372	1,0	17	0,77	34,7
	В <sub>6</sub>	374	1,1	18	0,78	34,6
НСР <sub>05</sub> А	-	3,2	0,21	1,8	0,09	0,8
НСР <sub>05</sub> В	-	4,7	0,24	3,7	0,11	1,6
НСР <sub>05</sub> АВ	-	6,1	0,28	4,2	0,12	1,7

Примечание. В<sub>0</sub> – предпосевная обработка семян водой (контроль); В<sub>1</sub> – предпосевная обработка семян Гумостимом 100 мл/т; В<sub>2</sub> – некорневая подкормка Гумостимом в фазе кущения 300 мл/га; В<sub>3</sub> – предпосевная обработка семян Гумостимом 100 мл/га + некорневая подкормка в фазе кущения 300 мл/га; В<sub>4</sub> – предпосевная обработка семян гуматом калия 200 г/т; В<sub>5</sub> – некорневая подкормка гуматом калия в фазе кущения 0,5 л/га; В<sub>6</sub> – предпосевная обработка семян гуматом калия 200 г/т + некорневая подкормка 0,5 л/га.

2. Урожайность яровой пшеницы (2014-2016 гг.), т/га

Фактор А – система основной обработки почвы	Фактор В – применение гуминовых удобрений	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Средняя
A <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	3,11	2,90	3,18	3,06
	B <sub>1</sub>	3,56 *B	3,48 *B	3,61 *B	3,55
	B <sub>2</sub>	3,27 *B	3,18 *B	3,37 *B	3,27
	B <sub>3</sub>	3,62 *B	3,52 *B	3,68 *B	3,61
	B <sub>4</sub>	3,11	2,95	3,20	3,09
	B <sub>5</sub>	3,05	3,02	3,16	3,08
	B <sub>6</sub>	3,15	3,04	3,26	3,15
A <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	2,99 *A	2,83	3,05*A	2,96
	B <sub>1</sub>	3,53 *B	3,38 *B	3,53 *B	3,48
	B <sub>2</sub>	3,20 *B	3,09 *B	3,30 *B	3,20
	B <sub>3</sub>	3,57 *B	3,42 *B	3,62 *B	3,54
	B <sub>4</sub>	2,99	2,87	3,17	3,01
	B <sub>5</sub>	2,96	2,90	3,13	3,00
	B <sub>6</sub>	3,07	2,94	3,20	3,07
A <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	2,91*A	2,77*A	3,01*A	2,90
	B <sub>1</sub>	3,46 *B	3,33 *B	3,47 *B	3,42
	B <sub>2</sub>	3,12 *B	3,02 *B	3,25 *B	3,13
	B <sub>3</sub>	3,50 *B	3,37 *B	3,55 *B	3,47
	B <sub>4</sub>	2,93	2,83	3,09	2,95
	B <sub>5</sub>	2,89	2,85	3,06	2,93
	B <sub>6</sub>	3,01	2,89	3,14	3,01
HCP <sub>05</sub>	A	0,11	0,10	0,12	0,12
	B	0,10	0,11	0,11	0,11
	AB	0,12	0,11	0,12	0,12

\* достоверные различия по факторам А, В.

рой также отмечены в варианте совместной обработки семян и посевов яровой пшеницы Гумостимом.

Системы основной обработки почвы на озерненность колоса, массу зерна с растения и массу 1000 зерен влияли несущественно.

Данные таблицы 2 показывают, что применение минимальной мелкой основной обработки почвы снижало урожайность на 0,16 т/га, двухфазной безотвальной обработки – на 0,12 т/га относительно контроля. Наибольшее влияние на рост, развитие растений и формирование урожайности яровой пшеницы оказывало удобрение Гумостим. Предпосевная обработка семян Гумостимом (100 мл/т) в среднем за годы исследований увеличивала урожайность на 0,49-0,52 т/га в сравнении с контролем. Некорневая обработка посевов в фазе кушения обеспечивала прибавку на уровне 0,21-0,24 т/га. Совместная обработка семян и вегетирующих растений приводила к увеличению урожайности на 0,55-0,58 т/га.

Урожайность на вариантах с применением гумата калия находилась на уровне контроля и несущественно повышалась по вариантам опыта.

*Таким образом, результаты полевого опыта показали, что оптимальные показатели плотности почвы в период кушения яровой пшеницы складывались в варианте с двухфазной отвальной основной обработкой почвы. В вариантах с минимальной мелкой основной обработкой почвы достоверно снижался запас продуктивной влаги метрового слоя в период посева в сравнении с контролем. Обработка семян и посевов удобрением Гумостим увеличивала озерненность колоса на 5 шт., массу зерна с растения на 0,14-0,17 г, массу 1000 зерен до 36,4 г, урожайность яровой пшеницы на 0,55-0,58 т/га. Применение минимальной мелкой основной обработки почвы приводило к снижению урожайности яровой пшеницы на 0,16 т/га, двухфазной безотвальной – на 0,12 т/га.*

Литература

1. Кудрявцева М.Н. Влияние основной обработки на засоренность почвы и посевов, урожайность яровой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2014, № 3(27). – С. 15-20.
2. Нечаева Е.Х., Мельникова Н.А., Редин Д.В. Влияние минимализации обработки на состояние плодородия тяжелых суглинистых почв в посевах яровой и озимой пшеницы // Известия Самарской ГСХА, 2016, Т. 1, № 2. – С. 7-11.
3. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Урожайность зерновых и качество зерна пшеницы при различных системах основной обработки почвы // Земледелие, 2017, № 5. – С. 36-38.
4. Плещачев Ю.Н., Кошечев И.А., Кандыби С.С. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность зерновых культур // Вестник Алтайского ГАУ, 2013, № 1 (99). – С. 23-26.

5. Орлов А.Н., Ткачук О.А., Павликова Е.В., Тихонов Н.Н. Пути повышения эффективности производства зерновых культур в лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья, 2011, № 4 (21). – С. 40-44.
6. Орлов А.Н., Ткачук О.А., Павликова Е.В. Совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Известия Оренбургского ГАУ, 2009, Т. 1, № 22-2. – С. 12-15.
7. Данилов А.Н., Летучий А.В., Шагиев Б. Влияние удобрений и обработки почвы на элементы ее плодородия и урожайность яровой пшеницы на черноземах Поволжья // Нива Поволжья, 2015, № 3(36). – С. 46-53.
8. Виноградова В.С., Мартынцева А.А., Казарин С.Н. Влияние гуминовых и микроудобрений на урожайность яровой пшеницы // Земледелие, 2015, № 1. – С. 32-34.
9. Гармаш Г.А., Гармаш Н.Ю., Берестов А.В. Гуматизированные удобрения и их эффективность // Агротехнический вестник, 2013, № 2. – С. 11-13.
10. Хитрова В.И. Сравнительная оценка эффективности гуминовых удобрений в технологии возделывания яровой пшеницы в условиях Нечерноземной зоны России: дисс. к.с.-х.н. – Кострома, 2012. – 220 с.
11. Вербицкая Н.В., Кондратенко Е.П., Соболева О.М. Использование препарата гуминовой природы для предпосевной обработки семян яровой пшеницы // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2014, № 3 (103). – С. 128-132.
12. Кравец А.В., Касимова Л.В., Зотикова А.П. Эффективность опрыскивания яровой пшеницы гумостимом с микроэлементами / Аграрная наука, образование, производство: актуальные вопросы: сборник трудов Всероссийской науч.-практич. конф. – Новосибирск, 2014. – С. 204-207.
13. Пронько В.В., Корсаков К.В., Гатаулин Т.С. Эффективность гумата калия-натрия на черноземных почвах Поволжья // Плодородие, 2010, № 2. – С. 18-19.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
15. Афанасьева Р.А. К методике дисперсионного анализа результатов многолетних полевых опытов // Агротехника, 2004, № 5. – С. 85-91.
16. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / В кн.: Мировой агроклиматический справочник. – Л.: Гидрометеиздат, 1937. – С. 5-27.

УДК 631.816:631.452

DOI 10.24411/0235-2516-2018-10007

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ РАСТЕНИЙ И ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ МЕРЗЛОТНОЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ

**А.П. Чевычелов, д.б.н., Н.В. Барашкова, д.с.-х.н., О.Г. Захарова, к.б.н.,  
В.В. Устинова, к.с.-х.н., А.П. Аржакова, к.с.-х.н.**

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, e-mail: chev.soil@list.ru*

*Изучали влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на урожайность и ботанический состав естественного остепненного лугового фитоценоза, а также изменение физико-химических и агрохимических показателей малоплодородной мерзлотной лугово-черноземной почвы, сформированной в условиях криоаридного климата Центральной Якутии. Показано, что на всех удобренных вариантах опыта в среднем за ротацию 2013-2016 гг. урожайность увеличивалась в 1,5-2,6 раза. При этом средняя максимальная урожайность сена остепненного луга составляла 15,7-16,1 ц/га. Помимо этого в почвах всех удобренных вариантов опыта отмечалось повышение плодородия, что выражалось в увеличении содержания гумуса (максимально до 4,2-4,3%), аммиачного и нитратного азота (соответственно до 17-21 и 3-8 мг/кг), подвижного фосфора и доступного калия (до 177-245 и 301-337 мг/кг), а также частиц ила и глины (до 6,8-7,0% и 15,6-15,7%). Также установлено, что наряду с этим при длительном применении удобрений наблюдается изменение ботанического состава травостоя остепненного луга. При этом, как правило, возрастает относительная доля злаков за счет снижения участия разнотравья и бобовых в составе травостоя.*

**Ключевые слова:** мерзлотная почва, удобрения, изменение свойств, остепненный луг, урожайность, ботанический состав растений.

THE EFFECT OF LONG-TERM USE OF FERTILIZERS ON CROP YIELDS AND CHANGES IN THE PROPERTIES OF PERMAFROST MEADOW-CHERNOZEM SOIL

*Dr.Sci. A.P. Chevychelov, Dr.Sci. N.V. Barashkova, Ph.D. O.G. Zakharova,  
Ph.D. V.V. Ustinova, Ph.D. A.P. Arzhakova  
Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, e-mail: chev.soil@list.ru*

*Here we studied the effect of long-term use of organic and mineral fertilizers on productivity and plant species composition of natural steppe meadow phytocoenosis. We also investigated changes in physical, chemical and agrochemical parameters of infertile meadow-chnozem permafrost soil formed in the conditions of cryo-arid climate of central Yakutia. All fertilized variants of the experiment demonstrated 1.5-2.6 fold increase in the average yield of plants during the rotation period of 2013-2016. The average maximum yield of hay at the steppe meadow was 15.7-16.1 centners/ha. In addition, an increase in fertility was observed in all fertilized variants of the experiment, which was based on the increase in humus content (maximum up to 4.2-4.3%), the amount of ammonium and nitrate nitrogen (up to 17-21 and 3-8 mg/kg), the amount of mobile phosphorus and available potassium (up to 177-245 and 301-337 mg/kg) and also the content of silt and clay particles (up to 6.8-7.0% and 15.6-15.7%). It was also demonstrated, that long-term use of fertilizers caused changes in species composition of vegetation of the steppe meadow. In this case, as a rule, the ratio of cereals increases due to the decrease of herbs and legumes in herbaceous vegetation.*

**Keywords:** permafrost soil, fertilizers, property change, steppe meadow, yield, plant species composition.

Республика Саха (Якутия) – самый крупный, значительно удаленный от центра регион России, большая часть территории которого расположена в зоне сплошной многолетней мерзлоты. При этом около 70% площади Республики представлено труднодоступными горными территориями, которые можно использовать только в качестве оленьих пастбищ. Лишь в равнинной и наиболее теплой Центральной Якутии имеются земельные ресурсы сельскохозяйственного назначения, которые используют под пашни, сенокосы и пастбища. На Средней Лене, где проживает основная часть населения, на 1 и 2 надпойменных террасах данной реки, среди тайги формируются уникальные растительные сообщества – остепненные луга и степи [1, 2]. Данные угодья служат кормовой базой для животноводства и коневодства. При этом среднедолголетняя урожайность сенокосов очень низкая и составляет 7,2 ц/га сена [3]. В Центральной Якутии из-за высокой концентрации КРС и лошадей до 70% остепненных лугов сильно деградированы и нуждаются в улучшении ботанического состава и повышении потенциала продуктивности [4]. По данным обследования сельскохозяйственных угодий, проведенных Республиканской агрохимической проектно-изыскательской станцией, показано, что за 25 лет в период 1979-2006 гг. средневзвешенное содержание гумуса в почвах сенокосов уменьшилось с 9,3 до 4,8%, то есть почти вдвое. При этом справедливо указывается, что в Якутии еще нет практики использования мелиоративной функции удобрений [5].

**Цель исследования** – оценить в криоаридных условиях Центральной Якутии влияние длительного применения удобрений на урожайность и ботанический состав растений естественного остепненного луга, а также изменение свойств мерзлотной лугово-черноземной почвы.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в Центральной Якутии, в окрестностях г. Якутск, на луговом стационаре Института биологических проблем криолитозоны СО РАН в условиях полевого опыта. Данная территория характеризуется резко континентальным холодным и криоаридным климатом. Здесь за год в среднем выпадает около 234 мм атмосферных осадков, при этом в летний период – 158 мм, а коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову равен 0,3 [6]. Основными факторами, ограничивающими продуктивность растений, служат короткий вегетационный период, низкая влагообеспеченность и теплообеспеченность мерзлотных почв.

Объектами исследования были естественный остепненный луг и мерзлотная лугово-черноземная почва. Полевой опыт заложен в 2003 г. по методике [7]. Повторность трехкратная, площадь делянок 30 м<sup>2</sup>, размещение делянок рендомизированное. Режим использования сенокосный – в фазе массового цветения луговых трав. В период 2003-2016 гг. удобрения вносили согласно схеме опытов. Перегной вносили весной боронованием до полного втирания в почву, а минеральные удобрения – разбрасывателем. В качестве азотного удобрения использовали мочевины, фосфорного – двойной гранулированный суперфосфат, калийного – калий хлористый. Содержание N в мочеvine составляло 46%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в двойном суперфосфате – 47%, K<sub>2</sub>O в хлористом калии – 60%. Опыты проводили в условиях естественного увлажнения с учетом выпадающих осадков за вегетационный период май – сентябрь.

Учет урожайности и ботанический состав луговых растений осуществляли ежегодно за четвертую ротацию 2013-2016 гг., а оценку изменения почвенных показателей в 2016 г. за весь период проведения опытов. При этом изучали следующие показатели почвы: рН<sub>H2O</sub>, содержание гумуса, мине-

ральных форм азота, подвижных фосфатов, обменного калия, гранулометрических фракций ила (<0,001 мм) и глины (<0,01 мм). Минеральные формы азота определяли по стандартным методикам, подвижные фосфаты – по Гинзбург-Артамоновой, доступный калий – по Масловой [9].

**Результаты и обсуждение.** За исследованный период средняя урожайность сена луговых растений в контроле изменялась от 4,4 до 7,5 ц/га и составляла в среднем за ротацию 6,2 ц/га (табл. 1). При этом во всех удобренных вариантах, за исключением второго, прибавки урожайности оказались статистически достоверными за весь период исследований. В варианте 2 разница с контролем была значимой только в первый год исследований, когда вносили органическое удобрение. В остальные годы в варианте 2 прибавки урожайности оказались ниже значения НСР<sub>0,95</sub>. На всех удобренных вариантах в среднем за ротацию урожайность увеличилась в 1,5-2,6 раза. При этом средняя максимальная урожайность сена остепненного луга составляла 15,7-16,1 ц/га соответственно в вариантах 3 и 4, которые в данных ландшафтно-климатических условиях оказались оптимальными.

Определение физико-химических и агрохимических показателей мерзлотной лугово-черноземной почвы для слоя 0-20 см (табл. 2) в соответствии с известными грациями [8-11] позволяет охарактеризовать ее, как слабощелочную, супесчаную, с низким содержанием гумуса, очень низко обеспеченную нитратным азотом, низко обеспеченную подвижными фосфатами и среднеобеспеченную доступным калием. Во всех удобренных вариантах наблюдается увеличение значения рН, содержания гумуса, подвижных форм азота, фосфора и калия, а также фракций ила и физической глины. Максимальные значения большей части данных показателей отмечаются в почвах вариантов 3 и 6, где содержание гумуса в слое 0-20 см достигает 4,2-4,3%, аммиачного и нитратного азота – 17-21 и 3-8 мг/кг почвы, подвижного фосфора и доступного калия – 177-245 и 301-337 мг/кг почвы, фракций ила и физической глины – 6,8-7,0 и 15,6-15,7% соответственно. При этом необходимо констатировать, что в почве вариантов 3 и 6 по сравнению с контролем наблюдается увеличение содержания гумуса в 1,7

раза, фракций ила и физической глины – соответственно в 1,4 и 1,2, аммиачного азота – в 2,1-2,6, нитратного азота – в 3-8, подвижного фосфора – в 2,6-3,7 и доступного калия – в 2,7-3,0 раза. Таким образом, внесение удобрений способствует не только увеличению урожайности луговых растений, но и одновременному росту плодородия мерзлотной лугово-черноземной почвы. Данное положение также подтверждается значениями коэффициентов корреляции (r), рассчитанных для связей (n = 6) между урожайностью и содержанием гумуса, аммиачного азота, нитратного азота, подвижного фосфора, доступного калия, а также фракций ила и глины, которые характеризуются довольно высокими величинами и соответственно составляют 0,734; 0,810; 0,771; 0,616; 0,756; 0,919 и 0,714. Вследствие этого в вариантах 3 и 6 почва характеризуется как средне- и высокообеспеченная подвижным фосфором и высоко обеспеченная доступным калием, лишь обеспеченность нитратным азотом данной почвы все еще остается низкой. Последнее приводит к выводу о необходимости увеличения доз азотных удобрений на следующих этапах исследований.

Увеличение значения рН, которое наблюдается во всех удобренных вариантах, обусловлено появлением в почвенных растворах гидролитически щелочных солей, образованных катионом сильного основания и анионом слабой кислоты. Так, в вариантах 2 и 6, где применяли только перегной в составе почвенных растворов преобладают гидрокарбонаты щелочных и щелочноземельных катионов, а в вариантах 4 и 5, где вносили только минеральные удобрения, – разноосновные фосфаты калия. При этом нитраты здесь активно поглощаются луговыми растениями, что приводит к низкому остаточному содержанию данных анионов в почвенных растворах. В варианте 3, где вносили комплексное органоминеральное удобрение проявляются оба вышеотмеченных механизма формирования состава почвенного раствора. Наши рассуждения подтверждаются фактическими данными (табл. 2). Так, максимальное значение рН 8,4 для слоя почвы 0-20 см (разница с контролем 0,7) отмечается в варианте 4, где применяли наиболее высокие дозы минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

**1. Урожайность естественного остепненного луга, ц/га СВ**

Вариант	Годы исследований				Средняя за 4 года
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	
1. Контроль, без удобрений	6,2	7,5	6,5	4,4	6,2
2. Перегной, 20 т/га 1 раз в 4 года	13,8	10,2	7,1	5,4	9,1
3. Перегной, 20 т/га 1 раз в 4 года + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> ежегодно	18,3	18,4	16,2	12,9	16,1
4. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> ежегодно	17,4	17,0	14,1	12,7	15,7
5. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> ежегодно	15,2	13,9	13,2	9,9	13,1
6. Перегной, 20 т/га ежегодно	14,5	16,8	14,6	8,7	13,7
НСР <sub>0,95</sub>	3,1	3,1	6,2	3,7	-

**2. Изменение физико-химических и агрохимических показателей мерзлотной лугово-черноземной почвы**

Вариант	Глубина, см	рН <sub>H2O</sub>	Гумус, %	Подвижные				Фракции, %	
				NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	< 0,001 мм	< 0,01 мм
				мг/кг почвы					
1. Контроль, без удобрений	0-10	7,5	3,4	11	1	71	155	4,3	11,5
	10-20	8,0	1,6	6	1	64	67	5,3	14,2
	0-20	7,7	2,5	8	1	67	111	4,8	12,8
2. Перегной, 20 т/га 1 раз в 4 года	0-10	7,9	4,2	16	2	143	251	4,8	13,4
	10-20	8,2	2,1	5	1	91	67	5,4	15,5
	0-20	8,0	3,1	10	1,5	117	159	5,1	14,4
3. Перегной, 20 т/га 1 раз в 4 года + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> ежегодно	0-10	7,9	4,7	23	9	227	523	6,5	15,3
	10-20	8,0	3,7	19	7	128	80	7,6	15,9
	0-20	7,9	4,2	21	8	177	301	7,0	15,6
4. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> ежегодно	0-10	8,0	4,7	21	4	189	401	5,9	13,5
	10-20	8,8	2,6	5	4	64	72	7,0	14,6
	0-20	8,4	3,6	13	4	126	236	6,4	14,0
5. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> ежегодно	0-10	8,0	3,4	15	2	151	230	6,4	14,2
	10-20	8,5	2,1	9	2	83	72	7,2	15,6
	0-20	8,2	2,7	12	2	117	151	6,8	14,9
6. Перегной, 20 т/га ежегодно	0-10	7,8	5,0	27	3	362	574	6,3	14,6
	10-20	8,2	3,7	8	3	129	100	7,3	16,9
	0-20	8,0	4,3	17	3	245	337	6,8	15,7

Одним из главных показателей почвенного плодородия служит содержание гумуса, которое во всех удобренных вариантах опыта увеличивается, причем максимально в слое 0-20 см в 1,7 раза. При этом послойное распределение гумуса (0-10 и 10-20 см) в данной толще выражено по-разному (см. табл. 2). Так, на контроле в слое 0-10 см его содержание составляет 3,4%, в слое 10-20 см – 1,6% при аккумулятивном характере распределения и соотношении 2,1. Аккумулятивный тип распределения гумуса также отмечается и в остальных вариантах, но соотношение послойного содержания гумуса в почве закономерно сужается до 2,0-1,3 за счет более интенсивного увеличения количества гумуса в слое 10-20 см. Все вышесказанное становится ясным, если полагать, что отмечаемое увеличение количества гумуса в слое 0-20 см на удобренных вариантах обусловлено поступлением и гумификацией корневого опада трав. Причем в условиях дефицита увлажнения основная масса корней многолетних луговых растений приурочена к наиболее увлажняемому слою 10-20 см мерзлотной почвы. Данное положение подтверждается результатами исследований других авторов, например, для злаково-разнотравных травостоев Центральной Якутии в зависимости от их использования соотношение надземной и подземной фитомассы изменяется в пределах 1:5-1:20 [12]. Также установлено, что на удобренных почвах корневые системы луговых растений стремятся к расположению в поверхностном 0-20 см слое почвы, при этом максимально их фитомасса составляет 74% от массы всей корневой системы [13].

Также важным показателем почвенного плодородия служит содержание мелкодисперсных фрак-

ций мелкозема, то есть частиц ила и физической глины. Их количество и минералогический состав, а также насыщенность органическим веществом в конечном счете определяют состав и структуру почвенно-поглощающего комплекса, ответственного за реакции обмена – поглощения веществ, в том числе и элементов питания растений. В этом плане исследуемая почва является легкой, то есть супесчаной и содержит на контроле в слое 0-10 см всего 4,3 и 11,5%, ила и глины соответственно в слое 10-20 см – 5,3 и 14,2% (см. табл. 2). Убывающий характер распределения данных частиц служит следствием частичной деградации изучаемой почвы вследствие дефляции или ветровой эрозии. Во всех почвах удобренных вариантов отмечается увеличение количества этих частиц в слое 0-20 см, причем максимально в вариантах 3 и 6, где содержание ила и глины достигает 6,8-7,0% и 15,6-15,7% соответственно и на 2-3% превышает таковое на контроле.

По результатам полевого опыта с удобрениями также были рассчитаны коэффициенты использования удобрений (КИУ) луговыми растениями, произрастающими на мерзлотной лугово-черноземной почве (табл. 3). При этом учитывалось, что содержание элементов питания в перегное составляло: N – 0,43%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,24% и K<sub>2</sub>O – 0,29% в расчете на сухое вещество (СВ). Значения КИУ по азоту, фосфору и калию существенно различались при довольно высокой вариабельности их величин. Так, КИУ по азоту изменялся от 41 до 98%, фосфору – 4-15%, калию – 37-71%. Широкая амплитуда колебания значений КИУ – обычное и нормальное явление. При этом факторов, влияющих на величину использования питательных ве-

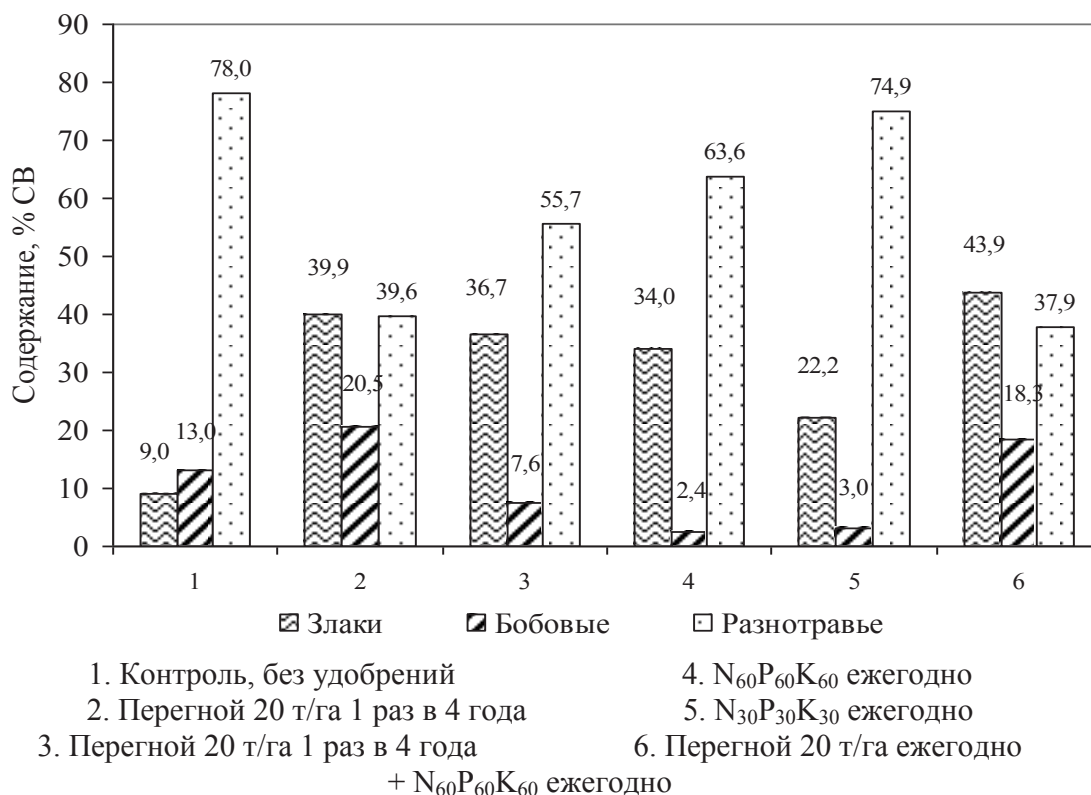
ществ из удобрений, много. Обычно значения КИУ изменяются в следующих пределах: по азоту – 40-90%, по фосфору – 10-30%, по калию – 30-100% [14]. В наших условиях наиболее высокие значения КИУ по азоту (60-98%), по фосфору (10-15% и по калию (56-71%) получены для вариантов 2 и 6, где вносили только перегной в дозе 20 т/га. Высокие значения КИУ в этом случае подтверждают хорошую усвояемость питательных элементов луговыми растениями из перегной. В вариантах 4 и 5, где использовали только минеральные удобрения значения КИУ ниже таковых, где применяли перегной. При этом в варианте N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> значения КИУ возрастают в 1,3-1,5 раза по сравнению с вариантом N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Если показатели КИУ по азоту и калию в данном опыте примерно одинаковы, что говорит о

хорошей усвояемости обоих элементов из состава удобрений, то значения КИУ по фосфору очень низкие, особенно в вариантах 4 и 5, где в качестве фосфорного удобрения применяли двойной суперфосфат. Низкие значения КИУ по фосфору, характерные для мерзлотных почв, обусловлены их низкой теплообеспеченностью, что значительно снижает подвижность фосфорных соединений в почвенных растворах при пониженных температурах [5].

Во всех вариантах опыта отмечается положительный баланс питательных элементов, когда их вынос с урожаем компенсируется внесением с удобрениями (табл. 3). И только в варианте 2, где 1 раз за ротацию вносили перегной в дозе 20 т/га, поступление азота с удобрением не компенсирует его выноса с урожаем. Поэтому в данном варианте

**3. Поступление, потребление и коэффициенты использования удобрений (КИУ) остепненным луговым фитоценозом, произрастающим на мерзлотной лугово-черноземной почве (в среднем за 2013-2016 гг.)**

Вариант	Средняя урожайность, ц/га СВ	Содержание, % СВ			Поступление с удобрениями, кг/га·год			Потребление с урожаем, кг/га·год			КИУ, %		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контроль, без удобрений	6,2	1,33	0,20	0,61	-	-	-	8,2	1,2	3,8	-	-	-
2. Перегной, 20 т/га 1 раз в 4 года	9,1	1,82	0,21	0,88	8,6	4,8	5,9	16,6	1,9	8,0	98	15	71
3. Перегной, 20 т/га 1 раз в 4 года + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> ежегодно	16,1	2,37	0,26	1,75	68,6	64,8	65,9	38,2	4,2	28,2	44	5	37
4. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> ежегодно	15,7	2,08	0,25	1,70	60,0	60,0	60,0	32,7	3,9	26,7	41	4	38
5. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> ежегодно	13,1	1,84	0,24	1,48	30,0	30,0	30,0	24,1	3,1	19,4	53	6	52
6. Перегной, 20 т/га ежегодно	13,7	2,12	0,23	1,24	34,4	19,2	23,6	29,0	3,1	17,0	60	10	56



**Рис. Изменение ботанического состава остепненного луга при внесении удобрений**

не наблюдаются значимые прибавки урожайности на 2-4 годы после внесения удобрений (см. табл. 1). Таким образом, однократное раздельное внесение только перегноя в дозе 20 т/га в нашем опыте оказалось малоэффективным.

Длительное применение удобрений также приводит к изменению ботанического состава изучаемого остепненного луга, развитого на мерзлотной лугово-черноземной почве (рисунок). Так, если в контроле абсолютно преобладает разнотравье (78%), а доля бобовых (13%) и злаков существенно понижена (8%), то при внесении удобрений значительно возрастает доля злаков до 22-44%, а относительное участие в составе травостоя разнотравья падает до 74-38%. При этом в составе злаков абсолютно доминирует пырей ползучий (*Elytrigia* (L.) *Nevski*), который обладает высокой конкурентоспособностью. Бобовые реагируют на внесение удобрений неоднозначно. Так, если применяли только органическое удобрение или перегной, как вариантах 2 и 6, то их доля в травостое повышалась с 13 до 18-20% за счет уменьшения участия разнотравья. И наоборот, если применяли комплексное органоминеральное удобрение как в варианте 3, или только минеральные удобрения, как в вариантах 4

и 5, то их доля однозначно уменьшалась с 13 до 8% и с 13 до 2-3% соответственно. В случае применения оптимального с позиции урожайности и мелиоративного эффекта удобрений варианта 3, предусматривающего внесение перегноя 20 т/га 1 раз в 4 года +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ежегодно, наблюдается получение довольно качественного ботанического состава травостоя, включающего 36,7% злаков, 7,6% бобовых и 55,7% разнотравья.

*Таким образом, длительное применение удобрений на малоплодородной мерзлотной лугово-черноземной почве, сформированной в условиях криоаридного климата Центральной Якутии, приводит к увеличению урожайности луговых растений в 1,5-2,6 раза. При этом наблюдается улучшение качественного состава травостоя естественного остепненного луга, когда происходит увеличение относительной доли злаков за счет уменьшения участия разнотравья и бобовых. Также на всех удобренных вариантах опыта отмечается повышение плодородия почв, а именно увеличение содержания гумуса, мелкодисперсных фракций почвенного мелкозема – глины и ила, а также подвижных соединений азота, фосфора и калия.*

#### Литература

1. Андреев В.Н., Галактионова Т.Ф., Михалева В.М., Пермякова А.А., Перфильева В.И., Петров А.М., Шелудяков В.А. Луга Якутии. – М.: Наука, 1975. – 176 с.
2. Скрябин С.З., Караваев М.Н. Зеленый покров Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1991. – 176 с.
3. Буслаев И.Г., Васильев П.П., Дорофеева А.К., Дохунаев В.Н., Егоров Б.Н., Емельянов С.И., Захаров И.Д., Иванов И.А., Коноровский А.К., Липунов Н.А., Макаров В.С., Масютин П.Я., Местников Н.А., Перлов М.А., Попов Г.М., Попов Н.Т., Саввинов Д.Д., Смирнова М.Ф., Сидоров П.К., Федоров Н.С., Яковлев А.С. Зональная система земледелия Якутской АССР. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1981. – 284 с.
4. Устинова В.В., Барашкова Н.В. Видовой состав и продуктивность остепненных лугов в зависимости от режима питания в условиях Центральной Якутии // Научный журнал КубГАУ, 2017, № 131 (07). – С. 1-12.
5. Иванов И.А., Винокурова В.С., Игнатьева В.В. Особенности использования удобрений в Якутии. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. – 132 с.
6. Чевычелов А.П., Скрыбыкина В.П., Васильева Т.И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвоведение, 2009, № 6. – С. 648-657.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
8. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
10. Орлов Д.С., Лозанская И.Н., Попов П.Д. Органическое вещество почв и органические удобрения. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 98 с.
11. Оценка плодородия мерзлотных почв земледельческих районов Якутии по содержанию гумуса и нитратного азота. – Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1987. – 8 с.
12. Аржаков В.И. Изменение корневой системы злаково-разнотравных травостоев в зависимости от режима их использования и уровня минерального питания / Достижения сельскохозяйственной науки Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1983. – С. 124-127.
13. Денисов Г.В., Стрельцова В.С. Экология и эволюция сеяных лугов в криолитозоне. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. – 240 с.
14. Дзюин Г.П., Дзюин А.Г. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений, навоза и почвы культурами севооборота // Международный журнал экспериментального образования, 2016, № 5. – С. 83-90.

## ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ НИТРИФИЦИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

**В.Д. Соловichenко**, д.с.-х.н., **В.В. Никитин**, д.с.-х.н., **А.П. Карабутов**, к.с.-х.н.

*Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН,*

*e-mail: laboratoria.plodorodya@yandex.ru, valentin\_1937@list.ru, karabut.ap@mail.ru*

*Приведены результаты динамики нитрифицирующей способности чернозема типичного после прохождения пяти ротаций на разных видах севооборотов, различных способов основной обработки почвы и разных уровнях удобрения. Наибольший потенциал в продуцировании нитратов имели варианты опыта с минимальной обработкой почвы на всех уровнях внесения органических и минеральных удобрений. Среди севооборотов наивысшие показатели были получены в севообороте с многолетними и однолетними бобовыми культурами.*

**Ключевые слова:** севооборот, обработка почвы, чернозем типичный, удобрения, нитрифицирующая способность, верификация.

### INFLUENCE OF AGROTECHNICAL FACTORS ON PARAMETERS OF NITRIFICATION POSSIBILITY OF TYPICAL CHERNOZEM

*Dr.Sci. V.D. Solovichenko, Dr.Sci. V.V. Nikitin, Ph.D. A.P. Karabutov*

*Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of RAS,*

*e-mail: laboratoria.plodorodya@yandex.ru, valentin\_1937@list.ru, karabut.ap@mail.ru*

*The results of the dynamics of the nitrifying ability of a typical chernozem after passing through five rotations on different types of crop rotations, various methods of basic soil cultivation, and various levels of fertilization are presented. The greatest potential in the production of nitrates had variants with minimal soil cultivation at all levels of application of organic and mineral fertilizers irrespective of crop rotation. Among the crop rotations, the highest values were obtained in the crop rotation with perennial and annual legumes.*

**Keywords:** crop rotation, tillage, typical chernozem, fertilizers, nitrifying ability, verification.

Азот играет ведущую роль в увеличении урожая сельскохозяйственных культур практически во всех зонах Российской Федерации. Это связано не только с большим выносом этого элемента с урожаями, но и незначительным содержанием его в почвах в подвижной форме, в т.ч. и в нитратной форме [1-3]. Отсюда и важнейшая роль нитрифицирующей способности почвы, в данном случае, чернозема типичного. В различных регионах РФ имеется довольно большой набор почвенных разновидностей даже в пределах одной почвенно-климатической зоны с различным содержанием валовых форм химических элементов в почвах, что детерминировано генетическим образованием, а также неодинаковой обеспеченностью их подвижными формами в связи с различной культурой земледелия. В Центрально-Черноземной зоне интервал содержания валовых форм основных макроэлементов в пахотном слое почв составляет: азота 0,2-0,45%, фосфора 0,10-0,32% калия 1,5-2,4% [4-6]. По

содержанию подвижных форм доминируют фосфор и калий, азота находится несколько меньше. Например, по последнему циклу агрохимического обследования в Белгородской области в пахотном слое почвы содержалось: гидролизуемого азота с низкой градацией около 25% площади пашни, подвижного фосфора – 7,2%, подвижного калия – 12,5% [7]. Доминантой в формировании урожая в Центрально-Черноземном регионе служит прежде всего азот, доленое участие которого составляет 75-80% [8-10].

**Цель исследования** – определить влияние агротехнических факторов на показатели нитрифицирующей способности чернозема типичного.

**Объекты и методы исследования.** Опыт был заложен в Белгородском НИИ сельского хозяйства в 1987 г. Почва опытного участка – чернозем типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке с содержанием в пахотном слое 5,18-5,32% гумуса, 52-58 мг/кг

## 1. Виды севооборотов и чередование культур

Зерноотравапропашной – ЗТП	Зернопропашной – ЗП	Зернопароотравапропашной – ЗПП
1. Озимая пшеница	1. Озимая пшеница	1. Озимая пшеница
2. Сахарная свекла	2. Сахарная свекла	2. Сахарная свекла
3. Ячмень + многолетние травы	3. Ячмень	3. Кукуруза на силос
4. Многолетние травы 1 г.п.	4. Кукуруза на силос	4. Кукуруза на зерно
5. Многолетние травы 2 г.п.	5. Горюх	5. Черный пар

## 2. Показатели нитрифицирующей способности почвы после прохождения пяти ротаций (2012-2015 гг.), N мг/кг

Слой почвы, см	Севооборот					
	Зерноотравапропашной		Зернопропашной		Зернопароотравапропашной	
	Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений						
0-30	25,5	27,3	26,8	28,8	24,8	26,5
30-50	14,7	11,7	12,1	11,7	12,2	9,5
0-50	21,2	21,1	20,9	22,0	19,8	19,7
N <sub>84-124</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>						
0-30	29,6	35,1	33,0	35,5	29,1	28,4
30-50	15,0	15,0	15,4	16,1	11,6	8,1
0-50	23,8	27,1	26,0	27,7	22,1	20,3
Навоз, 16 т/га						
0-30	29,6	34,7	33,0	32,4	28,1	26,7
30-50	15,3	13,3	11,2	7,9	14,2	13,1
0-50	23,9	26,1	24,3	22,6	22,5	21,3
Навоз, 16 т/га + N <sub>84-124</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>						
0-30	31,3	36,4	40,4	38,9	31,6	34,1
30-50	16,5	12,4	14,7	16,3	18,5	12,0
0-50	25,4	26,8	30,1	29,9	26,4	25,3
НСР <sub>05</sub> для 0-30 см: А (севообороты) – 3,0; В (обработка почвы) – 3,0; С (навоз) – 2,1; D (минеральные удобрения) – 1,4; для 30-50 см: А – 3,3; В – 2,2; С – 1,5; D – 1,2; для 0-50 см: А – 3,1; В – 2,7; С – 1,9; D – 1,3.						

подвижного фосфора и 95-105 мг/кг почвы подвижного калия,  $r_{KCl}$  5,8-6,4.

Три севооборота в структуре посевных площадей имели различную насыщенность пропашными культурами: 20% в зерноотравапропашном, 40% – зернопропашном, 60% – зернопароотравапропашном (табл. 1).

В опыте применяли вспашку и минимальную обработку почвы, три системы внесения удобрения: органическая, минеральная и органоминеральная. Вспашка предусматривала отвальное рыхление верхнего слоя почвы в зависимости от возделываемой культуры на глубину 22-32 см. При минимальной обработке рыхление осуществляли тяжелыми дисками на глубину 10-12 см.

Из органических удобрений вносили навоз 1 раз за ротацию севооборотов под сахарную свеклу 80 т/га, – т.е. на гектар севооборотной площади 16 т. Минеральные удобрения вносили ежегодно под каждую культуру: для первого севооборота – N<sub>84</sub>P<sub>124</sub>K<sub>124</sub>, для второго – N<sub>124</sub>P<sub>124</sub>K<sub>124</sub> и для третьего – N<sub>108</sub>P<sub>124</sub>K<sub>124</sub>. Нитрифицирующую способность определяли по Кравкову, подвижные формы фосфора и калия – по Чирикову.

**Результаты.** Следует отметить, что в пятой ротации наблюдается заметное падение нитрифицирующей способности с глубиной отбора почвенно-

го образца независимо от способа основной обработки почвы и вида севооборота (табл. 2).

Влияние способа основной обработки в севообороте с травами сказалось следующим образом. В слое почвы 0-30 см во всех комбинациях минимальная обработка имела более высокие показатели нитрифицирующей способности, чем вспашка. При этом, чем выше удобрённый фон, тем сильнее проявляется преимущество минимальной обработки. В подпахотном слое – напротив, по минимальной обработке показатели ниже, что объяснимо, если учесть разную глубину заделки удобрений. Влияние способа обработки в других севооборотах неустойчивое и разнонаправленное. Кроме того, имеет место большое падение показателя нитрифицирующей способности с глубиной: наличие нитратного азота в слое 30-50 см после лабораторного компостирования в пятой ротации снизилось в 2-3 раза против слоя 0-30 см, чего не наблюдалось в предшествующих ротациях.

При сравнительной оценке показателя нитрифицирующей способности по сгруппированным блокам А и В есть некоторое тенденциозное преимущество минимальной обработки, а вот по блокам севооборотов на первом месте находится зернопропашной, а на последнем – зернопароотравапропашной

**3. Нитрифицирующая способность чернозема типичного в слое 0-50 см в зависимости от способа обработки почвы и севооборотов (2012-2015 гг.), N мг/кг**

Среднее по обработкам		Среднее по севооборотам		
Вспашка	Минимальная	ЗТП	ЗП	ЗПП
Без удобрений				
20,6	20,9	21,2	21,5	19,8
N <sub>84-124</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>				
24,0	25,0	25,5	26,9	21,2
Навоз, 16 т/га				
23,6	23,3	25,0	23,5	21,9
Навоз, 16 т/га + N <sub>84-124</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>				
27,3	27,3	26,1	30,0	25,9
Среднее				
23,9	24,1	24,5	28,0	22,2

НСР<sub>05</sub>: севообороты – 3,1; обработка почвы – 2,7; навоз – 1,9; минеральные удобрения – 1,3.

(табл. 3). Следует предположить, что большой вынос азота с урожаем в этом севообороте происходил, главным образом, за счет азота почвы, который образуется в значительных количествах в результате парования, т.е. минерализации гумуса. Кроме того, в процессе парования без потребления азота культурой происходят потери минерального азота в количестве 20-30% [7-8]. Все это способствовало снижению минерального азота на всей исследуемой глубине почвы.

В среднем влияние вида севооборота на показатели нитрифицирующей способности не достоверно на всей глубине почвенного профиля, а способ обработки почвы существенно влияет на их величину. Корреляция между видом севооборота и локализацией нитрифицирующей способности почвы по глубинам 0-30 и 0-50 см отрицательна, а между этим параметром и способом обработки почвы положительна в слое 0-30 см и отрицательна в подпахотном горизонте. Коэффициент корреляции по удобрительным ресурсам положителен на всех глубинах на 5%-ном уровне значимости.

Анализируя изменения нитрифицирующей способности во времени следует констатировать отрицательное сальдо этого показателя в обоих севооборотах без внесения органических и минеральных удобрений. Навозный фон способствовал накоплению нитратов, как на удобренных делянках, так и на делянках, не получивших ни минеральных, ни органических удобрений. Если усреднить экспериментальные данные по блокам А и В, то получим отрицательный результат лишь на безнавозном фоне без внесения минеральных удобрений, причем наиболее заметный по вспашке: на навозном фоне и без минеральных удобрений показатель нитрифицирующей способности увеличился по сравнению с исходным.

Способы обработки почвы и севообороты оказали влияние на распределение нитрифицирующей способности по почвенному профилю: по вспашке

22-29% этого фактора сосредоточены в верхнем слое, в то время как на минимальной обработке – 17-27%, а в подпахотном слое соответственно 12 и 16%. Вид севооборота также оказал определенное влияние на этот показатель: в слое 0-10 см некоторое преимущество имеют зерноотравнопропашной и зернопропашной севообороты, в слое 20-30 см – зернопропашной и зернопаропропашной, в слое 30-50 см – минимальное содержание нитратного азота после компостирования находится в зернопропашном севообороте.

*Таким образом, нитрифицирующая способность находится под влиянием структуры посева, способа основной обработки почвы и уровня удобренности. На удобренных навозом делянках после 25-летнего временного отрезка имел место отрицательный баланс способности почвы продуцировать нитратный азот и в особенности по вспашке. На фоне внесения подстилочного навоза 16 т/га севооборотной площади способность почвы по обеспечению растений усвояемым азотом за пять ротаций увеличилась и без внесения удобрений в севообороте с многолетними травами и зернобобовыми культурами, а в зернопаропропашном севообороте позитивный процесс имеет место только при внесении двойной дозы (N<sub>108</sub>P<sub>124</sub>K<sub>124</sub>) минеральных удобрений.*

**Литература**

1. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Чернова Л.С., Шмырева Н.Я. Управление азотным питанием растений в почве // *Агрохимический вестник*, 2012, № 4. – С. 38-40.
2. Кидин В.В., Гущина Е.О., Зенкина В.В. Использование растениями минерального азота из разных горизонтов дерново-подзолистой почвы // *Агрохимический вестник*, 2009, № 1. – С. 26-28.
4. Уваров Г.И., Соловиченко В.Д. Деградация и охрана почв Белгородской области. – Белгород: БелНИИСХ, 2010. – 178 с.
5. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И., Уваров Г.И. Воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности сельскохозяйственных культур Центрально-Черноземного региона. – Белгород: БелНИИСХ, 2012. – 255 с.
6. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. – Белгород: БелНИИСХ, 2013. – 371 с.
7. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области. – Белгород: Константа, 2011. – 301 с.
8. Никитин В.В. Оптимизация минерального питания культур зерно-свекловичного севооборота на черноземах типичных Юго-Запада ЦЧЗ: дисс. д.с.-х.н. – М.: ВИУА, 1997. – 376 с.
9. Никитин В.В. Методические основы диагностики азотного режима чернозема типичного в зерносвекловичном севообороте // *Агрохимия*, 2013, № 2. – С. 15-21.
10. Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Навольнева Е.В. Продуктивность и технологическая оценка зерна озимой пшеницы при оптимизации пищевого режима почвы / Конференция «Эволюция и деградация почвенного покрова», Ставрополь, 2017. – С. 36-38.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ

Н.А. Чуян, д.с.-х.н., Г.М. Брескина, к.с.-х.н.

ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, e-mail: Chuyan.6546@yandex.ru

*Исследования по влиянию побочной продукции зерновых культур и навоза на содержание органического вещества в зависимости от сроков и глубины отбора почвенных образцов проведены на черноземе типичном среднегумусном тяжелосуглинистом на карбонатном лессовидном суглинке опытного хозяйства ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии. Результаты эксперимента показали, что независимо от срока и глубины отбора почвенного образца наблюдается тенденция увеличения содержания гумуса на варианте с поверхностной заделкой соломы, но по увеличению лабильных гумусовых веществ преимущество оставалось за навозом. Это подтверждает их равноценность как органических удобрений, которые служат основными факторами оптимизации содержания органического вещества почвы. Согласно данным дисперсионного анализа по опыту с органическими удобрениями установлено, что наибольший вклад в варьирование содержания ЛГВ в почве оказали сроки отбора – 46%. Использование побочной продукции непосредственно на поле с поверхностным ее компостированием служит самым доступным и дешевым методом регулярного возврата в почву полноценного свежего органического вещества. Предложенный способ использования органического удобрения позволяет более эффективно использовать имеющийся антропогенный ресурс и потенциал плодородия почв для оптимизации содержания органического вещества почвы, повышения продуктивности земель и стабильного производства сельскохозяйственной продукции.*

**Ключевые слова:** гумус, лабильные гумусовые вещества, навоз, солома зерновых культур.

### OPTIMIZATION OF ORGANIC MATTER CONTENT AND COMPOSITION IN TYPICAL CHERNOZEM

Dr.Sci. N.A. Chuyan, Ph.D. G.M. Breskina

All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control, e-mail: Chuyan.6546@yandex.ru

*The research on the influence of by-product of grain crops and manure on organic matter content depending on the terms and depth of soil sampling was carried out on typical medium humic heavy loamy chernozem on carbonate loess loam of the experimental farm of All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control. The results of the experiment showed that irrespective of the factors of the study (terms and sampling depth) for humus content there is a tendency of its increase in the treatment with surface incorporation of straw, but as for the increase of labile humus substances in comparison with the straw application background the advantage remained with the treatment of manure application. That confirms their equivalence as organic fertilizers. According to the data of the variance analysis of the experiment with organic fertilizers it was established that maximum contribution to the varying of labile humus substances in the soil was made by sampling terms, i.e. 46%. The application of by-product directly in the field with its surface composting is the most available and the cheapest method of regular return of full-value fresh organic matter to the soil. The proposed method of organic fertilizer application allows to use effectively the available anthropogenic resource and soil fertility potential to optimize soil organic matter content, increase land productivity and sustainable production of agricultural product.*

**Keywords:** humus, labile humus substances, manure, straw of grain crops.

Сельскохозяйственное использование почв вызывает повышение относительного содержания в гумусе более подвижных (лабильных «молодых – активных») гумусовых веществ. В процессе окультуривания мощного чернозема в его верхних горизонтах по сравнению с 50-летней залежью возрастает содержание активного гумуса и увеличивается

содержание гумусовых кислот. Снижение в 2,5-3 раза по сравнению с целиной ежегодного поступления растительных остатков в почву при ее сельскохозяйственном использовании приводит к уменьшению содержания гумуса и прежде всего его мобильной (лабильной) части [1]. Поэтому оптимизация органического вещества в почвах – одна

из важнейших задач земледелия, решение которой создает необходимые предпосылки для роста его продуктивности и устойчивости [2]. Для регулирования круговорота биогенных элементов и поддержания положительного баланса органического вещества в почвах применяют органические удобрения [3]. Но в настоящее время их количество ограничено, поэтому необходимо первоочередное внимание обратить на органические удобрения растительного происхождения, и уже на их фоне пополнять имеющиеся в почве запасы органического вещества из других источников [4]. В этих целях нужно максимально использовать побочную продукцию урожая полевых культур, за счет которой происходит не только обогащение почвы органическими и минеральными веществами, но и улучшается экологическое состояние пашни и окружающей среды. Интерес к использованию на удобрение побочной продукции в качестве органического удобрения связан с тем, что по сравнению с навозом она в 3,4 раза больше содержит органического вещества и имеет затраты на внесение в почву ниже до 7 раз [5], а также оценивается как важный ресурс для поддержания плодородия и сохранения устойчивости агроэкосистем [6-8].

**Цель исследования** – оценка содержания и состава органического вещества в черноземе типичном при внесении органических удобрений.

**Объект и методы.** Исследования по содержанию гумуса и лабильных гумусовых веществ в черноземе типичном при внесении навоза и соломы культур севооборота как органических удобрений в зависимости от сроков и глубины отбора почвенных образцов проводили в научно-производственном опыте опытного хозяйства ВНИИЗиЗПЭ Медвенского района Курской области.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным слабосмытым на карбонатном лесовидном суглинке. В пахотном слое (0-25 см) почвы содержится: гумуса 4,86-5,65%; аммиачного азота 0,30-0,54, а нитратного азота 0,92-1,2 мг/100 г почвы. Реакция почвенного раствора в пахотном слое близка к нейтральной:  $pH_{NH_2O}$  6,6-7,7;  $pH_{KCl}$  5,5-6,9%. Гидролитическая кислотность находилась в пределах от 0,42 до 1,94 мг-экв/100 г почвы, содержание обменного кальция колебалось от 22,4 до 29,6 мг-экв/100 г почвы. Плотность сложения почвы для пахотного слоя 0-20 см составляет 1,08-1,26 г/см<sup>3</sup>. Обеспеченность чернозема типичного подвижным фосфором составила – 9,6-16,2, обменным калием – 9,4-12,8 мг/кг почвы.

Исследования проводили в зерновом севообороте «гречиха – горох – озимая пшеница». Почвенные образцы отбирали в 4 срока в течение вегетации культур, глубина отбора составляла 0-10 см и 10-20 см в пятикратной повторности. Общая площадь делянок 0,5 га.

Схема полевого научно-производственного опыта за севооборот: 1. Поверхностное компостирование соломы 10,7 т/га + известь 1,5 т/га; 2. Навоз 30 т/га + известь 2,0 т/га.

В научно-производственном опыте вносили всю полученную побочную продукцию, которую заделывали на глубину основной обработки почвы только после поверхностного компостирования на поле по технологии, разработанной во ВНИИЗиЗПЭ [9].

Содержание общего гумуса определяли по методу Тюрина в модификации Никитина со спектрофотометрическим окончанием (ГОСТ 26213-91). Определение лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) 0,1 н вытяжке NaOH проводили по методике Почвенного института с предварительным компостированием [10].

Экспериментальные данные обработаны методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов с использованием программных средств Microsoft Office Excel, Statistika, Statgraf.

**Результаты исследований.** Влияние внесения навоза и поверхностного компостирования побочной продукции зерновых культур на содержание гумуса в почве исследуемого объекта неодинаково. При использовании достаточных норм навоза содержание гумуса в почве поддерживается обычно на исходном уровне, а при внесении больших норм несколько увеличивается [11]. В наших исследованиях большее содержание гумуса отмечалось на вариантах с внесением соломы на удобрение, нежели по фону навоза (табл. 1).

В целом по опыту (независимо от сроков и глубины отбора) была отмечена тенденция к увеличению содержания углерода гумуса при поверхностном компостировании соломы – на 0,06-0,14%, по сравнению с навозом. Повышение доли углерода гумуса в составе органического вещества почвы на варианте с соломой может быть связано с тем, что с побочной продукцией было внесено 7,5 т сухого органического вещества, с навозом – 6,0 т/га.

Влияние факторов (сроки и глубина отбора) на изменение гумуса как по соломе, так и по навозу было неоднозначным: по средним величинам наблюдалось снижение гумуса по глубине отбора в течение всего периода исследований на разных вариантах опыта (рис. 1).

По срокам отбора почвенных образцов с внесением органических удобрений (соломы и навоза) оценка достоверности различий показателей по изменению содержания гумуса в большей мере была не существенной. Но различия по содержанию гумуса по глубине отбора за весь период наблюдений как на варианте с навозом, так и по фону поверхностного компостирования являлись существенными, согласно оценке существенной средней разности для сопряженных выборок (табл. 2).

**1. Содержание гумуса и лабильных гумусовых веществ почвы на фонах внесения навоза и поверхностного компостирования соломы**

А	В	Гумус, %		ЛГВ, мг С/кг почвы	
		солома	навоз	солома	навоз
0	0-10 см	5,34	5,23	1684	1209
0	10-20 см	5,21	5,13	1602	1897
1	0-10 см	5,48	5,32	1751	2282
1	10-20 см	5,37	5,23	1544	1681
2	0-10 см	5,39	5,33	1472	1742
2	10-20 см	5,30	5,28	1335	1577
3	0-10 см	5,42	5,36	2051	2139
3	10-20 см	5,36	5,27	1650	1935
НСР <sub>05</sub>					
А		0,07	0,07	183,2	282,8
В		0,05	0,05	129,5	199,9
Обобщенная		0,10	0,10	259,0	399,9

Примечание: А – срок отбора (4 уровня в течение вегетации культуры), В – глубина отбора; ЛГВ – лабильные гумусовые вещества/

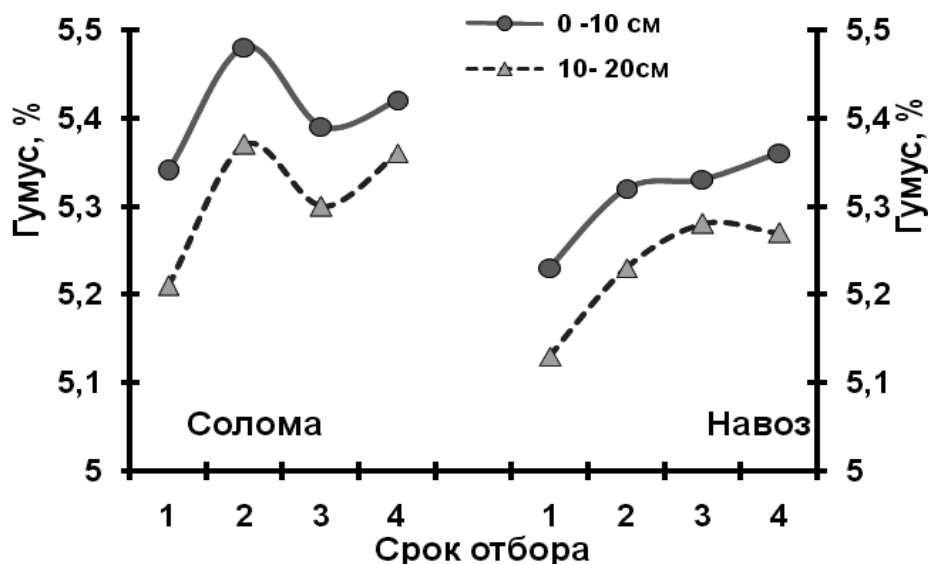


Рис. 1. Изменения средних величин по гумусу в течение периода наблюдений на разных вариантах по глубинам и срокам отбора

**2. Различия содержания гумуса (%) по глубине отбора за весь период наблюдений**

Вариант	М		d	Sd	v = 20-1		НСР <sub>05</sub>	Стат. вывод
	0-10 см	10-20 см			tф	t05		
Солома	5,41	5,31	0,10	0,019	5,23	2,09	0,040	Суц.
Навоз	5,31	5,23	0,08	0,015	5,31	2,09	0,031	Суц.

Примечание: М – среднее содержание гумуса; d – разность средних величин; Sd – ошибка средней разности; tф – критерий Стьюдента фактический, полученный расчетным методом ( $t_f = d / Sd$ ); t – критерий Стьюдента табличный.

**3. Статистический вклад в варьирование содержания гумуса**

Влияющие факторы	Вклад в варьирование, %		
	в целом	по глубинам отбора	
		0-10 см	10-20 см
Вид органических удобрений	22	55	30
Глубина отбора	33	-	-
Сроки отбора	45	45	70

По дисперсионному анализу данных по опыту с органическими удобрениями (навоз, солома) установлено, что наибольший вклад в варьирование содержания гумуса в почве оказали сроки отбора – 45%. По влиянию на содержание углерода гумуса почвы исследуемые факторы располагались в следующем ряду: сроки отбора > глубина отбора > вид органических удобрений (табл. 3).

Наибольший эффект в варьировании содержания гумуса в почве при внесении соломы зерновых и навоза по глубинам отбора в слое 0-10 см имеет вид органического удобрения, а в слое 10-20 см преимущество в 1,5 раза остается за сроками отбора.

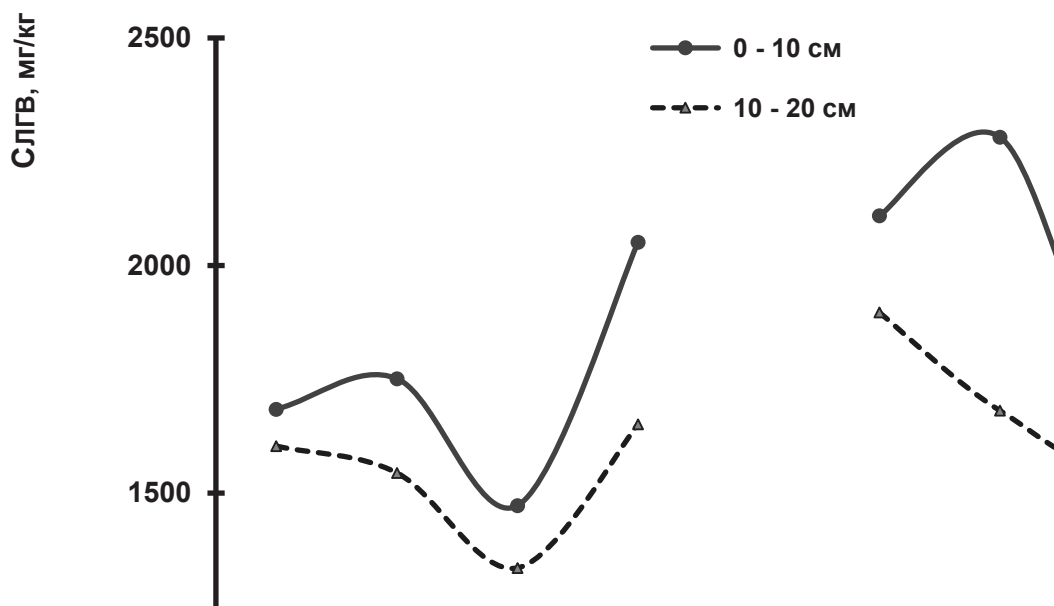
Несколько иначе складывается ситуация по накоплению лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) в почве на фонах использования навоза и соломы на удобрение в условиях различных сроков и глубины отбора почвенных образцов.

Увеличение содержания ЛГВ на 88-531 мг/кг почвы наблюдается на варианте с внесением навоза по сравнению с фоном поверхностного компостирования соломы зерновых в зависимости от сроков и глубины отборов почвенных образцов. Возможно, такие значительные различия по содержанию данного показателя обусловлены тем, что лабильные гумусовые вещества – наиболее молодые формы гумуса, которые непрочны связаны с минеральной

частью почвы, содержат повышенное количество азота (C/N не более 12), способны быстро трансформироваться и высвободить азот для растений.

Навоз как известно – это уже готовое органическое удобрение, где комплекс составляющих органических компонентов находится в более доступной форме и, попадая в почву, начинает работать как дополнительный питательный резерв для растений, помимо почвенного комплекса лабильной части органического вещества. Солома же имеет широкое соотношение C/N, которое определяет скорость биохимического разложения органического вещества. В процессе разложения соломы наблюдается смена микрофлоры, обусловленная специализацией функций микроорганизмов, поэтому обеспечение питательного блока растений лабильной частью органического вещества несколько замедляется, нежели по действию навоза в качестве удобрения.

В течение вегетации наблюдалось значительное варьирование в содержании ЛГВ как по срокам, так и по глубинам отбора. Максимальные показатели ЛГВ отмечены в поверхностном 0-10 см слое, с глубиной наблюдается снижение данного показателя на варианте с навозом на 82-401 мг С/кг почвы, на варианте с внесением соломы на 165-601 мг С/кг почвы. По-видимому, это связано с тем, что в верхнем аэрируемом слое активизируются микробиоло-



**Рис. 2. Изменения средних величин по содержанию ЛГВ в течение периода наблюдений на разных вариантах по срокам и глубинам отбора**

**4. Статистический вклад в варьирование содержания СЛГВ**

Влияющие факторы	Вклад в варьирование, %		
	в целом	по глубинам отбора	
		0-10 см	10-20 см
Вид органического удобрения	28	42	48
Глубина отбора	26	-	-
Сроки отбора	46	58	52

гические процессы трансформации органического вещества (активнее происходит смена активных форм микроорганизмов, участвующих в процессе разложения органического вещества при участии полезной микрофлоры) как почвенного органического вещества, так и внесенного органического вещества в виде навоза и побочной продукции зерновых.

Согласно литературных данных [12], трансформация соломы и интенсивное образование лабильных форм гумусовых соединений интенсивно происходит при заделке нетоварной части урожая в верхний (0-10 см) слой почвы. Причем, на варианте с внесением навоза с глубиной снижение содержания лабильных гумусовых веществ происходит в 1,5-2,0 раза активнее, чем на варианте с соломой. Относительно факторов (срока и глубины отбора) наиболее тесно содержание ЛГВ в почве связано со сроками отбора образцов, независимо от вида удобрений.

Как и по содержанию гумуса характер влияния факторов (сроков и глубины отбора) на изменение ЛГВ имел аналогичную картину как по соломе, так и по навозу, где по средним величинам данного показателя в течение периода вегетации на разных вариантах опыта наблюдалось снижение ЛГВ по глубине отбора (рис. 2).

Согласно дисперсионного анализа данных по опыту с органическими удобрениями (навоз, солома) установлено, что наибольший вклад в варьирование содержания ЛГВ в почве оказали сроки отбора – 46%. По влиянию на содержание ЛГВ почвы в целом за вегетационный период исследуемые

факторы располагались в следующем ряду: сроки отбора > вид органических удобрений > глубина отбора (табл. 4).

Все изложенное говорит о том, что удобрение побочной продукцией зернового севооборота через их поверхностное компостирование на поле положительно влияет на состав и содержание органического вещества почвы, а значит поддерживает бездефицитный баланс гумуса и способствует накоплению лабильных гумусовых веществ.

*Таким образом, сравнительная характеристика вариантов с соломой и навозом показал, что по содержанию гумуса наблюдается тенденция к его увеличению на варианте с поверхностным компостированием соломы, но по увеличению ЛГВ преимущество оставалось за навозом, независимо от сроков и глубины отбора. По результатам дисперсионного анализа выявлено, что наибольший вклад в варьирование гумуса и ЛГВ оказали сроки отбора почвенных образцов. С увеличением глубины отбора по профилю происходит снижение как и доли гумуса, так и ЛГВ в составе органического вещества, независимо от вида вносимых органических удобрений. Невостребованная побочная продукция сельскохозяйственных культур должна быть использована в качестве органического удобрения наравне с навозом, но с предварительной ее заделкой в почву через поверхностное компостирование на поле. Это обеспечивает повышение плодородия почвы при одновременном снижении энергетических, материальных и трудовых затрат на производство продукции.*

#### Литература

1. Ганжара Н.Ф. Баланс гумуса в почвах и пути его регулирования // Земледелие, 1986, № 10. – С. 7-9.
2. Шпедт А.А., Вергейчик П.В., Картавых В.В. Оценка легкоразлагаемого органического вещества почв сельскохозяйственных угодий Красноярского края // Агрохимия, 2015, № 12. – С. 36.
3. Дабахова Е.В., Питина И.А. Агроэкологические проблемы использования органических удобрений в сельском хозяйстве // Агрохимический вестник, 2017, № 2. – С. 10.
4. Сорокин И.Б., Титова Э.В., Касимова Л.В. Растительное органическое вещество как основа почвенного плодородия // Земледелие, 2008, № 1. – С. 14.
5. Колсанов Г.В. Гречишная солома в удобрении ячменя на типичном черноземе Лесостепи Поволжья // Агрохимия, 2005, № 5. – С. 59-65.
6. Коновалов Н.Д., Коновалов С.Н. Побочная продукция как источник восполнения плодородия черноземов Тамбовской области // Агрохимия, 2007, № 8. – С. 5-10.
7. Сергеев В.С. Влияние растительных остатков на показатели почвенного плодородия // Вестник Алтайского ГАУ, 2010, № 9(71). – С. 28-34.
8. Русакова И.В. Воспроизводство плодородия почв на основе использования возобновляемых биоресурсов // Агрохимический вестник, 2013, № 4. – С. 7-12.
9. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах Лесостепи ЦЧЗ. – Курск: Изд-во «ЮМЭКС», 2005. – 20 с.
10. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1984. – 303 с.
11. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. – Владимир: ВНИПТИОУ, 2001. – 495 с.
12. Лебедева Т.Б., Надежкин С.М., Арефьев М.В. Трансформация растительного вещества и гумусное состояние чернозема выщелоченного при использовании удобрений и известкования // Агрохимия, 2006, № 11. – С. 18-24.

## ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗНЫХ ПАРОВ

Н.А. Комарова

Нижегородский НИИСХ – филиал ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого,  
e-mail: komnat2013@mail.ru

*Изложены результаты исследований по изучению действия и последействия сидеральных и парозанимающих культур на содержание органического вещества светло-серой лесной почвы. Двухфакторный опыт заложен в 1999 г. на поле Нижегородского НИИСХ в четырехкратной повторности. В статье рассматриваются данные за четвертую ротацию севооборота (2011-2014 гг.). Установлено, что использование многолетнего люпина в качестве сидеральной культуры увеличивает содержание лабильного органического вещества в почве на 0,08 С% по сравнению с посевом озимой пшеницы по чистому пару. Запашка сидеральной массы многолетнего люпина и клевера лугового повышает содержание гумуса в почве под следующими культурами по сравнению с чистым паром без навоза и приводит к его положительному балансу, что способствует сохранению плодородия светло-серой лесной почвы.*

**Ключевые слова:** пары (сидеральный, занятый, чистый), парозанимающая культура, лабильное органическое вещество, гумус, баланс гумуса.

## DYNAMICS OF ORGANIC MATTER CONTENT IN LIGHT-GREY FOREST SOIL IN DEPENDENCE OF DIFFERENT FALLOWS

N.A. Komarova

Nizhny Novgorod Scientific-Research Institute for Agriculture –  
branch of the North-East Federal Agrarian Scientific Center, e-mail: komnat2013@mail.ru

*The results of studies on the effect and aftereffect of green manure and break crops on organic content of the light-gray forest soil are presented. Two-factor experience was conducted in 1999 on the field of Nizhny Novgorod Research Institute of agriculture in four replications. The article presents the data for the fourth rotation of crop rotation (2011-2014). It is established that the use of perennial lupine as green manure crops increases the amount of labile organic matter in the soil by 0.08C% compared to sowing winter wheat on a bare fallow. The plowing green manure mass of perennial lupine and red clover to increase the humus content in the soil under the following crops compared to bare fallow without manure and leads to a positive balance, that contributes to the preservation of light-gray forest soil fertility.*

**Keywords:** fallows (green manure, cropped, bare), break crop, labile organic matter, humus, humus balance.

Ежегодные потери гумуса в пахотном слое в среднем по России составляют 0,52 т/га и по отдельным регионам изменяются от 0,25 до 0,72 т/га. По данным агрохимической службы Нижегородской области, 47% серых лесных почв имеет низкую и очень низкую обеспеченность гумусом [1]. Снижение плодородия почв стало главной причиной несоответствия между потенциальной и фактической продуктивностью сельскохозяйственных культур. Уровень фактической урожайности современных сортов не превышает 30-40% от заложенного селекционерами потенциала [2]. Падение плодородия почв связано с тем, что за годы реформирования АПК в земледелии России в несколько раз уменьшилось применение минеральных удобрений и сложился острый дефицит органических удобрений — их применение за это время снизилось в 4 раза и в среднем

по стране опустилось до 0,9 т навоза на 1 га пашни [3]. В Нижегородской области на сегодняшний день насыщенность пашни органическими удобрениями составляет 1,1 т/га и для бездефицитного баланса гумуса не достигает даже минимума (8-10 т/га), в связи с чем в регионе остро стоит проблема сохранения почвенного плодородия [4]. Одним из способов ее решения является включение в севооборот различных видов сидеральных культур, которые служат альтернативным источником поступления в почву органического вещества и оказывают положительное действие на гумусное состояние почвы.

**Цель работы** – изучение влияния сидеральных и парозанимающих культур на содержание органического вещества светло-серой лесной почвы.

**Объекты и методы исследования.** Опыт заложен в Кстовском районе Нижегородской области в

1999 г. Почва участка светло-серая лесная средне-суглинистая по гранулометрическому составу, сформированная на лессовидных суглинках. Агрохимическая характеристика опытных участков на начало закладки следующая:  $pH_{KCl}$  5,0; Нг 3,40 мг-экв/100 г почвы; содержание  $P_2O_5$  225 мг/кг,  $K_2O$  106 мг/кг; гумус 1,5%.

Исследования проводили в двухфакторном полевоом опыте: фактор А – пары: чистый, унавоженный (40 т/га), сидеральные: люпиновые, клеверный, рапсовый; клевер, вика + овес, рапс на зеленый корм, отава на сидерат. Фактор В – минеральные удобрения: фосфорно-калийные ( $P_{90}K_{90}$ ), азотно-фосфорно-калийные ( $N_{60}P_{90}K_{90}$ ). Используемые удобрения: гранулированный хлористый калий, гранулированный суперфосфат (26%  $P_2O_5$ ). Удобрения вносили поделяночно вручную под предпосевную культивацию. Контроль – вариант, где предшественником пшеницы был черный пар, а также чистый унавоженный пар. Исследования проводили в короткоротационном севообороте со следующим чередованием культур: яровая пшеница + травы; пары; озимая пшеница; овес. Все сорта районированы по Нижегородской области. Многолетние бобовые культуры – клевер луговой ранне-спелый (сорт Трио), люпин многолетний (сорт Гренадер), вика яровая (сорт Цивилиянка), овес (сорт Борец), озимая пшеница (сорт Московская – 39).

Солому зерновых культур убирали прессподборщиком «Masgar». Обработку полей с чистыми парами начинали с осени после уборки предшественника. Она состояла из лущения стерни на глубину 8-10 см и зяблевой вспашки на полную глубину пахотного слоя. В течение летнего периода, по мере прорастания сорняков и появления корки после дождей, в чистом пару проводили 4-5 культиваций с боронованием на глубину 6-8; 8-10; 10-12 см. Навоз вносили под зяблевую вспашку.

Агротехника сидеральных паров: клевер луговой и люпин многолетний высевали под покров яровой пшеницы сеялкой СЗТ-3,6. Весной второго года жизни клевера лугового и люпина многолетнего проводили боронование и внесение удобрений. После учета надземной массы и корней многолетнего люпина в фазе сизых бобиков проводили дискование в один след тяжелой дисковой бороной БДТ-3,0 и запашку плугом на глубину пахотного слоя 0-20 см. Клевер луговой на сидерат убирали в фазе бутонизации. Перед запашкой его скашивали с измельчением косилкой ККП-2, а затем после подсыхания через 2-3 дня проводили вспашку. Клевер луговой на корм скашивали косилкой ККП-2 в фазе бутонизации. Вспашку проводили после отрастания отавы, но за 2-3 недели до сева озимой пшеницы.

Агротехника викоовсяного занятого пара включает в себя осеннюю зяблевую обработку почвы (вспашка на 20 см). Весной проводят боронование с

целью предотвращения потери влаги из почвы, далее культивацию агрегатом КПС-4 на 5-6 см, а для выравнивания почвы – обработку комбинированным агрегатом АКШ-7,2. Посев викоовсяной смеси проводили сеялкой СЗТ-3,6 на глубину 4-5 см с последующим прикатыванием. Норма высева вики 2 млн. всхожих зерен, овса – 1 млн. Викоовсяную смесь на корм скашивали в фазе цветения. Пожнивнокорневые остатки запаховали на глубину 0-20 см.

Перед посевом озимой пшеницы все деланки культивировали КПС-4, затем выравнивали агрегатом АКШ-7,2 и проводили сев, а весной – боронование. Уборку вели поделяночно комбайном СК «Нива» с одновременным отбором зерновых проб.

Опыты закладывали в 4-кратной повторности при систематическом расположении деланок в повторности. Общая площадь деланки с парозанимающими культурами составляет 245 м<sup>2</sup> (7,2 x 34 м), учетной 75 м<sup>2</sup>. Количество лабильных форм гумуса определяли по методу Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой в вытяжке 0,1N NaOH титрованием солью Мора. Учет количества надземной массы сидеральных культур, укосной массы и пожнивных остатков, а также учет урожая отавы и корней проводили на пробных площадках 1 м<sup>2</sup> в шести местах деланок. В среднем растительном образце с каждой деланки определяли содержание основных элементов питания – азота, фосфора и калия из одной навески. Статистическую обработку результатов проводили по Б.А. Доспехову с использованием пакета программ Microsoft Office и программы Statist.

Агрометеорологические условия в годы проведения опыта в основном характерны для региона, но различались по количеству осадков и температуре воздуха. Согласно данным метеостанции «Ройка», среднемесячная температура с мая по август в 2013 и 2014 гг. находилась на уровне нормы. Температура воздуха в апреле 2015 г. в 3 раза превышала среднеемноголетнее значение. В 2012 и 2015 гг. сумма осадков с мая по август составляла 262 и 277 мм, что выше среднеемноголетнего значения (242 мм). Однако распределение осадков по отдельным месяцам было крайне неравномерным: вторая декада июля 2014 г. была резко засушливой, когда осадков выпадало очень мало, либо их не было совсем, что свидетельствует об острой нехватке влаги в наиболее значимые для формирования урожая фазы развития сельскохозяйственных культур, и в июле 2013 г, 2014 и 2015 г. выпало по две месячных нормы осадков.

**Результаты.** В 4-й ротации севооборота при запашке органической массы сидеральных культур в почву поступило: с люпином многолетним 43,4-45,1 т/га; с люпином узколиственным 33,8-35,2 т/га; с клевером луговым 31,6-32,1 т/га; с рапсом яровым 24,7-28,6 т/га. Количество отавы и пожнивнокорневых остатков в вариантах занятых паров было следующее: клевер луговой 10,0-12,6 т/га, рапс яровой

**1. Изменение содержания лабильного органического вещества (С%) в почве в зависимости от вида пара на фоне P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> в пахотном слое**

Вид и разновидность паров		Травы, 2012 г.		Озимая пшеница, 2013 г.		Овес, 2014 г.	
		всходы	цветение	возобновление вегетации	колошение	всходы	колошение
Чистые	без навоза	0,21	0,18	0,21	0,20	0,21	0,24
	с навозом	0,21	0,20	0,22	0,22	0,20	0,28
Сидеральный	люпин многолетний	0,27	0,25	0,29	0,25	0,24	0,28
	люпин узколистный	0,23	0,21	0,22	0,22	0,23	0,25
	клевер луговой	0,22	0,20	0,20	0,22	0,21	0,24
	рапс яровой	0,21	0,20	0,23	0,20	0,23	0,21
Занятые	клевер луговой	0,20	0,21	0,19	0,20	0,25	0,20
	викоовсяный	0,24	0,20	0,23	0,20	0,22	0,22
	рапс яровой	0,20	0,20	0,20	0,20	0,23	0,19
НСР <sub>05</sub> (А)		0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03

10,0-13,6 т/га, викоовсяная смесь 2,7-2,9 т/га. Количество запаханной массы было примерно одинаковым количеству биомассы, поступившей в почву в предыдущие ротации.

Сравнительная характеристика содержания лабильного органического вещества по травам и в зависимости от парозанимающей культуры показала на достоверное положительное влияние многолетнего люпина по сравнению с чистыми парами. В почве остальных паров содержание лабильного органического вещества меньше, чем в почве под люпином многолетним и находится примерно на одном уровне от 0,20 до 0,23 С%, что выше содержания лабильного органического вещества в почве чистых паров на 0,01-0,02 С% (табл. 1). В начале вегетации озимой пшеницы наибольшее количество лабильного органического вещества отмечалось по сидеральному многолетнему люпину – 0,29 С%, что выше на 0,08 С% варианта посева озимой пшеницы по чистому пару и на 0,07 по унавоженному. Достоверное повышение количества лабильных гумусовых веществ по сравнению с чистым паром без навоза наблюдается по всем парам, кроме клеверного занятого пара. По мере роста и развития озимой пшеницы происходит уменьшение содержания лабильных гумусовых веществ по всем вариантам, но наиболее высоким остается посеянный по сидеральному люпиновому пару и состав-

ляет 0,25 С%, что достоверно выше остальных паров.

Оценивая влияние паров и парозанимающих культур в последствии, следует отметить, что содержание лабильного органического вещества увеличивается в варианте с многолетним люпиновым сидератом – 0,24 С% и занятым клеверным паром – 0,25 С% в фазе полных всходов овса, что выше, чем по чистому пару на 0,03 и 0,04 С% и унавоженному пару на 0,04 и 0,05 С%. К фазе колошения овса происходит увеличение количества лабильных органических веществ в вариантах унавоженного и люпиновых сидеральных паров и составляет 0,28; 0,28; 0,25 С% соответственно, что достоверно выше варианта чистого пара без навоза.

Органическая масса трав, благодаря быстрой минерализации, может рассматриваться как источник питательных веществ и мало способствует накоплению гумуса [5, 6]. Бобовые культуры, обеспечивая почву азотом, улучшают общую биогенность, способствуют сохранению и повышению гумуса [7, 8]. Отбор почвенных проб на содержание гумуса проводили осенью. Анализ показал, что в севообороте с чистым паром количество гумуса не изменяется, а его значение остается на уровне закладки опыта – 1,50% (табл. 2). Севооборот с унавоженным паром показал значительное увеличение содержания гумуса в почве под озимой пшеницей.

**2. Изменение содержания гумуса в почве в зависимости от вида пара на фоне P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> в пахотном слое почвы, %**

Виды и разновидности паров		Яровая пшеница + травы, 2011 г.	Травы, 2012 г.	Озимая пшеница, 2013 г.	Овес, 2014 г.
Чистые	без навоза	1,50	1,54	1,44	1,54
	с навозом	1,54	1,67	1,85	1,79
Сидеральный	люпин многолетний	1,71	1,78	1,95	1,68
	люпин узколистный	1,78	1,83	1,84	1,67
	клевер луговой	1,68	1,64	1,90	1,71
	рапс яровой	1,59	1,55	1,99	1,57
Занятые	клевер луговой	1,62	1,80	1,84	1,62
	викоовсяный	1,61	1,62	1,75	1,56
	рапс яровой	1,66	1,66	1,73	1,62
НСР <sub>05</sub> (А) пары		0,26	0,15	0,20	0,12

## 3. Запасы гумуса в звеньях севооборота в слое 0-20 см, т/га

Звено севооборота	Пары	Озимая	Овес
		пшеница	
Чистый пар – оз. пшеница – овес	40,0	40,8	44,5
Чистый пар + навоз, 40 т/га – оз. пшеница – овес	43,4	53,3	49,2
Многолетний люпиновый сидеральный пар – оз. пшеница – овес	46,3	56,2	43,0
Однолетний люпиновый сидеральный пар – оз. пшеница – овес	47,6	51,9	46,3
Клеверный сидеральный пар – оз. пшеница – овес	42,6	50,0	47,0
Рапсовый сидеральный пар – оз. пшеница – овес	40,3	51,1	43,8
Клеверный занятый пар – оз. пшеница – овес	46,8	49,3	44,9
Викоовсяный занятый пар – оз. пшеница – овес	42,1	48,1	42,9
Рапсовый занятый пар – оз. пшеница – овес	43,2	49,1	45,8

Пополнение почвы растительной органической массой при использовании в течении четырех ротаций 4-летнего севооборота положительно влияет на содержание гумуса [9]. В нашем опыте запахка сидеральной массы люпина многолетнего, клевера лугового и рапса ярового достоверно увеличивала содержание гумуса в почве по сравнению с его количеством в начале ротации. Дальнейшее наблюдение показало на снижение содержания гумуса в почве под овсом по всем парам. Наиболее высоким количество гумуса было в варианте унавоженного пара. Последствие сидеральных люпиновых и клеверного паров повышало содержание гумуса в почве по сравнению с чистым паром, а также удерживало его количество на уровне чистого пара с применением навоза (40 т/га). Использование занятых паров в севообороте способствовало сохранению гумуса в почве под овсом.

Влияние биомассы сидеральных культур на содержание гумуса в почве описывается квадратичным уравнением регрессии, согласно которому в посевах с озимой пшеницей содержание гумуса на 71% зависело от количества запаханной массы сидерата ( $R^2 = 0,7151$ ), а в посевах овса – на 66%.

Немаловажным показателем при оценке состояния органического вещества служат запасы гумуса в слое 0-20 см (табл. 3). Рассматривая различные виды паров, следует отметить, что максимальные запасы гумуса отмечаются в варианте с однолетним узколистным люпином – 47,6 т/га. После запахки паров, в почве под озимой пшеницей, запасы гумуса увеличились по всем парам. Наибольшее количество гумуса обеспечивает многолетний люпин на сидерат – 56,2 т/га, а наименьшее – чистый пар (40,8 т/га). Анализируя влияние паров в последствии, следует отметить, что наибольшее количество гумуса в почве под овсом наблюдается от внесения в чистый пар навоза и составляет 49,2 т/га, в клеверном и люпиновом (узколистный люпин) сидеральных парах соответственно 47,0 и 46,3 т/га. Во всех остальных вариантах запасы гумуса находятся на уровне варианта с чистым паром без навоза.

Важнейшим критерием оценки использования сидеральных, занятых и чистых паров служит расчет баланса гумуса в почве за ротацию севооборота. Для этого расчета вычислена ежегодная минерализация и восстановление за счет растительных остатков в среднем по севообороту (табл. 4). Отрицательный баланс гумуса сложился в севообороте с чистым паром (-1,40 т/га), что связано с его активной минерализацией (2,97 т/га) и недостаточным количеством органической массы, поступающей с пожнивно-корневыми остатками (1,58 т/га). Максимальное количество растительных остатков оставляет после себя однолетний и многолетний люпин, в

результате чего баланс складывается более активный (+1,45 и +1,19 т/га соответственно). Положительный (+1,09 т/га) баланс обеспечивает и клеверный сидеральный пар. Наибольший (+1,57 т/га) баланс отмечается в севообороте с внесением в чистый пар навоза 40 т/га.

*Таким образом, результаты наблюдения за лабильным органическим веществом указывают на увеличение его содержания в почве при использовании в качестве предшественников люпина многолетнего и узколистного на сидерат. Запажка люпина многолетнего и клевера лугового способствует повышению содержания гумуса в почве под последующими культурами по сравнению с показателем в начале ротации. Использование сидеральных паров в севообороте приводит к положительному балансу гумуса и способствует сохранению плодородия.*

## Литература

1. Крымова Е.А., Шафранов О.Д. Состояние пахотных почв Нижегородской области // Агрехимический вестник, 2010, № 4. – С. 2-4.
2. Loshakov V.G. The Green Manure as a Factor of Agriculture Biologization and Nature – Similar Agrotechnology // Biogeosystem Technique, 2015, Vol. (6), Is. 4. – P. 374-395.
3. Мерзлая Г.Е., Державин Л.М., Завалин А.А., Лошаков В.Г., Ваулина Г.И., Козлова А.В., Яковлева Т.А. Рекомендации по эффективному использованию соломы и сидератов в земледелии: под ред. В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2012. – 44 с.
4. Абрамов А.И., Крымова Е.А. Состояние плодородия пахотных земель Нижегородской области <https://agrohim-nn.ru/articles/47-sostoyanei-plodorodiya-pakhotnykh-zemel-v-nizhegorodskoj-oblasti.html>
5. Куликова А.Х. Дифференциация севооборота по влиянию на режим органического вещества почвы // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии, 2011, № 3. – С. 27-33.
6. Морковкин Г.Г., Демина И.В. Влияние сидератов на агрохимические свойства черноземов выщелоченных умеренно засушливой степи Алтайского края // Вестник Алтайского ГАУ, 2007, № 4 (30). – С. 16-19.
7. Кузьминых А.Н. Сидераты важный резерв сохранения плодородия почвы // Земледелие, 2011, № 4. – С. 41.
8. <https://myzooplanet.ru/agrohimiya-agropchovvedenie-knigi/zelenoe-udobrenie-sideraty-13687.html> Зеленое удобрение (сидераты).
9. Яковенко О.П. Динамика содержания гумуса в светло-серой лесной почве в зависимости от способов обработки и удобрения // Вестник Брянской ГСХА, 2016, № 5 (57). – С. 44-49.

## ВЛИЯНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНОВ И СТЕПЕНИ СМЫТОСТИ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

**Е.А. Празина** (научный руководитель – профессор **С.В. Лукин**, д.с.-х.н.)  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
e-mail: eprazina@mail.ru

*Изучение влияния экспозиции склонов и степени смытости пахотных почв на величину рН и содержание органического вещества проводили в лесостепной зоне Белгородской области. Почвенный покров был представлен черноземами типичными и черноземами выщелоченными. Установлено, что с увеличением степени смытости наиболее сильно, по сравнению с водоразделами, снижается содержание органического вещества на склонах теплых экспозиций, чуть меньше – на склонах нейтральных и еще меньше – на склонах холодных экспозиций. В то же время, значения величин  $pH_{KCl}$  и  $pH_{H_2O}$  с увеличением степени смытости в большей степени возрастают на склонах теплых экспозиций, а в меньшей – на нейтральных и особенно холодных склонах.*

**Ключевые слова:** чернозем, эрозия, склон, смыв почвы, экспозиция склона, органическое вещество, кислотность.

## INFLUENCE OF THE SLOPES EXPOSITION AND DEGREE OF THE EROSION ON SOME INDICATORS OF CHERNOZEM FERTILITY IN FOREST-STEPPE ZONE

**E.A. Prazina** (research supervisor – Dr.Sci. **S.V. Lukin**)  
Belgorod State National Research University, e-mail: eprazina@mail.ru

*Researches were conducted in a forest-steppe zone of the Belgorod region. The soil cover has been presented by chernozems typical and chernozem leached. The purpose of researches consisted in studying of influence of an exposition of slopes and degree of a washout of arable soils at a size pH and the content of organic substance. It is established that at by chernozems typical and chernozem leached with increase in degree of erosion it is the strongest, in comparison with watersheds, the content of organic substance on slopes of warm expositions decreases, it is slightly less – on slopes neutral and even less – on slopes of cold expositions. At the same time, values of the sizes  $pH_{KCl}$  and  $pH_{H_2O}$  with increase in degree of an erosion more increase on slopes of warm expositions, and in smaller – on neutral and especially cold slopes.*

**Keywords:** chernozem, erosion, slope, washout of the soil, slope exposition, organic matter, acidity.

Черноземы Центрально-Черноземных областей (ЦЧО) – самые плодородные почвы в России, однако и они подвержены деградационным процессам, таким как водная эрозия, дегумификация, подкисление почвенного раствора. Поэтому мониторинг кислотности почв и содержания органического вещества является важной составной частью сплошного агрохимического обследования, проводимого агрохимической службой России [1-5].

Среди областей Центрального Черноземья наиболее эродирована территория Белгородской области. Склоновый тип местности (склоны крутизной более 1° занимают около 76% площади), сильная расчлененность овражно-балочной сетью (до 1,5 км/км<sup>2</sup>), ливневый характер выпадения осадков, высокая распаханность территории и слабая облесенность, невыполнение землепользователями противоэрозионных мероприятий привели к интенсивному проявлению процессов эрозии. Доля

эродированных пахотных почв Белгородской области составляет 47,9% [1, 2]. В структуре годового стока сток талых вод составляет 60-80%, ливневых вод – 20-40% [6]. Экспозиция склона оказывает значительное влияние на микроклиматические условия и интенсивность смыва почв. На южных склонах снеготаяние проходит более интенсивно, в результате чего увеличивается сток и смыв почвы [7, 8].

По образному выражению И.А. Крупенникова [9], «Эрозия выполняет по отношению к почве роль гильотины – она ее в буквальном смысле обезглавливает: лишает верхних гумусовых горизонтов, в которых сосредоточено почвенное плодородие». Ежегодные потери гумуса в области от развития эрозионных процессов составляют по разным оценкам от 135,8 тыс. т [8] до 242,2 тыс. т [10, 11]. Уменьшение содержания органического вещества в почве на 1% ниже оптимума приводит к снижению

урожайности зерновых культур в среднем на 0,5-1,0 т/га [1]. Подкисление почвенного раствора своеобразный «пусковой механизм» деградации почвы, приводящий к ухудшению агрофизических параметров и микробиологической активности почвы, снижению эффективности удобрений, ухудшению качества растениеводческой продукции и другим негативным последствиям [1, 2].

**Цель работы** – установить влияние экспозиции склонов и степени смытости черноземов типичных и выщелоченных лесостепной зоны Белгородской области на величину рН и содержание органического вещества.

**Методы исследований.** В работе использованы материалы почвенно-эрозионного обследования, проводимого в лесостепной зоне Белгородской области в 2013-2016 гг. ФГБУ «ЦАС «Белгородский». В отобранных почвенных образцах определяли рН<sub>KCl</sub> в соответствии с ГОСТ 26483-85, рН<sub>H2O</sub> по ГОСТ 26423-85, содержание органического вещества по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91).

По ориентациям относительно сторон света склоны делятся на «холодные» (северной экспозиции), «теплые» (южной) и «нейтральные» (западной и восточной).

При статистической обработке данных использовали расчеты доверительного интервала для среднего значения ( $\bar{x} \pm t_{05} S_{\bar{x}}$ ) и коэффициента вариации (V, %).

**Результаты и обсуждение.** За годы агрохимического обследования средневзвешенная величина содержания органического вещества в почвах области находилась в пределах 4,8-5,0% [1, 2]. В слое 10-20 см целинных черноземов типичных содержание органического вещества составляет 10,1, черноземов выщелоченных – 9,7% [11]. По нашим данным, среднее содержание органического вещества в пахотном слое почвы на водоразделах у несмытых черноземов типичных составило 5,98 и 5,83% – у черноземов выщелоченных.

Склоны разных экспозиций имеют различия по водному и питательному режимам почвы, количеству поступающей солнечной радиации, неоднородности снежного покрова, следствием чего являются разные скорости накопления и гумификации органического вещества. На холодных склонах сформированы черноземы, содержание органического вещества которых превышает аналогичный показатель на склонах нейтральной и теплой экспозиции.

Например, на склонах холодных экспозиций среднее содержание органического вещества в пахотном слое черноземов типичных слабосмытых и черноземов выщелоченных слабосмытых составля-

ет соответственно 5,27 и 5,17%, нейтральных – 4,97 и 4,87%, теплых – 4,79 и 4,55%. Среднее содержание органического вещества в черноземах типичных и выщелоченных среднесмытых составляет соответственно 4,70 и 4,74% на холодных склонах; 4,68 и 4,63% – на нейтральных; 4,12 и 4,03% – на теплых (таблица).

В результате значительного проявления водной эрозии на склонах южной экспозиции формируются черноземы с меньшим содержанием органического вещества. Так, П.А. Костычев [13] относительно содержания гумуса в почвах склонов Воронежской области отмечал, что на склонах, обращенных к югу, его меньше, по сравнению с северными склонами.

На склонах разных экспозиций среднее содержание органического вещества в черноземах типичных и выщелоченных слабосмытых было на 0,97% ниже, чем на водоразделе, а на черноземах среднесмытых эта величина возрастала до 1,48 и 1,36% соответственно.

По данным агрохимического обследования, в 1976-1983 гг. доля кислых почв составляла 22,9%, в 2010-2014 гг. она увеличилась до 45,8% [2]. В слое 10-20 см целинных черноземов типичных величина рН<sub>KCl</sub> составляет 6,0, черноземов выщелоченных – 5,3 [11]. В условиях Белгородской области с увеличением степени смытости почвы значения величин рН<sub>KCl</sub> и рН<sub>H2O</sub> возрастают [14].

Средняя величина рН<sub>KCl</sub> на водоразделах составляла 5,64 у несмытых черноземов типичных и 5,15 – у черноземов выщелоченных, а величина рН<sub>вод</sub> соответственно – 6,7 и 6,21. Солевая вытяжка извлекает из почвы обменно-поглощенные ионы водорода, поэтому значения рН<sub>KCl</sub> ниже, чем рН<sub>H2O</sub>. Как правило, у черноземов типичных значения рН<sub>H2O</sub> выше рН<sub>KCl</sub> на 1,0-1,04, а у черноземов выщелоченных – на 1,03-1,07 [14].

На теплых склонах черноземы характеризовались более высокими значениями величин рН<sub>KCl</sub> и рН<sub>H2O</sub>, чем на водоразделах, а также на склонах холодных и нейтральных экспозиций.

Например, на склонах теплых экспозиций среднее значение величины рН<sub>KCl</sub> в пахотном слое черноземов типичных слабосмытых и черноземов выщелоченных слабосмытых составляет соответственно 6,19 и 5,88, нейтральных – 5,95 и 5,75, холодных – 5,70 и 5,58. Среднее значение рН<sub>KCl</sub> черноземов типичных и выщелоченных среднесмытых составляет соответственно 6,55 и 6,13 для теплых склонов, 6,18 и 5,94 – для нейтральных, 6,03 и 5,77 – для холодных. Аналогичным образом в зависимости от экспозиции склона и степени смытости почвы менялись значения величины рН<sub>H2O</sub>.

**Величина рН и содержание органического вещества  
в зависимости от экспозиции и степени смытости черноземов**

Показатель	Экспозиция	Степень смытости	Число образцов	$\bar{x} \pm t_{0,5} s_{\bar{x}}$	min-max	V, %
Чернозем типичный						
рН <sub>KCl</sub>	водораздел	несмытая	35	5,62±0,09	5,3-6,2	4,8
		слабосмытая	23	6,19±0,20	5,7-7,1	7,6
	теплая	среднесмытая	26	6,55±0,12	6,2-7,1	4,6
		слабосмытая	23	5,70±0,05	5,6-6,0	1,9
	холодная	среднесмытая	24	6,03±0,10	5,8-6,6	3,8
		слабосмытая	20	5,95±0,12	5,6-6,4	4,3
нейтральная	среднесмытая	24	6,18±0,08	5,7-6,5	3,3	
	слабосмытая	20	5,95±0,12	5,6-6,4	4,3	
рН <sub>H2O</sub>	водораздел	несмытая	35	6,65±0,07	6,4-7,0	2,9
		слабосмытая	23	7,16±0,20	6,6-8,0	6,6
	теплая	среднесмытая	26	7,52±0,13	7,0-8,1	4,2
		слабосмытая	23	6,68±0,07	6,5-6,9	2,3
	холодная	среднесмытая	24	6,99±0,12	6,6-7,6	4,0
		слабосмытая	20	6,96±0,14	6,5-7,5	4,5
нейтральная	среднесмытая	24	7,13±0,09	6,8-7,5	3,1	
	слабосмытая	20	6,96±0,14	6,5-7,5	4,5	
Органическое вещество, %	водораздел	несмытая	35	5,98±0,08	5,8-6,8	4,1
		слабосмытая	23	4,79±0,23	3,7-5,5	11,3
	теплая	среднесмытая	26	4,12±0,37	2,4-5,1	22,3
		слабосмытая	23	5,27±0,14	4,4-5,7	6,3
	холодная	среднесмытая	24	4,70±0,26	3,4-5,5	13,1
		слабосмытая	20	4,97±0,29	3,6-5,6	12,9
нейтральная	среднесмытая	24	4,68±0,22	3,5-5,3	11,5	
	слабосмытая	20	4,97±0,29	3,6-5,6	12,9	
Чернозем выщелоченный						
рН <sub>KCl</sub>	водораздел	несмытая	34	5,15±0,06	4,7-5,4	3,5
		слабосмытая	23	5,88±0,39	4,6-7,1	15,3
	теплая	среднесмытая	24	6,13±0,38	4,9-7,2	14,6
		слабосмытая	26	5,58±0,20	5,0-7,0	9,1
	холодная	среднесмытая	24	5,77±0,21	5,1-7,0	8,5
		слабосмытая	23	5,75±0,32	5,0-7,1	12,8
нейтральная	среднесмытая	23	5,94±0,33	5,1-7,2	12,9	
	слабосмытая	23	5,94±0,33	5,1-7,2	12,9	
рН <sub>H2O</sub>	водораздел	несмытая	34	6,21±0,06	5,8-6,4	2,7
		слабосмытая	23	6,87±0,41	5,5-8,2	13,7
	теплая	среднесмытая	24	7,14±0,39	5,8-8,2	12,9
		слабосмытая	26	6,60±0,18	6,1-7,9	6,9
	холодная	среднесмытая	24	6,77±0,22	6,0-8,0	7,6
		слабосмытая	23	6,78±0,29	6,1-8,1	9,9
нейтральная	среднесмытая	23	6,90±0,30	6,2-8,1	9,9	
	слабосмытая	23	6,90±0,30	6,2-8,1	9,9	
Органическое вещество, %	водораздел	несмытая	34	5,83±0,07	5,6-6,4	3,6
		слабосмытая	23	4,55±0,35	3,2-5,5	17,6
	теплая	среднесмытая	24	4,03±0,36	2,8-5,1	20,9
		слабосмытая	26	5,17±0,10	4,5-5,6	4,9
	холодная	среднесмытая	24	4,74±0,19	3,8-5,3	9,7
		слабосмытая	23	4,87±0,22	4,1-5,5	10,2
нейтральная	среднесмытая	23	4,63±0,18	4,0-5,2	8,7	
	слабосмытая	23	4,63±0,18	4,0-5,2	8,7	

*Таким образом, у черноземов типичных и выщелоченных с увеличением степени смытости наиболее сильно, по сравнению с водоразделами, снижается содержание органического вещества на склонах теплых экспозиций, чуть меньше – на склонах нейтральных и еще меньше – на склонах холодных экспозиций. В то же время, значения величин рН<sub>KCl</sub> и рН<sub>H2O</sub> с увеличением степени смытости в большей степени возрастают на склонах теплых экспозиций, а в меньшей – на нейтральных и особенно холодных склонах.*

#### Литература

1. Лукин С.В. Динамика основных агрохимических показателей плодородия почв Центрально-Черноземных областей России // Агрохимия, 2011, № 6. – С. 11-18.
2. Лукин С.В. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземных областей России // Почвоведение, 2017, № 11. – С. 1367-1376.
3. Веденева Н.В., Рогов В.А., Наклейщикова Л.В., Налиухин А.П. Почвенный покров и агрохимическая характеристика пахотных почв Вологодской области. Динамика почвенного плодородия по циклам агрохимического обследования // Достижения науки и техники АПК, 2016, № 8. – С. 22-27.

4. Кобякова Т.И., Уфимцева Л.В. Динамика кислотности черноземных почв северной лесостепи Курганской области // *Агрохимический вестник*, 2017, № 5. – С. 34-36.
5. Симакова С.А., Ваганов Е.С., Колмогорова И.В. Состояние плодородия почв на юго-западе Алтайского края // *Достижения науки и техники АПК*, 2018, № 1. – С. 13-17.
6. Котлярова О.Г. *Ландшафтная система земледелия Центрально-Черноземной зоны.* – Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА, 1995. – 292 с.
7. Каштанов А.Н., Явтушенко В.Е. *Агроэкология почв склонов.* – М.: Колос, 1997. – 240 с.
8. *Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий* / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов, М.В. Буланова и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
9. Крупенников И.А. *Почвенный покров Молдовы: прошлое, настоящее, управление, прогноз.* – Кишинев: Штиница, 1992. – 264 с.
10. Шатилов И.С., Силин А.Д., Полев Н.А. Состояние и перспективы повышения плодородия почв в Центрально-Черноземном экономическом районе РСФСР / *Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области: материалы совместного заседания президиума ВАСХНИЛ и президиума Всероссийского отделения ВАСХНИЛ (6-7 июня 1989 г., г. Белгород).* – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 33-43.
11. Здоровцов И.И. и др. *Белгородчине – почвоводоохранную систему земледелия // Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области.* – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 111-132.
12. Лукин С.В., Соловichenko В.Д. *Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» // Достижения науки и техники АПК*, 2008, № 8. – С. 15-17.
13. Костычев П.А. *Почвы черноземной области России.* – М.: Сельхозгиз, 1949. – 239 с.
14. Празина Е.А. *Изменение кислотности черноземов лесостепной зоны ЦЧО в зависимости от степени смытости // Владимирский земледелец*, 2017, № 4. – С. 7.

## ПАМЯТИ Р.М. АЛЕКСАХИНА (15.12.1936-02.05.2018)



2 мая 2018 г. на 82 году ушел из жизни выдающийся ученый-радиоэколог, доктор биологических наук (1974), профессор (1985), академик РАСХН (1992) и РАН (2013), участник ликвидации последствий аварии на Южном Урале (1957) и на Чернобыльской АЭС (1986), лауреат Государственной премии СССР (1974) и Государственной премии Российской Федерации (2002), заслуженный деятель науки России (1997) *Рудольф Михайлович Алексахин.*

В 1959 г. Р.М. Алексахин закончил Биолого-почвенный факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Работал на кафедре биофизики этого факультета (1959-1961), в лаборатории лесоведения АН СССР (1961-1966), в Научно-техническом совете Министерства среднего машиностроения СССР (1966-1975), с 1975 г. трудился во Всероссийском НИИ радиологии и агроэкологии, пройдя путь от старшего научного сотрудника до директора, а с 2015 г. был научным руководителем института. Вся научная деятельность Р.М. Алексахина связана с радиоэкологией, он – фактически ровесник этой научной дисциплины. В 1959 г. начал работу на Опытной станции ПО «Маяк» на территории Восточно-Уральского

радиоактивного следа, где выполнил цикл уникальных исследований по миграции радионуклидов в лесных биогеоценозах и действию ионизирующих излучений на лесные экосистемы. Более чем 30-летний период работы Р.М. Алексахина связан с ликвидацией последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Он – автор многочисленных рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения. Авария на японской АЭС «Фукусима Дайичи» в 2011 г. стала третьей, в ликвидации последствий которой Р.М. Алексахин принял участие, выезжая в радиологические центры Японии и в загрязненные районы для консультаций и помощи японским специалистам. В последние годы Р.М. Алексахин активно работал над обоснованием концепции экологической безопасности перспективных технологий замыкания ядерного топливного цикла, являясь главным экологом проекта «Прорыв» Государственной Корпорации «Росатом».

Р.М. Алексахин награжден орденом «Дружбы народов» (1987), орденом Почета (2007), лауреат премии им. В.Н. Сукачева и Золотой медали им. В.М. Ключковского, лауреат медалей и премий им. Н.В. Тимофеева-Ресовского, В.Р. Вильямса, Н.И. Вавилова, П.В. Рамзаева, лауреат ведомственного ордена Государственной Корпорации «Росатом», награжден медалью им. В.И. Вернадского Международного союза радиоэкологов.

Р.М. Алексахин – автор более 900 научных публикаций, в том числе 22 монографий. Он был членом редколлегий 11 научных журналов, в том числе и журнала «Агрохимический вестник». Среди его учеников 27 кандидатов и 19 докторов наук.

*Коллектив редакции и редколлегия журнала выражают глубокие соболезнования родным и близким Рудольфа Михайловича Алексахина. Память о нем навсегда сохранится в наших сердцах.*

## УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КОМПЛЕКСНЫМИ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ И БАКТЕРИАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

А.Н. Кшникаткина, д.с.-х.н., И.Г. Русяев, аспирант

Пензенский государственный аграрный университет, e-mail: pererabotka\_tehfak@mail.ru

*Изучено влияние предпосевной обработки семян сортов яровой пшеницы Тулайковской 108, Кинельской 59 и Дарья водорастворимыми комплексными удобрениями с микроэлементами в хелатной форме и бактериальными препаратами на урожайность и качество зерна. Показано, что на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом изучаемые препараты стимулировали рост и развитие растений. Наиболее высокая продуктивность фотосинтеза яровой пшеницы отмечена при использовании препарата Цитовит: площадь листьев 44,9 тыс. м<sup>2</sup>/га, ФП – 0,52 млн. м<sup>2</sup> дн/га; ЧПФ – 6,89 г/м<sup>2</sup> в сутки. Урожай зерна яровой пшеницы на контроле в среднем за три года составил у сорта Тулайковская 108 – 3,47 т/га, Кинельская 59 – 3,32 т/га, Дарья – 3,10 т/га. Наибольшая урожайность зерна 4,14 т/га получена при обработке семян яровой пшеницы сорта Тулайковская 108 препаратом Цитовит. Достоверная прибавка урожая по отношению к контролю составила 0,67 т/га (19,3%), содержание белка увеличилось на 3,2%, клейковины – на 3,1%.*

**Ключевые слова:** яровая пшеница, сорт, комплексные удобрения с микроэлементами в хелатной форме, бактериальные препараты, параметры фотосинтеза, структура, урожайность и качество.

## YIELD WHEAT CULTIVATION AND QUALITY OF VARIOUS WHEAT DEPENDING ON SEED PREGNANCY TREATMENT COMPLEX MICROFERTILIZERS AND BACTERIAL PREPARATIONS

Dr.Sci. A.N. Kshnikatkina, Ph.D. student I.G. Rusyaev

Penza State Agrarian University, e-mail: pererabotka\_tehfak@mail.ru

*The effect of presowing treatment of seeds of spring wheat varieties Tulaykovskaya 108, Kinelskaya 59 and Darya with water-soluble complex fertilizers with microelements in chelate form and bacterial preparations on yield and grain quality was studied. It is shown that the studied preparations on chernozem leached with heavy loam were stimulated the growth and development of plants. The highest productivity of photosynthesis of spring wheat was noted with the use of the preparation Tsitovit: leaf area 44.9 thousand m<sup>2</sup>/ha, FP – 0.52 million m<sup>2</sup>/ha per day; ChPF – 6.89 g/m<sup>2</sup> per day. The yield of spring wheat grains on the average for three years was T47 at a grade of T47 – 3.47 t/ha, Kinelskaya 59-3.32 t/ha, and Daria – 3.10 t/ha. The highest grain yield of 4.14 t/ha was obtained by processing the seeds of spring wheat of Tulaykovskaya 108 with Cytovit. The reliable yield increase in relation to the control was 0.67 t/ha (19.3%), the protein content increased by 3.2%, gluten – by 3.1%.*

**Keywords:** spring wheat, variety, complex fertilizers with microelements in chelate form, bacterial preparations, photosynthetic parameters, structure, yield and quality.

Зерновые культуры занимают главенствующее место в структуре посевных площадей. Уровень производства зерна служит важнейшим показателем продовольственной безопасности на региональном и общегосударственном уровне [1]. Важным элементом современных технологий производства сельскохозяйственных культур становятся регуляторы роста растений, бактериальные препараты и комплексные удобрения с микроэлементами в хелатной форме [2-9].

**Цель исследований** – научное обоснование и экспериментальное подтверждение использования комплексных микроэлементных удобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста различного спектра действия для оптимизации продукционного процесса и повышения урожайности агрофитоценозов яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Поволжья.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в 2015-2017 гг. на черноземе выщелоченном тяжело-

суглинистом среднемощном с повышенным содержанием азота и фосфора и высокой обеспеченностью калием, реакция почвенного раствора слабкокислая. Полевой опыт был заложен в соответствии с общепринятыми методиками [10-11] в трехкратной повторности по схеме: фактор А – сорта яровой пшеницы; фактор В – предпосевная обработка семян комплексными удобрениями с микроэлементами в хелатной форме (Цитовит, Силиплант, Грин-Го), а также бактериальными препаратами с микроэлементами (Агрика + микроэлементы и Агрика с микроэлементами + азотобактер).

Объект исследования – сорта яровой мягкой пшеницы Тулайковская 108, Кинельская 59 и Дарья. Предшественник – озимая пшеница. Площадь делянки 25 м<sup>2</sup>. Технология возделывания яровой пшеницы – общепринятая для лесостепи Среднего Поволжья. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию.

Погодные условия вегетационного периода в годы исследований значительно различались, но были достаточно благоприятными для роста и развития яровой пшеницы. Так, период вегетации 2015 г. характеризовался недостаточным увлажнением, ГТК – 0,8; а 2016 г – умеренно увлажненный (ГТК – 1,1) и 2017 г. (ГТК – 1,4).

**Результаты.** Анализ структуры урожая показал, что изучаемые препараты положительно влияют на формирование агроценозов сортов яровой пшеницы. В среднем за три года полевая всхожесть по вариантам относительно контроля увеличилась на 4,6-12,3%, сохранность растений к уборке – на 6,2-10,8%. Наиболее стимулирующее действия оказал препарат Цитовит, показатели полевой всхожести увеличились на 12,3%, сохранности растений к уборке – на 10,8%.

В процессе фотосинтеза происходит образование до 90-95% сухой биомассы растений. Поэтому в формировании урожая этому процессу принадлежит ведущая роль. Урожай растений находится в прямой зависимости от величины рабочей площади листьев и продолжительности их работы [12].

Наибольшую ассимиляционную поверхность листьев агроценозы изучаемых сортов яровой пшеницы сформировали в фазе колошения в вариантах с применением комплексных микроэлементных удобрений и бактериальных препаратов. Площадь листовой поверхности относительно контроля увеличилась на 11,0-19,4% (таблица).

Наиболее полным показателем, определяющим продуктивность фотосинтеза, служит фотосинтетический потенциал, учитывающий площадь листьев и время работы листовой поверхности. В посевах яровой пшеницы он изменялся от 0,481 до 0,524 тыс. м<sup>2</sup> в сутки/га.

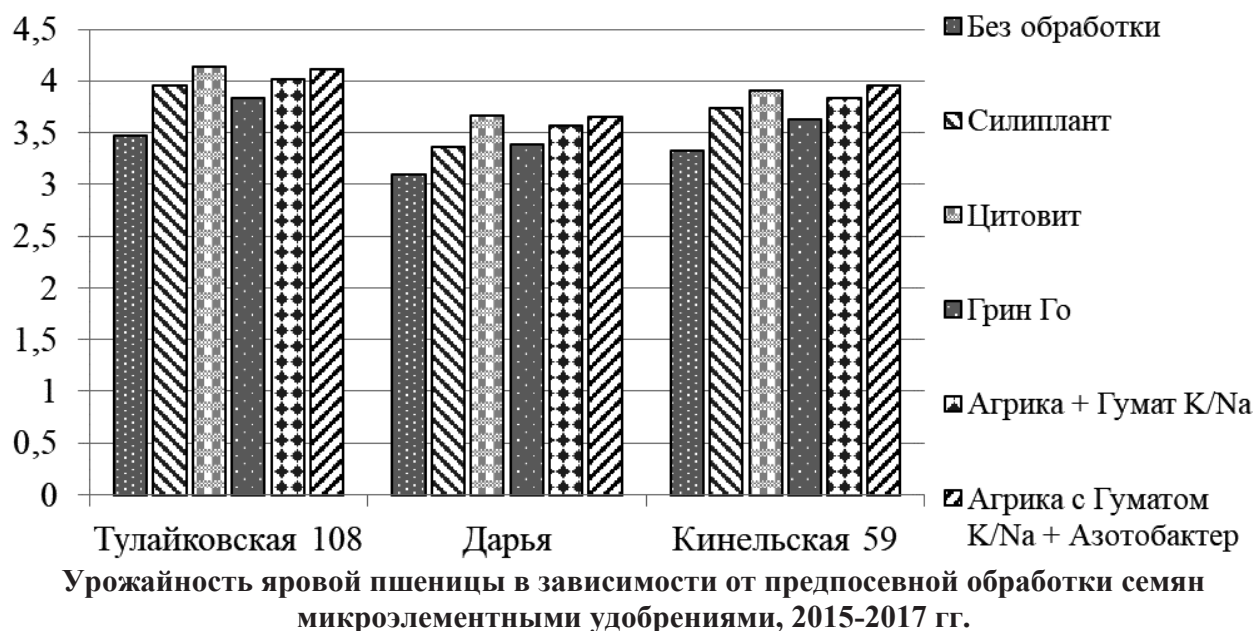
Основным показателем фотосинтетической деятельности растений служит накопление ими сухой массы в пересчете на единицу листовой поверхности за определенный период. Эти показатели характеризует чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). В среднем за 2015-2017 гг. наиболее высокая продуктивность фотосинтеза агроценозов яровой пшеницы изучаемых сортов отмечалась при использовании Цитовит соответственно – 6,89; 6,64 и 6,26 г/м<sup>2</sup> в сутки и бактериальных препаратов Агрика + Гумат К/Na 6,84; 6,53 и 6,10 г/м<sup>2</sup> в сутки и Агрика + Гумат К/Na + азотобактер – 6,87; 6,73 и 6,29 г/м<sup>2</sup> в сутки. В среднем за три года наибольшая урожайность зерна также получена при обработке семян удобрением Цитовит. Так, урожайность сорта Тулайковская 108 составила 4,14 т/га, Дарья – 3,65 т/га, Кинельская 59 – 3,91 т/га, достоверные прибавки урожая 0,67 т/га (19,3%); 0,56 т/га (18,1%); 0,59 т/га (17,8%) соответственно (рисунок).

Практически равноценные показатели урожайности изучаемых сортов яровой мягкой пшеницы получены при обработке семян бактериальным препаратом Агрика с микроэлементами + азотобактер, Тулайковская 108 – 4,11 т/га, Дарья – 3,65 т/га, Кинельская 59 – 3,95 т/га, достоверные прибавки урожая 0,64 т/га (18,4%); 0,55 т/га (17,7%); 0,63 т/га (19,0%), соответственно.

Оценка технологических свойств зерна яровой пшеницы показала, что при обработке семян сорта

### Фотосинтетическая деятельность агроценозов яровой пшеницы, 2015-2017 гг. (фаза колошения)

Фактор – В Обработка семян	Фактор А – сорта								
	Тулайковская 108			Кинельская 59			Дарья		
	Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	ФП, млн. м <sup>2</sup> дн/га	ЧПФ, г/м <sup>2</sup> в сутки	Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	ФП, млн. м <sup>2</sup> дн/га	ЧПФ, г/м <sup>2</sup> в сутки	Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	ФП, млн. м <sup>2</sup> дн/га	ЧПФ, г/м <sup>2</sup> в сутки
Контроль (обработка водой)	37,6	0,428	5,93	35,9	0,406	5,67	33,5	0,380	5,28
Силиплант, 1 л/т	42,5	0,502	6,48	40,4	0,460	6,37	36,7	0,414	5,79
Цитовит, 1 л/т	44,9	0,524	6,89	42,1	0,479	6,64	39,7	0,452	6,26
Грин Го, 1 л/т	41,3	0,481	6,35	39,2	0,446	6,18	35,8	0,418	5,65
Агрика + Гумат К/Na, 1 л/т	43,6	0,518	6,84	41,4	0,471	6,53	38,7	0,440	6,10
Агрика + Гумат К/Na + азотобактер, 1 л/т	44,5	0,522	6,87	42,7	0,486	6,73	39,9	0,454	6,29



Тулайковская 108 препаратом Цитовит содержание белка составило 14,5% (контроль – 11,3%), клейковины – 24,8%, а стекловидность измерялась 63%.

*Таким образом, предпосевная обработка семян комплексными микроэлементными удобрениями и бактериальными препаратами способствует активизации ростовых и физиолого-биохимических процессов растений яровой пшеницы, что находит свое отражение в показателях зерновой продуктивности. Повышение урожайности при использовании регуляторов роста обеспечивается большим числом растений на единице площади посева, увеличением числа зерен в колосе и массы зерна с растения.*

#### Литература

1. Морозов В.И., Басенкова С.В. Зерновое хозяйство и его эффективность в условиях Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской ГСХА, 2014, № 2(26). – С. 33-37.
2. Пейве Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов. – М.: Наука, 1980. – 430 с.
3. Петербургский А.В. Микроэлементы и урожай. – М.: Изд-во «Знание», 1965. – 32 с.
4. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: ВНИИА, 2005. – 302 с.
5. Гайсин И.А., Пахомова В.М. Итоги разработки и изучение механизма действия хелатных микроудобрений марки ЖУСС // Агрохимический вестник, 2017, № 5. – С. 45-47.
6. Кшникаткина А.Н., Кшникаткин С.А., Аленин П.Г. Оптимизация приемов возделывания зерновых культур в лесостепи Среднего Поволжья: монография. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – 224 с.
7. Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Каспировский А.В. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян регуляторами роста // Вестник Ульяновской ГСХА, 2013, № 3(23). – С. 14-19.
8. Каргин В.И., Немцев С.Н., Захаркина Р.А., Каргин Ю.И. Эффективность биопрепаратов в посевах яровой пшеницы // Доклады РАСХН, 2011, № 1. – С. 35-38.
9. Завалин А.А., Алметов Н.С. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья // Агрохимический вестник, 2014, № 5. – С. 36-40.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1971. – 239 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
12. Ничипорович А.А. Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. – М.: Колос, 1970. – 320 с.

## РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТОВ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РЕГАЛИС В ИНТЕНСИВНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЯБЛОНИ

**Т.Г. Фоменко**, к.с.-х.н., **В.П. Попова**, д.с.-х.н., **Н.И. Ненько**, д.с.-х.н., **Ж.А. Шадрина**, д.э.н.  
Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,  
e-mail: sad-fertigation@mail.ru

*В условиях Краснодарского края установлена эффективность применения регулятора роста Регалис в интенсивных насаждениях яблони. Наибольший эффект в сдерживании роста побегов продолжения установлен при трехкратной обработке яблони препаратом Регалис, отмечен наименьший средний размер побегов продолжения и формирование компактной кроны деревьев. При изучении физиолого-биохимических показателей яблони установлено, что двукратная обработка способствовала более сбалансированной интенсивности обменных процессов и повышению устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды, а применение трехкратной обработки привело к практически полному прекращению ростовых процессов деревьев после фазы размер плода в диаметре 3-4 см «грецкий орех». Установлено повышение урожайности плодов яблони на 3,2-13,9 т/га при применении двукратной и трехкратной обработок регулятором роста Регалис по сравнению с контролем. Однократное применение препарата оказалось малоэффективным как для сдерживания ростовых процессов, так и повышения урожайности насаждений яблони.*

**Ключевые слова:** яблоня, регулятор роста Регалис, ростовые процессы, биохимические показатели, урожайность, качество плодов.

## DEVELOPMENT OF REGULATIONS FOR THE USE OF REGALIS REGULATOR IN INTENSIVE APPLE TREE PLANTATIONS

*Ph.D. T.G. Fomenko, Dr.Sci. V.P. Popova, Dr.Sci. N.I. Nenko, Dr.Sci. Z.A. Shadrina*  
*North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, e-mail: sad-fertigation@mail.ru*

*In the Krasnodar Territory, the regal growth regulator has been effectively used in intensive apple tree plantations. The greatest effect in restraining the growth of extension shoots was established with a three-fold treatment of apple plants with Regalis, the smallest average size of shoots continued and the formation of a compact crown of trees. In studying the physiological and biochemical parameters of apple trees, it was found that double treatment promoted a more balanced intensity of metabolic processes and increased resistance to unfavorable environmental factors, and the application of triple treatment led to an almost complete cessation of growth processes of trees after the phase. The size of the fetus was 3-4 cm in diameter «Walnut». An increase in the yield of apple fruits by 3.2-13.9 t/ha was established with the use of two-fold and three-fold treatments with Regalis regulator in comparison with the control. A single application of the drug proved to be ineffective both to contain growth processes and to increase yields of apple tree plantations.*

**Keywords:** apple tree, growth regulator Regalis, growth processes, biochemical indicators, productivity of fruits, quality of fruits.

На юге России почвенно-климатические условия нередко способствуют избыточному росту плодовых деревьев даже на слаборослых подвоях. Интенсивные приросты побегов продолжения приводят к ухудшению освещенности внутренней части крон деревьев, снижению качества урожая и увеличивают стоимость обрезки и способов борьбы с вредителями [1]. Для сдерживания ростовых процессов деревьев яблони используют регуляторы роста ретардантного действия. Перспективным препаратом является регулятор роста Регалис® (БАСФ) – дей-

ствующее вещество прогексадион-кальция (100 г/кг), которое рассматривается как безопасное химическое соединение, так как оно быстро разлагается, а для контроля роста побегов требуются малые его количества. Механизм действия препарата направлен на ингибирование биосинтеза гиббереллинов и этилена, а также изменение в метаболизме флавоноидов [2]. Уменьшение биосинтеза гиббереллина снижает интенсивность роста побегов в длину и укорачивает междоузлия, что способствует повышению светопроницаемости

кроны, стимуляции закладки генеративных почек и улучшению качества плодов. Дополнительно применение регулятора роста Регалис снижает опадение завязи плодов, восприимчивость к абиотическим стрессам, повышает устойчивость к бактериальному ожогу и другим патогенам [3-7]. Экотоксикологический риск использования препаратов на основе прогексадион-кальция на 1-2 порядка ниже по сравнению с большинством инсектицидов из класса синтетических пиретроидов и фосфорорганических соединений [8]. Вопросы кратности применения препарата в течение вегетационного периода, а также оптимальных сроков поведения обработок остаются недостаточно разработанными.

**Цель исследований** – определение эффективности применения регулятора роста Регалис в интенсивных плодовых насаждениях яблони и разработка технологических регламентов проведения обработок с учетом зоны возделывания.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в условиях Прикубанской зоны пловодства Краснодарского края в насаждениях яблони ЗАО «ОПХ Центральное». Производственный опыт заложен на 3,6 га, площадь каждого варианта составляла 0,9 га. Учеты проводили в восьмикратной повторности, в каждой по три учетных дерева. Объекты исследований – яблоня сорта Голден Делишес на подвое М9, 2010 г. посадки (весна), со схемой размещения деревьев 4,5 x 1,0 м. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный сверхмощный слабогумусный легкоглинистый.

**Схема опыта:** 1. Контроль (без обработки); 2. Однократная обработка препаратом Регалис в дозе 2,5 кг/га при достижении размера побегов яблони 5-7 см; 3. Двукратная обработка: первая в дозе 1,25 кг/га при достижении размера побегов яблони 5-7 см и повторно в дозе 1,25 кг/га через 3 или 4 недели после первой; 4. Трехкратная: первая в дозе 1,0 кг/га при достижении размера побегов яблони 5-7 см, вторая (0,75 кг/га) через 3 недели после первой, третья (0,75 кг/га) через 5 недель после второй.

Расход рабочего раствора составлял 1000 л/га. Для подкисления реакции водной среды рабочего раствора с рН 8,3 до оптимального уровня рН 4,5-5,0 использована лимонная кислота из расчета 0,45 кг/га. Первую обработку проводили при достижении размера побегов яблони 5-7 см, сформированных из верхушечных почек, т.к. боковые

побеги имели меньший прирост. Сроки обработок корректировали в зависимости от интенсивности ростовых процессов деревьев. В 2016 г. применение препарата не осуществляли, проводили учеты и наблюдения для определения последствий обработок предыдущего периода.

Листовую диагностику обеспеченности деревьев яблони элементами питания (N, P, K, Ca, Mg) проводили в период налива плодов. Растительные образцы листьев подвергали мокром у озолению по методу Гинзбург (смесью серной и хлорной кислот). Содержание азота определяли хлораминовым методом, фосфора – колориметрическим методом, калия – на пламенном фотометре, кальция и магния – комплексонометрическим методом. Полученные данные сопоставляли с оптимальными уровнями содержания элементов питания и рассчитывали соотношения N/P, N/K, (K + Mg)/Ca.

Физиолого-биохимические показатели состояния яблони определяли при размере плода в диаметре 3-4 см «грецкий орех» после второй обработки регулятором роста Регалис. В растительных образцах определяли содержание воды (общей, свободной, связанной), сухих веществ, пигментов, белка, индолилуксусной кислоты (ИУК), абсцизовой кислоты (АБК) [9, 10].

Полученные данные оценивали методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программе Microsoft Office Excel 2003 согласно «Методике полевого опыта» [11].

**Обсуждение результатов.** Определение обеспеченности растений яблони элементами питания показало, что содержание основных элементов питания находилось в оптимальных пределах. На обработанных регулятором роста Регалис вариантах была отмечена тенденция увеличения содержания кальция, магния и небольшое снижение содержания калия в листьях (табл. 1). Визуальной диагностикой установлено, что листья обработанных деревьев в период активного роста побегов имели более интенсивную темно-зеленую окраску и прочную клеточную структуру тканей листовых пластинок по сравнению с контролем. Снижение содержания калия в определенной степени может быть обусловлено повышением нагрузки деревьев яблони плодами и связанным с этим перераспределением питательных веществ.

### 1. Влияние регулятора роста Регалис на обеспеченность растений яблони сорта Голден Делишес элементами питания (август 2015 г.)

Показатель	Контроль	Однократная обработка	Двукратная обработка	Трехкратная обработка
Азот, %	2,15	1,90	2,10	2,10
Фосфор, %	0,13	0,14	0,12	0,13
Калий, %	1,30	0,97	1,10	1,15
Кальций, %	2,09	2,48	2,45	2,55
Магний, %	0,49	0,54	0,63	0,55
N : P	16,54	13,57	16,94	16,15
N : K	1,65	1,96	1,91	1,83
(K + Mg) : Ca	0,86	0,61	0,71	0,67

## 2. Влияние регулятора роста Регалис на прирост побегов яблони сорта Голден Делишес, см

Вариант	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г. (последствие)
Контроль без обработки	58,3	49,3	47,7	56,4
Однократная обработка препаратом Регалис	62,1	63,4*	50,7	76,8*
Двукратная обработка препаратом Регалис	41,5*	42,7*	42,6	60,2
Трехкратная обработка препаратом Регалис	-	36,1*	27,4*	59,1
НСР <sub>05</sub>	8,2	5,6	5,7	6,1
Критерий Фишера	$F_{\text{факт}}(16,43) > F_{\text{станд } 05}(3,49)$	$F_{\text{факт}}(41,46) > F_{\text{станд } 05}(2,95)$	$F_{\text{факт}}(23,52) > F_{\text{станд } 05}(2,95)$	$F_{\text{факт}}(17,74) > F_{\text{станд } 05}(2,95)$
Доля влияния фактора на изменчивость признака, %	65,8	83,5	73,8	67,7

\* Существенная разница при 95%-ном уровне вероятности.

В начале каждого вегетационного периода обработанные регулятором роста Регалис деревья отличались более сдержанным ростом побегов по сравнению с контролем. В фазе размер плода в диаметре 3-4 см «грецкий орех» на обработанных деревьях прироста побегов были меньше контроля в среднем на 31-39%. Уменьшение размера побегов происходило за счет значительного сокращения длины междоузлий.

Сдерживание ростовых процессов деревьев яблони на обработанных вариантах в условиях засушливого летнего периода приводило к преждевременному формированию верхушечных почек побегов. В начале фазы налива плодов образование верхушечной почки отмечалось на 85-90% побегов при обработке препаратом Регалис и на 25-45% у деревьев контрольного варианта. В дальнейшем наблюдался вторичный рост побегов. Например, в 2015 г. в период формирования и налива плодов вторичный рост побегов в контроле и при однократной обработке отмечен на 90% побегов, при двукратной обработке – на 55-65%, при трехкратной обработке на 5-8%. Интенсивность ростовых процессов значительно различалась между вариантами. Наиболее интенсивный рост побегов отмечен при однократной обработке препаратом Регалис, при этом интенсивность вторичного роста была значительно больше, чем в контроле (табл. 2).

Применение третьей обработки регулятором роста Регалис более эффективно сдерживало вторичный прирост побегов, поэтому наибольшее их снижение общей длины было при трехкратной обработке. В результате к окончанию вегетационного периода средний размер побегов в 2014 г. составил 36,1 см, в 2015 г. – 27,4 см, что на 26,8 и 42,6% соответственно было меньше контроля.

Дисперсионный анализ данных показал, что доля влияния обработок регулятором роста Регалис на интенсивность ростовых процессов деревьев яблони сорта Голден Делишес в 2013 г. составила 65,8%, в 2014 г. – 83,5%, в 2015 г. – 73,8%, что указывает на существенное влияние фактора в общей изменчивости признака. В 2016 г. после трех лет применения регулятора роста Регалис наибольшая (76,8 см) средняя длина побегов установлена на варианте, где ранее применяли однократную обработку, что обусловлено очень слабой нагрузкой деревьев плодами. На остальных вариантах средняя длина побегов составляла от 56,4 до 60,2 см, и разница находилась в пределах ошибки опыта (НСР<sub>05</sub>). Поэтому последствия регулятора роста Регалис на ростовые процессы яблони в последующий год не установлено.

Оценка физиолого-биохимических процессов яблони в фазе размер плода в диаметре 3-4 см «грецкий орех» показала, что листья деревьев на

## 3. Влияние обработок регулятором роста Регалис на изменение физиолого-биохимических показателей деревьев яблони

Показатель	Контроль	Однократная обработка	Двукратная обработка	Трехкратная обработка
Оводненность листьев, %	70,51	66,11	63,21	62,23
Содержание свободной воды, %	13,49	15,54	16,64	15,64
Содержание связанной воды, %	86,51	84,46	83,36	84,36
Содержание сухих веществ, %	29,49	33,89	36,79	37,77
Площадь листовой пластинки, см <sup>2</sup>	96,89	70,40	100,95	113,19
Содержание хлорофилла (а + б), мг/г	3,97	6,29	4,20	5,06
Содержание каротина, мг/г	1,31	2,10	1,34	1,59
Содержание белка, мг/г	20,80	15,85	14,08	15,02
Содержание индолилуксусной кислоты (ИУК), мг/кг	24,00	8,12	15,80	6,80
Содержание абсцизовой кислоты (АБК), мг/кг	0,87	0,38	0,68	1,04
ИУК/АБК	27,59	21,37	23,24	6,54

## 4. Влияние регулятора роста Регалис на урожайность яблони сорта Голден Делишес, т/га

Вариант	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г. (последствие)
Контроль без обработки	16,8	40,5	28,7	31,2
Однократная обработка препаратом Регалис	28,6*	9,3*	50,3*	5,3*
Двукратная обработка препаратом Регалис	20,7	47,0	35,4	28,9
Трехкратная обработка препаратом Регалис	-	43,7	42,6*	31,0
НСР <sub>05</sub>	8,2	8,2	9,6	11,4
Критерий Фишера	$F_{\text{факт}} (4,36) > F_{\text{станд } 05} (3,49)$	$F_{\text{факт}} (36,07) > F_{\text{станд } 05} (2,95)$	$F_{\text{факт}} (9,39) > F_{\text{станд } 05} (2,95)$	$F_{\text{факт}} (12,65) > F_{\text{станд } 05} (2,95)$
Доля влияния фактора на изменчивость признака, %	29,6	81,4	51,2	59,3

\* Существенная разница при 95%-ном уровне вероятности

всех вариантах, обработанных регулятором роста Регалис, характеризовались меньшей оводненностью по сравнению с контролем (62,2-66,1%). Однако большее содержание в листьях свободной воды позволяет предположить, что у обработанных деревьев наблюдалось более активное протекание обменных процессов. При этом пониженное содержание белка в листьях (14,08-15,85 мг/г) может быть связано с активным протеканием гидролитических процессов по сравнению с контролем (табл. 3).

У деревьев на вариантах с однократной и трехкратной обработкой отмечено большее содержание каротина (2,1 и 1,59 мг/г соответственно), который выполняет защитную функцию. Повышение площади листовой пластинки установлено у деревьев при двукратной и трехкратной обработке, что согласуется с большим содержанием хлорофилла (а + б) и свидетельствует о более активной фотосинтетической деятельности растений на этих вариантах. Наибольшее увеличение площади листовой пластинки отмечено при трехкратной обработке препаратом Регалис (113,2 см<sup>2</sup>), поэтому можно предположить, что пластические вещества в большей степени накапливались в листьях яблони, нежели в побегах.

Снижение соотношения стимулятор/ингибитор у обработанных деревьев характеризовало менее интенсивный рост и перераспределение пластических веществ. Наименьшее содержание индолилуксусной кислоты (ИУК) отмечено при трехкратной обработке (6,8 мг/г), что свидетельствует о значительном снижении ростовых процессов деревьев яблони после образования плодов в диаметре 3-4 см «гречкий орех». В этот период наблюдалось

формирование верхушечных почек побегов. Накопление пластических веществ в листьях при трехкратной обработке обусловлено большей интенсивностью синтетических процессов в связи с адаптацией к стрессовым условиям среды, о чем свидетельствует увеличение содержания абсцизовой кислоты (АБК). Более сбалансированная интенсивность обменных процессов и устойчивость к неблагоприятным факторам отмечена при двукратной обработке регулятором роста Регалис.

Применение однократной обработки препаратом Регалис (2,5 кг/га) в первый год способствовало существенному увеличению нагрузки деревьев яблони плодами, что обусловлено улучшением завязываемости плодов. В 2013 г. при однократной обработке получена максимальная урожайность – 28,6 т/га, прибавка была существенной и составила 11,8 т/га (табл. 4). Высокая нагрузка деревьев урожаем на фоне высоких температур воздуха, низкой влажности приземного слоя и проявления суховея не способствовала хорошей закладке генеративных почек урожаем следующего года, отмечено резкое проявление периодичности плодоношения яблони сорта Голден Делишес. Большая нагрузка деревьев урожаем отмечена в 2013 г и 2015 г, очень низкая в 2014 г и 2016 г. Несмотря на высокую урожайность в отдельные годы, прибавка за 2013-2015 гг. при однократной обработке составила всего 0,73 т/га.

При двукратной обработке препаратом Регалис установлено повышение урожайности за счет улучшения завязываемости плодов и, как результат, увеличение нагрузки деревьев плодами. Прибавка урожайности в 2013 г. составила 3,9 т/га, в

## 5. Экономическая эффективность применения регулятора роста Регалис в насаждениях яблони (среднее за 2013-2015 гг.)

Показатель	Контроль	Однократная обработка	Двукратная обработка	Трехкратная обработка
Урожайность, т/га	28,7	29,4	41,2	43,2
Затраты на препарат, руб/га	14250	14250	14250	14250
Себестоимость производства, руб/ц	1434,3	1519,1	1378,9	1337,9
Выручка от продаж, тыс. руб/га	758,5	841,1	1093,7	1221,3
Издержки на производство, тыс. руб/га	411,2	446,6	568,1	577,3
Прибыль от продаж, тыс. руб/га	347,3	394,5	525,6	644,0
Рентабельность продукции, %	84,5	88,3	92,5	111,5

2014 г. – 6,5 т/га, в 2015 г. – 6,7 т/га. Следует отметить, что за установленные отличия находились в пределах ошибки опыта ( $HCР_{05}$ ). Поэтому можно отметить тенденцию увеличения урожайности плодов яблони при применении двукратной обработки.

Трехкратная обработка препаратом Регалис способствовала существенному увеличению нагрузки деревьев яблони плодами в 2015 г., прибавка урожая составила 13,9 т/га. Повышение урожайности, вероятнее всего, обусловлено благоприятной закладкой генеративных почек в предшествующем году и улучшением завязываемости плодов яблони по сравнению с контролем.

Доля влияния обработок регулятором роста Регалис на урожайность яблони сорта Голден Делишес была высокой и составляла от 29,6 до 81,4%, что указывает на их эффективность. При однократной и двукратной обработках регулятором роста Регалис отмечено более позднее созревание плодов яблони, что возможно обусловлено возобновлением ростовых процессов во второй половине вегетационного периода. Продолжающийся интенсивный вторичный рост побегов продолжения приводил к перераспределению пластических веществ и увеличению продолжительности процесса созревания плодов яблони. Установленные особенности необходимо учитывать при определении оптимальных сроков уборки урожая плодов.

Применение регулятора роста Регалис способствовало получению дополнительной прибыли от реализации плодов при однократной обработке – 47,2 тыс. руб/га, при двукратной – 178,3 тыс. руб/га

и трехкратной – 296,7 тыс. руб/га. Наибольший (111,5%) уровень рентабельности отмечен при применении трехкратной обработки (табл. 5).

*Таким образом, применение регулятора роста Регалис способствовало активному протеканию фотосинтетической деятельности растений яблони, отмечена более интенсивная окраска листьев по сравнению с контрольным вариантом. Двукратная обработка повышала устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды. Трехкратная обработка способствовала уменьшению содержания индолилуксусной кислоты и, как результат, значительному снижению ростовых процессов деревьев яблони после фазы размер плодов в диаметре 3-4 см «грецкий орех». Применение однократной обработки регулятором роста Регалис в дозе 2,5 кг/га при обильном цветении оказалось малоэффективным и привело к резкой периодичности плодоношения яблони сорта Голден Делишес. Хорошая эффективность в повышении урожайности плодов получена при двукратной и трехкратной обработках препаратом Регалис. Сдерживание ростовых процессов деревьев яблони достигается проведением двукратных в дозах 1,25 + 1,25 кг/га и трехкратных (1,0 + 0,75 + 0,75 кг/га) обработок деревьев яблони препаратом. Необходимо постоянный контроль за ростом деревьев, сроки проведения второй и последующей обработок надо корректировать с учетом интенсивности ростовых процессов яблони.*

#### Литература

1. Алферов В.А., Соколов О.А. Влияние препарата Регалис на рост и плодоношение яблони // Плодоводство и ягодоводство России, 2014, Том XXXX, Часть № 2. – С. 44-49.
2. <http://www.agro.basf.ru/>
3. Medjdoub R., Val J., Blanco A. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoothie Golden Delicious' apple trees // Scientia Horticulturae, 2004, Vol. 101, Issue 3. – P. 243-253.
4. Asín L., Alegre S., Montserrat R. Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a 'Blanquilla' pear orchard // Scientia Horticulturae, 2007, Vol. 113. – P. 217-232.
5. Федоров Д.Е., Соловьев А.В., Сдвижников Н.П. и др. Влияние регулятора роста на продуктивность и товарные качества различных сортов яблони в условиях ЦЧР // Вестник МичГАУ, 2011, № 1, Ч. 1. – С. 69-72.
6. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Петров И.А. Влияние регулятора роста Регалис на ростовые процессы и продуктивность в интенсивных насаждениях яблони // Научные труды ГНУ СКЗНИИСИВ. Повышение эффективности инновационных процессов в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСИВ, 2015, т. 8. – С. 135-144.
7. Соловьев А.В., Каширская Н.Я., Скрылев А.А. Применение регулятора роста Регалис в интенсивных насаждениях яблони // Достижения науки и техники АПК, 2016, Т. 30, № 6. – С. 80-81.
8. Семененко В.М., Коршун М.М. Гігієнічне нормування нового регулятора росту рослин прогексадіон-кальцію в об'єктах агроценозу яблуневого саду // Довкілля та здоров'я, 2013, № 3 (66). – С. 20-25.
9. Кушниренко М.Д., Печерская С.Н. и др. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. – Кишинев: «Штиинца», 1991. – 306 с.
10. Ненько Н.И., Ильина И.А., Воробьева Т.Н. и др. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда: учебно-методическое пособие / под общей редакцией Н.И. Ненько. – Краснодар: СКЗНИИСИВ, 2015. – 215 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ КОРНЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ (*RHODIOLA ROSEA* L.)

О.М. Савченко, к.с.-х.н.

Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений, e-mail: swamprat@rambler.ru

Родиола розовая представляет практический интерес для использования в препаратах, повышающих сопротивляемость организма человека при неблагоприятных воздействиях. Для создания промышленных плантаций данной культуры необходимо разработать технологию ее размножения, изучить вопросы повышения биопродуктивности. В результате интродукционных исследований было установлено, что семенное размножение культуры в открытом грунте не перспективно, так как семена родиолы розовой относятся к труднопрорастающим и медленно растущим. В связи с этим, важно проведение исследований по альтернативным методам размножения (рассадный и вегетативный), по способам усиления ростовых процессов за счет экзогенного применения регуляторов роста. Представлены результаты исследований по влиянию экзогенного применения биорегуляторов роста (Эпин-экстра, Циркон, Рибав-экстра) и корнеобразователей (Корневин и ДваУ) на растениях родиолы розовой 1 и 2 года вегетации. Определена эффективность обработки корнеобразователями (Корневин и ДваУ) посадочного материала на рост, развитие и урожайность культуры. Показаны особенности вегетативного и рассадного способов размножения родиолы розовой в условиях Нечерноземной зоны РФ. Экспериментальные данные показывают, что обработка семян родиолы розовой биорегуляторами роста Эпин-экстра, Циркон и Рибав-экстра способствует повышению энергии прорастания и получению рассады высокого качества. Наиболее рациональным способом размножения является вегетативный способ, где используются части корневищ с корнями и надземными побегами родиолы розовой. Корнеобразователь ДваУ обеспечил практически 100% приживаемость растений и способствовал усилению ростовых процессов в начальные периоды роста растений родиолы розовой. Использование росторегуляторов Эпин-экстра и Рибав-экстра обеспечило усиление ростовых процессов растений родиолы.

**Ключевые слова:** *Rhodiola rosea* L., рассада, корнеобразователи, биорегуляторы роста.

## THE EFFICIENCY OF PROCESSING BY ROOT FORMERS THE PLANTING MATERIAL OF THE ROSEROOT (*RHODIOLA ROSEA* L.)

Ph.D. O.M. Savchenko

All-Russian Institute of Medicinal and Aromatic Plants, e-mail: swamprat@rambler.ru

Golden root (*Rhodiola rosea*) is of practical interest for use in drugs that increase the resistance of the human body to adverse effects. For creation the industrial plantations of this culture, it is necessary to develop a technology for its reproduction, to study the issues of increasing the bio-productivity. As a result of introduction studies, it was found that the seed reproduction of the crop in the open ground is not promising, since the seeds of golden root are difficult to grow and slowly growing. In this regard, it is important to conduct research on alternative methods of reproduction (seedling and vegetative), on ways to enhance growth processes through exogenous use of growth regulators. There are the results of studies on the effect of exogenous use of bioregulators of growth (Epin-extra, Zircon, Ribav-extra) and root formers (Kornevin and DvaU) on roseroot plants roseroot 1 and 2 years of vegetation presented. The efficiency of processing by root formers (Kornevin and DvaU) on planting material for growth, development and yield of the crop has been determined. There peculiarities of vegetative and seedling methods of reproduction of roseroot in conditions of non-Chernozem zone of the Russian Federation have been shown. The experimental findings show that the treatment of golden root seeds with pink growth bioregulators Epin-extra, Zircon and Ribav-extra promotes the increase of germination energy and the production of high quality seedlings. The most rational method of reproduction is the vegetative method, which uses parts of the rhizomes with roots and above-ground shoots of golden root. The root former DvaU provided almost 100% plant survival and contributed to the

*strengthening of growth processes in the initial periods of plant growth of golden root. The use of growth regulators Epin-extra and Ribav-extra ensured the strengthening of the growth processes of plants of golden root.*

**Keywords:** *Rhodiola rosea L., seedlings, root growers, growth bioregulators.*

Родиола розовая представляет практический интерес для использования в препаратах, повышающих сопротивляемость организма человека при неблагоприятных воздействиях. Для создания промышленных плантаций данной культуры необходимо разработать технологию ее размножения, изучить вопросы повышения биопродуктивности. В результате интродукционных исследований было установлено, что семенное размножение культуры в открытом грунте не перспективно, так как семена родиолы розовой относятся к труднопрорастающим и медленно растущим. В связи с этим, важно проведение исследований по альтернативным методам размножения (рассадный и вегетативный), по способам усиления ростовых процессов за счет экзогенного применения регуляторов роста.

В сельском хозяйстве особое внимание уделяется применению индукторов устойчивости, которые способствуют повышению адаптационного статуса растений и мобилизации потенциальных возможностей растительного организма, направленных на повышение биопродуктивности независимо от условий произрастания [1-3].

**Цель исследования** – изучение влияния росторегуляторных факторов на продукционный процесс в лекарственном сырье родиолы розовой и определение наиболее оптимального способа ее размножения в условиях Нечерноземной зоны РФ.

**Материалы и методы.** Исследования в 2016-2017 гг. проводили во Всероссийском институте лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР). Опыты закладывали в лабораторных и полевых условиях. В лабораторных условиях изучали влияние обработки семян родиолы розовой регуляторами роста на энергию прорастания, всхожесть и рост проростков.

Стратифицированные и обработанные регуляторами роста семена закладывали в чашки Петри на влажную фильтровальную бумагу (по 50 штук в каждую) и проращивали при комнатной температуре. Повторность опыта четырехкратная. Учеты энергии прорастания и всхожести семян проводили согласно Техническим Условиям на торговые и посевные качества семян лекарственных и ароматических культур [4].

Полевые опыты закладывали в лекарственном севообороте отдела агробиологии и селекции путем постановки мелкоделяночных опытов. Опыты проводили в соответствии с методиками, принятыми ВИЛАР [5, 6].

Размещение делянок рендомизированное, повторность двукратная, площадь опытной делянки 4 м<sup>2</sup>. Фенологические наблюдения осуществляли систе-

матически, отмечали даты начала и массового наступления основных фаз развития растений. Измеряли высоту растений 10 растений с каждой делянки. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [7].

**Результаты и обсуждение.** Рассадку родиолы розовой выращивали в условиях тепличного комплекса лекарственных растений ВИЛАР. Использовали семена местной популяции. Для повышения всхожести семян, перед посевом проводили их стратификация и обработку регуляторами роста Эпин-экстра, Циркон и Рибав-экстра, что позволило получить, более ранние всходы (на 5-7 суток) и обеспечить активный рост растений (табл. 1).

Наиболее эффективным для повышения энергии прорастания, количества проростков и увеличения их жизнеспособности был препарат Эпин-экстра. Применение препарата Рибав-экстра оказало положительное действие на увеличение гипокотили у сеянцев родиолы розовой.

Для подбора корнеобразователей в вегетационных условиях были заложены опыты по испытанию Корневина (4-индол-3ил масляная кислота) и универсального укоренителя ДваУ (д.в. индолилмасляная кислота + оксикоричные кислоты).

При посадке рассады в открытый грунт может наблюдаться повреждение корневой системы, что в дальнейшем отрицательно сказывается на приживаемости и росте растений. В связи с этим для повышения приживаемости рассады родиолы были проведены опыты по испытанию нового полифункционального комплексного препарата ДваУ, действующими веществами которого являются индолилмасляная кислота и комплекс гидроксикоричных кислот, который способствует интенсивному корнеобразованию и активизации ростовых процессов. Для сравнения был выбран корнеобразователь Корневин (1 г/л), широко применяемый в сельском хозяйстве. Контроль – обработка водой. Время экспозиции рассады родиолы в растворах корнеобразователей – 14 часов.

Обработка посадочного материала лекарственных культур корнеобразователем ДваУ при норме расхода 0,1 мл/л способствовала увеличению приживаемости растений по сравнению с контролем – на 16,6% (табл. 2). Необходимо отметить, что приживаемость рассады родиолы в варианте с ДваУ по сравнению с вариантом, где был использован Корневин, выше на 4,4%.

В 2017 г. при низкой температуре и избыточном увлажнении приживаемость растений в целом была выше. В условиях стресса наиболее заметным оказалось адаптивное действие препарата ДваУ.

**1. Влияние регуляторов роста на повышение энергии прорастания, всхожести семян и снижение гибели проростков растений родиолы розовой**

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Гибель проростков от общего числа, %
Эпин-экстра, 0,2 мл/л	83,5	90	6
Циркон, 0,2 мл/л	86	91	11
Рибав-экстра, 0,1 мл/л	88	84	10
Контроль	44	77,4	16

**2. Приживаемость рассады родиолы розовой, %**

Вариант	2016 г.	% к контролю	2017 г.	% к контролю
Контроль	71,6	100	82,5	100
Корневин, 1г/л	84,4	117,8	92,6	112,2
ДваУ 1мл/л	93,4	130,4	96,2	116,6
НСР <sub>05</sub>	11,0		7,5	

**3. Влияние обработки родиолы розовой I года вегетации (длина подземной части, см), среднее за 2016-2017 гг.**

Фаза наблюдений	Контроль	Эпин-экстра	Рибав-экстра
Проростки	1,67±0,18	2,43±0,21	2,5±0,25
Первый настоящий лист	2,43±0,22	3,6±0,28	3,56±0,28
Третий Настоящий лист	2,86±0,25	4,76±0,37	4,26±0,32
Стеблевание	2,88±0,25	5±0,49	4,4±0,34

Для активизации роста растений и повышения биопродуктивности были заложены опыты с регуляторами роста Эпин-экстра и Рибав-экстра. Это связано с тем, что важным аспектом в управлении онтогенезом и биопродуктивностью растительного организма является экзогенное применение регуляторов роста [8]. Учеты и наблюдения показали, что обработка вегетирующих растений родиолы розовой регуляторами роста Эпин-экстра и Рибав-экстра способствовала усилению ростовых процессов. После первой обработки растворами Эпина-экстра и Рибав-экстра растений в фазе проростков отмечается усиление роста главного корня на 4,2% по сравнению с контролем. После появления 3-4 настоящих листьев, главный корень начинает ветвиться до второго по-

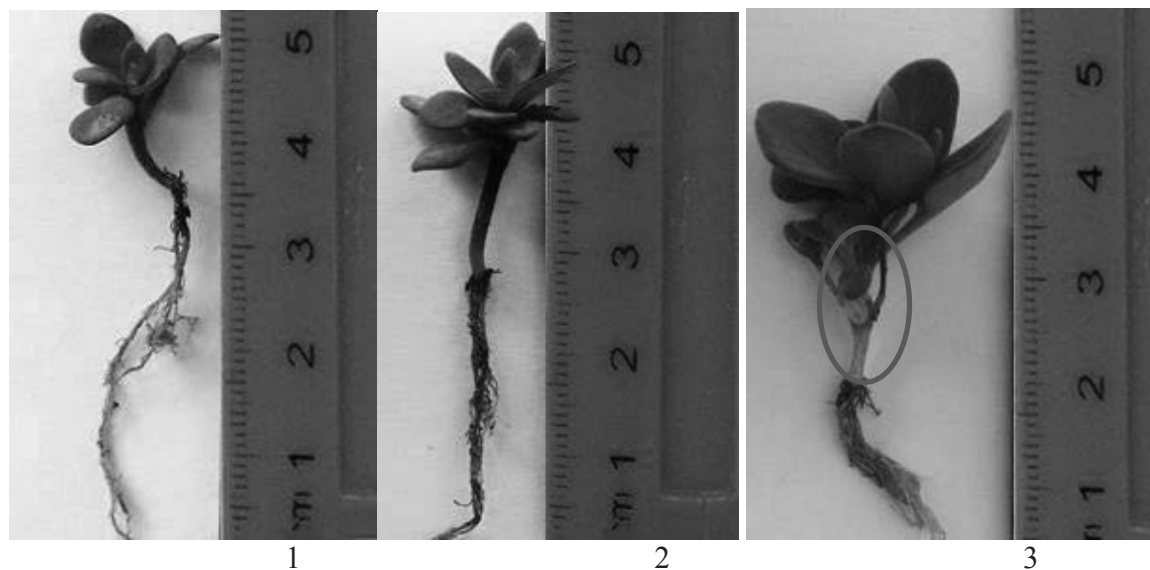
рядка. К моменту образования вегетативного побега (через 85-95 суток после появления всходов) начинается утолщение главного корня. На данном этапе отмечается положительное влияние регулятора роста Рибав-экстра. После его использования происходит увеличение длины главного корня на 10-15% по сравнению с контролем.

На рисунке 1 хорошо видна значительная разница по габитусу растений родиолы розовой с контрольного варианта и варианта с обработками регуляторами роста в варианте 3 (обработка Рибав-экстра) можно увидеть начало ветвления растения.

Под влиянием биорегуляторов повышалась кустистость растений на (22,7-36,3%), что привело к значительному (на 11-33%) повышению массы корней (табл. 4).

Обработка корнеобразователями способствовала нарастанию корневой системы рассады родиолы. Необходимо отметить, что наибольшей эффективностью обладал универсальный укоренитель ДваУ. В этом варианте опыта по всем биометрическим показателям отмечена наибольшая прибавка по сравнению с контролем. Масса подземной части повышалась на 33,17%.

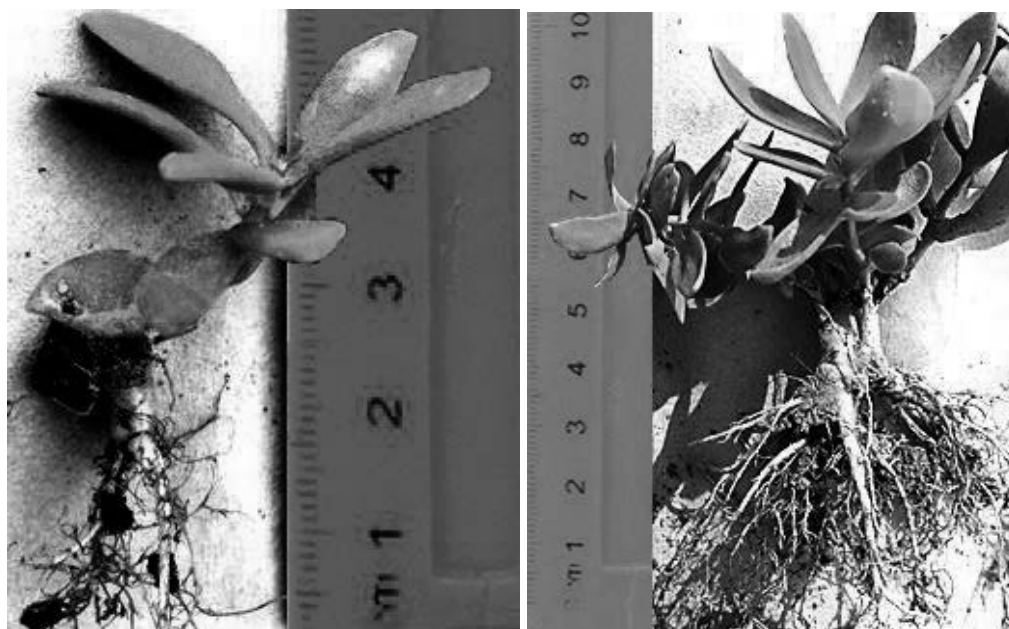
В первый год жизни у растений появилось 2-6 надземных побега, достигших высоты 5-11 см, и небольшое



**Рис. 1. Влияние регуляторов роста развитие рассады родиолы розовой (через 60 суток после появления всходов. 1 – Контроль, 2 – Эпин-экстра, 3 – Рибав-экстра**

#### 4. Влияние корнеобразователей на усиление ростовых процессов растений родиолы розовой I года вегетации (рассадный способ), среднее за 2016-2017 гг.

Вариант	Кол-во побегов/растение	% к контролю	Почки возобновления/растение	% к контролю	Масса корней растения, г	% к контролю
Контроль	2,2±0,21	100	2,8±0,29	100	2,08	100
Корневин (1 г/л)	2,7±0,26	122,7	3,3±0,27	117,8	2,31	111
ДваУ (1 мл/л)	3,0±0,31	136,3	3,4±0,28	121,4	2,77	133,17



Контроль

ДваУ 1 мл/л

Рис. 2. Растения родиолы розовой 1 года жизни в конце вегетации

клубневидное корневище (2-4 см длины). У части особей (преимущественно мужских) наблюдалось образование соцветий (рис. 2).

При вегетативном способе размножения родиолы розовой используют надземные побеги с хорошо развитой корневой системой, заготовленные с растений маточной плантации. С этой целью были выкопаны корневища родиолы с плантации многолетних насаждений. Использовали часть корневищ с корнями и почками двух видов: первая 1-3 почки, сырая масса в среднем 8,8г, вторая 5-6 почек, сырая масса 14,5±1,5 г. Маточными служили 5-6-летние растения. Корни родиолы замачивали в растворах корнеобразователей Корневин в норме расхода 1 мл/л и универсальный укоренитель ДваУ 1 мл/л в течение 16 часов и высаживали в подготовленные борозды на поле.

Наблюдение за приживаемостью черенков родиолы розовой показали, что корнеобразователь ДваУ обеспечил практически 100% приживаемость растений, на контрольном варианте она составляла 89-90%. ДваУ обеспечил не только повышение приживаемости родиолы, но и способствовал усилению ростовых процессов в начальные периоды роста растений (табл. 5).

Возрастная динамика изменения массы ранее высаженных корневищ с корнями у растений родиолы следующая. В год посадки подземная часть растений набирает в среднем 0,4-0,5 г сырой массы подземной части в контроле. Часть растений практически не накапливает биомассы после посадки черенков. Их подземные органы по массе мало отличаются от массы высаженных черенков, что согласуется с литературными данными [9, 10].

#### 5. Приживаемость вегетативно размноженных растений родиолы и прирост корней в конце вегетации

Показатель	Контроль		Корневин, 1 г/л		ДваУ, 1 мл/л	
	I группа	II группа	I группа	II группа	I группа	II группа
Приживаемость, %	89	90	95	95	99	100
Число почек возобновления в конце вегетации	4,4±0,49	7,3±0,68	4,5±0,44	7,5±0,71	5,6±0,52	8,8±0,93
Масса черенка в конце вегетации, г	9,2±0,95	15,0±1,58	10,2±1,22	15,8±1,61	11,3±1,23	16,5±1,74

### 6. Влияние биорегуляторов на повышение массы корней родиолы розовой II года вегетации (рассадный способ размножения)

Вариант	Масса подземной части, г		
	через 10 суток после первой обработки 4.05.17	через 20 суток после первой обработки 14.05.17	на момент уборки сырья 19.09.17
Контроль	1,54±0,014	1,61±0,013	3,69±0,35
Циркон	1,96±0,018	2,24±0,22	4,92±0,51
Эпин-экстра	1,75±0,016	2,18±0,21	4,87±0,44

Растения, обработанные препаратом ДваУ, к концу вегетации накапливают сырой массы 2,0-2,5 г. В сравнении с однолетними растениями, полученными рассадным способом, их сырая масса возрастает незначительно. Густота посадки черенков не оказывает существенного влияния на рост подземных органов. Результат также не зависит от половой дифференциации растений.

При изучении родиолы розовой второго года вегетации, заложенного в 2016 г. рассадным (рассада из теплиц) способом, применяли обработку препаратами Циркон (40 мл/га) и Эпин-экстра (40 мл/га). Обработку проводили 4 мая 2017г. Расход рабочего раствора 300 л/га. Фенологические наблюдения за растениями показали, что в третьей декаде мая преимущественно у мужских экземпляров появляются первые бутоны, в начале июня они зацветают. Стадии бутонизации и цветения растения проходят очень быстро (продолжительность каждой фазы 10-15 дней), фаза плодоношения длится около 40 дней.

Наблюдения за динамикой роста растений родиолы розовой при рассадном способе размножения показали положительное действие испытываемых препаратов на прирост массы подземной части растений. Как видно из таблицы 6, при обработке вегетирующих растений родиолы розовой второго года вегетации биорегуляторами Циркон и Эпин-экстра: масса подземной части растений превышала контроль через 10 суток после обработки на 13-27%, далее разница увеличивалась до 35-39% и к моменту уборки сырья составила 31-33%.

*Таким образом, обработка семян родиолы розовой биорегуляторами роста Эпин-экстра, Циркон и Рибав-экстра способствует повышению энергии прорастания и получению рассады высокого качества. Корнеобразователь ДваУ обеспечил практически 100% приживаемость растений и способствовал усилению ростовых процессов в начальные периоды роста.*

#### Литература

1. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Сидельников Н.И. Роль регуляторов роста и микроудобрений в адаптации лекарственных культур к абиотическим и биотическим стрессам // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии», 2012, № 7. – С. 14-18.
2. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: ВНИИА, 2005. – 302 с.
3. Хуснетдинова Т.И., Балабко П.Н., Шелепова О.В., Карпова Д.В., Батурина Л.К., Черкашина Н.Ф. Влияние препаратов Эпин-Экстра и Идеал на продуктивность расторопши пятнистой (*Silybum Marianum* L.) в условиях интродукции в Московской области // Агрехимический вестник, 2016, № 5 – С. 40-42.
4. ГОСТ Р. 51096-97. Семена лекарственных и ароматических культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия. Введен. 01.07.98. – 23 с.
5. Проведение полевых опытов с лекарственными культурами. Лекарственное растениеводство. – М.: ВИЛАР, 1981. – 60 с.
6. Требования к оформлению полевых опытов во Всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений. – М.: ВИЛАР, 2006. – 16 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Сидельников Н.И., Бушковская Л.М., Пушкина Г.П. Влияние экзогенных регуляторов на биопродуктивность и адаптивность лекарственных культур к стрессовым факторам / Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине. Сборник научных трудов международной конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР. – М.: ВИЛАР, 2016. – С. 311-315.
9. Шарыгина Ю.М. Опыт выращивания родиолы розовой в ботаническом саду Марийского Государственного технического университета // Лесной журнал. Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, 2004, № 1. – С. 14-18.
10. Загумеников В.Б., Нухимовский Е.Л., Климахин Г.И. Возделывание родиолы розовой / Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений. – М.: ВИЛАР, 2001. – С. 338-339.

## РЕГУЛЯТОР РОСТА СИМБИОНТА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

<sup>1</sup>Ю.П. Бондарев, <sup>2</sup>Т.А. Зубкова, к.б.н.

<sup>1</sup>ООО «Сельхозполимер», e-mail: platon946@mail.ru

<sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, e-mail: dusy.taz@mail.ru

Представлены результаты применения регулятора роста Симбионта, полученного из корней женьшеня. Препарат разработан и запатентован ЗАО «Сельхозполимер». Установлено, что регулятор роста Симбионта обеспечил повышение урожая капусты сорта Слава 231 на 11-13%; огурца сорта Нежинские на 17% в теплицах и 32% в открытом грунте; зерна гречихи сорта Баллада на 10-13% и сахарной свеклы сорта РМС-46 на 12-23%. Прибавка урожая перца сорта Бодрость составила 31% после использования препарата Симбионта.

**Ключевые слова:** регулятор роста, предпосевная обработка семян, капуста, огурец, перец, гречиха, урожайность.

### PLANT GROWTH REGULATOR SYMBIONTA AS FACTOR FOR CROPS YIELD INCREASE

<sup>1</sup>Yu.P. Bondarev, <sup>2</sup>PhD. T.A. Zubkova

<sup>1</sup>Sel'skhopolimer JSC., e-mail: platon946@mail.ru

<sup>2</sup>Moscow State Lomonosov University, e-mail: dusy.taz@mail.ru

In the work, a growth regulator, the preparation Symbionta, obtained from the roots of ginseng, developed and patented by closed joint-stock company «Sel'skhopolimer». The use of the growth regulator Symbionta led to an increase in the yield of the studied agricultural crops: cabbage variety Slava 231 by 11-13%; cucumber variety Nezhinsky by 17% in greenhouse and 32% in the field; buckwheat variety Ballad by 10-13% and sugar beet variety RMS-46 by 12-23%. The increase in the productivity of pepper variety Bodrost was 31% after using the Symbionta.

**Keywords:** growth regulators, presowing seed treatment, cabbage, cucumber, pepper, buckwheat, productivity.

Биотехнологические приемы повышения продуктивности растений активно используют в земледелии. В мировой науке обнаружено и изучено в различной степени более 4000 биологически активных веществ растительного происхождения, из которых 10% применяют в сельскохозяйственном производстве, особенно это относится к регуляторам роста растений [1-5]. Использование препаратов позволяет повысить урожайность, улучшить качество продукции; сократить сроки созревания; повысить устойчивость к стрессовым ситуациям (заморозкам, засухе, засолению и пр.) и к болезням. Например, исследования по повышению иммунитета растений развиты в работах Ф.Ю. Гельцер [6] – автора препарата Симбионт-1. Препараты серии Симбионт относятся к группе универсального регулятора роста растений [7, 8]. Однако эффективность их действия зависит от растительного материала, из которого они получены (происхождение женьшеня, фаза развития, состав и др.), технологии применения, вида и сорта выращиваемых культур.

**Цель работы** – оценка эффективности действия регулятора роста Симбионта на урожай гречихи и овощных культур свекла, огурец, перец.

**Объекты и методы исследования.** В работе использовали регулятор роста препарат Симбионта, разработанный и запатентованный ЗАО «Сельхозполимер» [9]. Из корней растений женьшеня было выделено сообщество микроорганизмов, депонированное в коллекции микроорганизмов МГУ им. М.В. Ломоносова под № 452. Регулятор получали путем культивирования сообщества на питательной среде, содержащей источники углерода, азота, минеральные соли в течение 1 месяца. Из культуральной жидкости отделяли мицелий. Мицелий экстрагировали этиловым спиртом. Полученный препарат представлял собой бесцветный прозрачный или слегка опалесцирующий раствор, состоящий из четырех видов микроорганизмов: одного вида гриба, двух видов бактерий и одного вида дрожжей. Таксономический состав представляет собой сообщество микромицета *Acremonium sp.*, дрожжей *Rhodotorula glutinis* и бактерий *Enterobacter agglomerans* и *Azotobacter beijerinckii* [10]. В число основных компонентов препарата Симбионта входят аминокислоты, пуриновые основания и гиббереллины. Именно гиббереллины (фитогормоны) представляют собой природный регулятор роста.

## 1. Применение препарата Симбионта

Культура	Норма расхода препарата	Норма расхода рабочей жидкости	Способ применения	Почва, район
Гречиха	1 мл/т	10 л/т	Обработка семян	Черноземы выщелоченные Орловская область
Сахарная свекла	40 мл/га	300 л/га	Опрыскивание в фазе 2-3 пар настоящих листьев	Черноземы выщелоченные, Воронежская область
Перец	0,2 мл/кг	2 л/кг	Замачивание семян на 30 минут	Дерново-подзолистые, Московская область, Раменский район
	1 мл/га	300 л/га	Опрыскивание в фазе цветения	
Капуста	0,2 мл/кг	2 л/кг	Замачивание семян на 30 минут	Дерново-подзолистые, Одинцовский район Московской области
	1 мл/га	300 л/га	Опрыскивание через 3 недели после высадки рассады в грунт	
Огурец открытого и закрытого грунта	2-5 мл/кг	2 л/кг	Замачивание семян на 30 минут	Дерново-подзолистые Московская область, Раменский район; Республика Марий-Эл
	10 мл/га	300 л/га	2-х кратное опрыскивание в фазе 1-2 листьев и 4-5 листьев	

От их концентрации в препарате зависит эффективность и направленность его действия.

Испытание препарата Симбионта проводили на опытных полях ЦИНАО (2002-2005 гг.) в Московской, Орловской и Воронежской областях и Республике Марий-Эл на среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах и черноземах выщелоченных (табл. 1).

**Результаты и обсуждение.** Исследования по определению биологической эффективности регулятора роста Симбионта на огурцах сорта Нежинские проводили в зимних стеклянных и пленочных теплицах ОПХ ВНИИ овощеводства (г. Мытищи, Московская область). Раствор Симбионта готовили непосредственно перед замачиванием семян и обработкой растений.

Схема опыта: 1. Контроль (без обработки); 2. Симбионт – замачивание семян. Расход препарата 2 мл/кг, расход рабочего раствора 2 л/кг; время замачивания – 30 минут; 3. Симбионт. Замачивание семян. Расход препарата 2 мл/кг, расход рабочего раствора 2 л/кг + 2-х кратное опрыскивание: первое в фазе образования 1-2 листьев, второе в фазе образования 4-5 листьев, расход препарата при опрыскивании 1 мл/га, расход рабочего раствора 300 л/га; 4. Симбионт. Замачивание семян + опрыскивание растений в фазе цветения. Нормы расхода препарата и рабочего раствора те же, что и в варианте 3. Полученные данные обрабатывали статистически, используя программу Statistica-6 (табл. 2).

Использование Симбионта позволило получить прибавку урожая как раннего, так и в целом за вегетацию. В опытных вариантах прибавка составила от 0,66-1,53 кг/м<sup>2</sup>. Дополнительные 2 опрыскивания во время вегетации обеспечили прибавку урожая по сравнению с обработкой семян на 0,77-1,53 кг/м<sup>2</sup> (табл. 2). Самый высокий урожай был собран в варианте с двукратным опрыскиванием вегетирующих растений. Превышение урожая наблюдалось во

## 2. Влияние Симбионта на урожай огурца

Вариант	Урожай, кг/м <sup>2</sup>			Прибавка к контролю
	за 2 недели	за 1 месяц	за вегетацию	
1	3,6	6,33	9,64	-
2	4,23	7,07	10,83	0,66
3	4,35	7,11	10,46	0,82
4	4,47	7,6	11,17	1,53

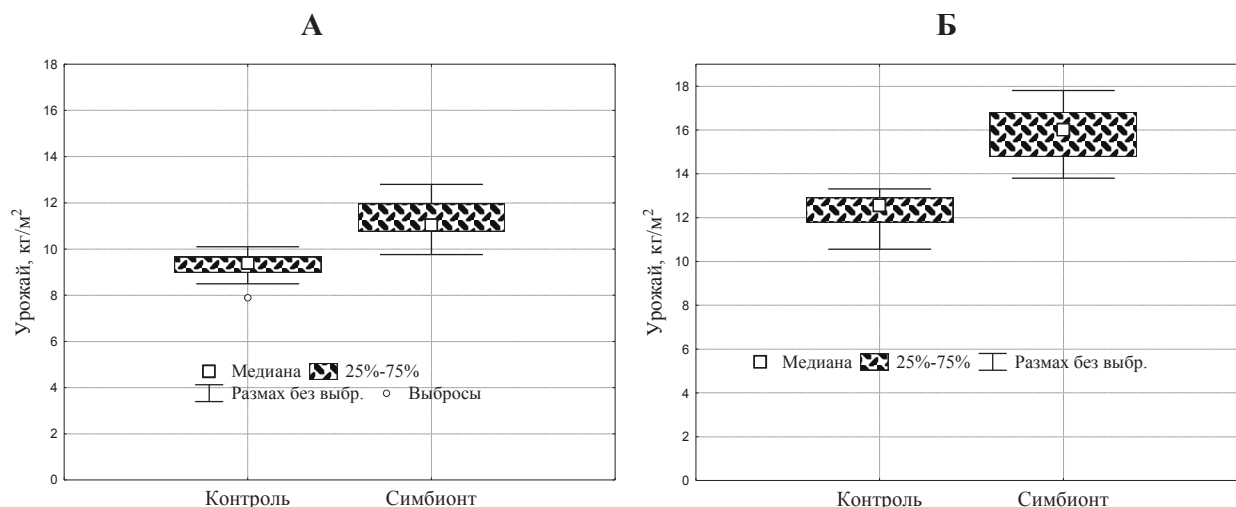
Примечание. Расшифровка вариантов дана в тексте и таблице 1.

всех трех сборах, включая первый ранний. В целом за вегетацию прибавка составила 1,53 кг/м<sup>2</sup> при урожае в контроле 9,64 кг/м<sup>2</sup>. На рисунке 1А показаны статистики данных распределения урожая огурца в тепличных условиях.

Испытания эффективности препарата на огурце в открытом грунте были проведены на опытных участках ВНИИ овощеводства в Республике Марий-Эл. Площадь опытной делянки 2 га, учетной – 100 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная. Норма высева 5 кг/га. Схема посева 90 x 50 см. Схема опыта: 1. Контроль (без обработки); 2. Симбионта. Замачивание семян. Расход препарата 2 мл/кг, расход рабочего раствора 2 л/кг + 2-х кратное опрыскивание: первое в фазе образования 1-2 листьев, второе в фазе 4-5 листьев, расход препарата при опрыскивании 1 мл/га, расход рабочего раствора 300 л/га.

Для открытого грунта обработка семян огурца сорта Нежинские и двукратное опрыскивание (вар. 2) привели к увеличению урожая на 32% (16 кг/м<sup>2</sup>) при урожае в контроле 12,3 кг/м<sup>2</sup> (рис. 1Б). прибавка урожая составила 17%, или 1,6 кг/м<sup>2</sup> при урожае в контроле 9,8 кг/м<sup>2</sup>. В полевых испытаниях урожай огурца возрос на 32% и достиг 16 кг/м<sup>2</sup> при урожае в контроле 12,3 кг/м<sup>2</sup>.

Исследования с капустой сорта Слава 231 проводили на полях ВНИИ овощного хозяйства в Раменском районе Московской области. Обработка



**Рис. 1. Статистики распределения урожая огурца сорта Нежинские в условиях закрытого грунта (А) и открытого грунта (Б) за период вегетации**

почвы включала: дискование стерни, внесение минеральных удобрений  $N_{60}K_{40}P_{60}$ , вспашку зяби на 20-22 см, предпосевную культивацию на глубину 15-16 см и выравнивание. Сеянцы капусты выращивали в ящиках в пленочной не обогреваемой теплице, в фазе семядолей растения были пикированы в холодные рассадники по схеме 8 x 8 см. Рассада высажена в открытый грунт по схеме 50 x 70 см через 25 дней после пикирования. Площадь опытной делянки 100 м<sup>2</sup>, четырехкратная повторность. Учет урожая капусты сплошной со всей делянки.

Схема опыта: 1. Контроль (без обработки); 2. Симбионта. Замачивание семян: расход препарата 2 мл/кг, расход рабочего раствора 2 л/кг, время замачивания 30 минут; 3. Симбионта. Замачивание семян: расход препарата 2 мл/кг, расход рабочего раствора 2 л/кг + опрыскивание вегетирующих растений через 3 недели после высадки рассады: расход препарата 1 мл/га, расход рабочего раствора 300 л/га.

В первый год обработка семян регулятором роста Симбионта способствовала получению прибавки урожая капусты 24 ц/га, или 4% по сравнению с контролем. Во второй год эти показатели составили соответственно 85 ц/га, или 19%. Наиболее эффективным приемом оказалась обработка семян + опрыскивание растений после высадки рассады в грунт. В этом варианте урожайность кочанов капусты составила 667 ц/га при урожае в контроле 596 ц/га, прибавка составила 71 ц/га, или 11,9 %. Во второй год испытаний соответственно – 577 ц/га при урожае в контроле 445 ц/га, а прибавка урожая составила 30%.

Замачивание семян капусты в препарате Симбионта и опрыскивание вегетирующих растений через 3 недели после высадки рассады в грунт обеспечили урожай 650-700 ц/га при урожае в контроле 500-610 ц/га (рис. 2).

В течение двух лет во ВНИИ овощеводства испытывали регулятор роста Симбионта на перце сорта Бодрость. Опыты были заложены в пленочной не обогреваемой теплице. Подготовленные для посева семена высевали в торфоперегнойные горшочки. Рассаду высаживали по схеме 80 x 60 см. Учетная площадь делянки 20 м<sup>2</sup>, повторность шестикратная.

Схема опыта: 1. Контроль (замачивание семян в воде); 2. Симбионта – обработка семян. Расход препарата 2 мл/кг. Расход рабочего раствора 2 л/кг; 3. Симбионта – обработка семян. Расход препарата 2 мл/кг + опрыскивание растений в фазу цветения. Расход препарата 1 мл/кг, расход рабочего раствора 300 л/га.

Применение Симбионта, как при обработке семян, так и с обработкой вегетирующих растений в фазе цветения достоверно повышало урожай. Следует отметить, что по количеству плодов различий по вариантам не было, а прибавка была получена в результате увеличения средней массы плода (табл. 3, рис. 2).

В результате испытаний регулятора роста Симбионта урожай товарного перца при обработке семян составил 156 ц/га, что на 8,3%, или на 12 ц/га выше, чем в контроле. Самый высокий урожай был в варианте, где обработку семян сочетали с опрыскиванием в фазе цветения. Урожай плодов перца составил 189 ц/га, что на 45 ц/га, или на 31% выше, чем в контроле.

Таким образом, испытания регулятора роста Симбионта на перце сорта Бодрость показали, что использование препарата способствовало получению прибавки урожая перца на 31%. Урожай перца в опытах с Симбионтой составлял 5,4-5,9 кг/м<sup>2</sup> при урожае на контроле 3,7-4,3 кг/м<sup>2</sup>. Также увеличилось количество плодов перца на одном растении и масса плода.

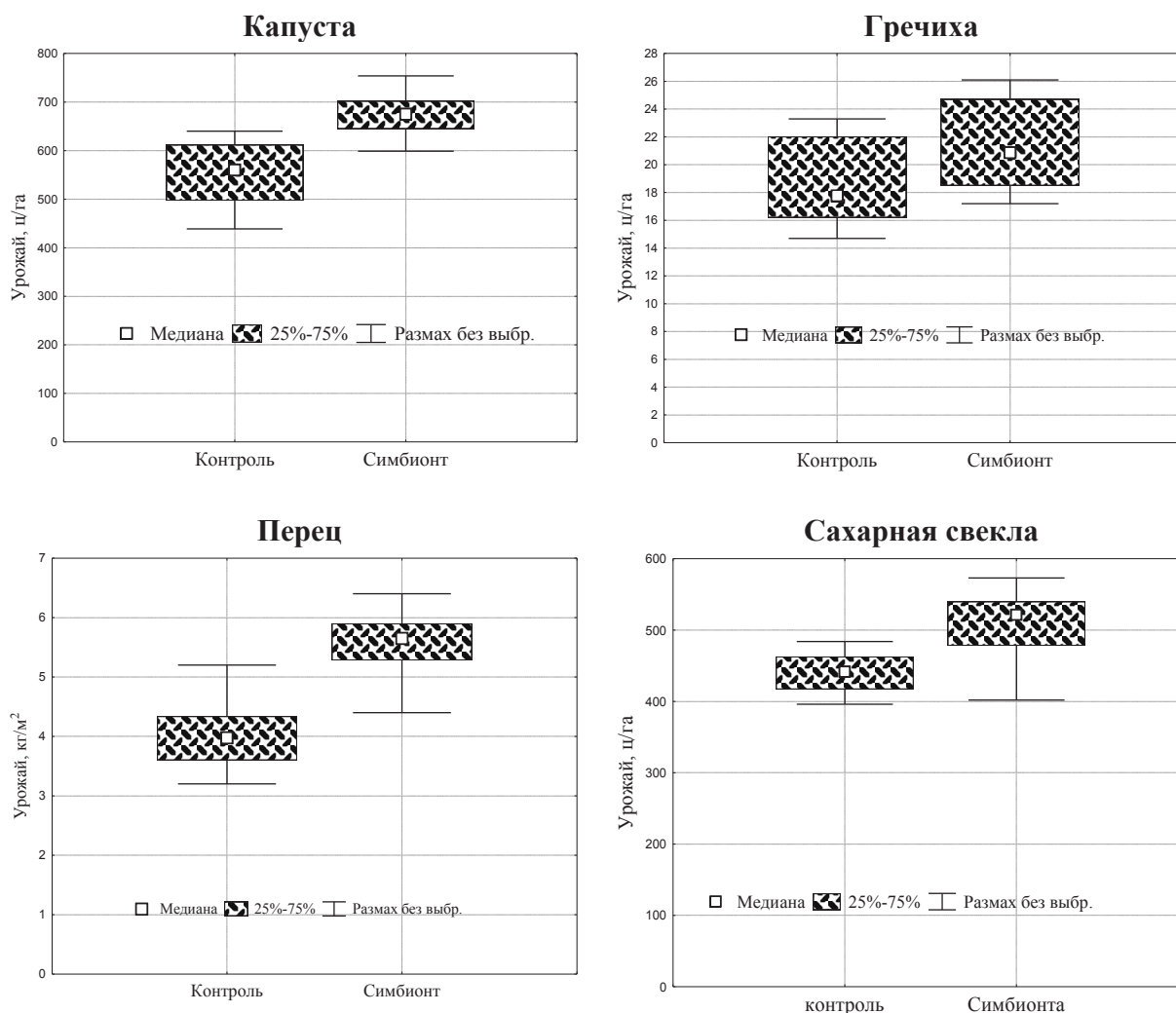


Рис. 2. Статистики урожая капусты, гречихи, перца и сахарной свеклы в контрольных вариантах и обработанные препаратом Симбионта

### 3. Влияние Симбионта на урожай плодов перца

Вариант	Количество плодов в среднем на 1 растении, шт.	Масса 1 плода, г	Урожай плодов, кг/м <sup>2</sup>	% к контролю
Контроль	3,7	37,1	2,48	-
Обработка семян	3,8	43,4	2,79	112,5
Симбионт, обработка семян и растений	3,7	47,8	3,25	131
НСР <sub>05</sub>			0,22	

Во ВНИИ ЗБК Орловской области были заложены полевые опыты с целью определения влияния регулятора роста Симбионта на урожайность гречихи сорта Баллада. Размер учетных делянок 50 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная.

Схема опыта 1: 1. Контроль (без обработки); 2. Симбионта. Обработка семян. Расход препарата 1 мл/т, расход рабочего раствора 10 л/т.

Для определения оптимальных доз Симбионта при обработке гречихи были заложены опыты по расширенной схеме. Схема опыта 2: 1. Контроль; 2. Симбионта. Обработка семян. Расход препарата 1 мг/т, расход рабочего раствора 10 л/т; 3. Симбион-

та. Обработка семян. Расход препарата 1,5 мл/т, расход рабочего раствора 10 л/т; 4. Симбионта. Обработка семян. Расход препарата 2 мл/т, расход рабочего раствора 10 л/т. Размер учетных делянок 50 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная. Гречиху высевал широкорядным способом, при норме высева 2,0 млн/га. Репродукция суперэлита. Агротехника возделывания соответствовала технологии, применяемой в условиях юга Нечерноземной области. Семена обрабатывали за сутки до посева.

Урожайность зерна гречихи в контроле составила 17,9 ц/га (нижний и верхний квартили 16-22 ц/га), при обработке семян Симбионтой – в среднем

## 4. Влияние препарата Симбионта на всхожесть семян и урожайность гречихи (опыт 2)

Вариант	Всхожесть, %		Густота стебле- стоя семян, %	Норма расхода	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности	
	лабораторная	полевая				ц/га	%
Контроль	70	60	211	-	23,3	-	-
Симбионт, 1 мл/т	82	68	239	1 мл/т	25,5	2,2	9,4
Симбионт, 1,5 мл/т	78	65	227	1,5 мл/т	24,3	1,0	4,3
Симбионт, 2 мл/т	70	67	236	2,0 мл/т	24,6	1,3	5,6
НСР <sub>05</sub>						1,32	

21 ц/га (квартили 18,1-24,2 ц/га). Прибавка урожайности составила 9-9-12% (рис. 2).

Данные из опыта 2, представленные в таблице 4, показывают, что в вариантах, где семена гречихи обрабатывали из расчета 1,5 и 2,0 мл/т, отмечается некоторое снижение посевных качеств семян по отношению к дозе 1,0 мл/т. Самая высокая урожайность (25,5 ц/га) была получена при обработке семян гречихи Симбионтой с нормой расхода 1,0 мл/т. Прибавка урожайности составила 9,4%, или 2,2 ц/га. При использовании препарата в дозах 1,5 и 2,0 мл/т наблюдалась недостоверная прибавка урожайности.

Двухлетнее испытание регулятора роста Симбионта на гречихе сорта Баллада показало следующие результаты: урожайность зерна гречихи возросла на 9-12% и составила в среднем 21 ц/га, урожайность в контроле – 17,9 ц/га. Установлена наиболее эффективная доза обработки семян гречихи – 1 мл/т при норме расхода рабочего раствора 10 л/т.

Испытания препарата Симбионта на развитие и урожайность корнеплодов сахарной свеклы сорта РМС-46 проводили на опытных участках ВНИИСС Воронежской области. Площадь опытной делянки 50 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная.

Обработка почвы состояла из ярусной вспашки, двукратного лущения, глубина вспашки 28-30 см. Норма высева семян 10 клубочков на погонный метр. Ширина междурядий 45 см. Семена фракции

4,5-5,5 мм обрабатывали по схеме: 1. Контроль (без обработки); 2. Симбионта. Опрыскивание вегетирующих посевов в фазе 2-3 пар настоящих листьев. Расход препарата 40 мл/га. Расход рабочего раствора 300 л/га. В фазе 2-23 пар настоящих листьев проводили однократную авиационную обработку сахарной свеклы 0,004% раствором регулятора роста Симбионта (40 мг/га).

Обработка вегетирующих растений сахарной свеклы в фазе образования 2-3 пар настоящих листьев способствовала получению достоверной прибавки урожая (рис. 2). Она возросла на 12-23% и составила в среднем 520-540 ц/га при урожае в контроле 420-460 ц/га. В предыдущих исследованиях [9] сахаристость корнеплодов повысилась на 0,5-0,8%, а сбор сахара на 5,9 ц/га.

*Таким образом, установлено, что предпосевная обработка семян и вегетирующих растений регулятором роста Симбионта повышает урожай капусты, гречихи, перца и огурцов в среднем на 11-33%. Препарат начинает оказывать воздействие через 2-3 часа после применения, стимулирует ростовые процессы в течение всего периода вегетации растений, что в итоге приводит к повышению урожая. Применяется препарат в микроколичествах, поэтому уровни его содержания в воде, почве и растениях ничтожно малы. Соблюдать интервал времени между последней обработкой (опрыскиванием) и началом сбора урожая (срок ожидания) не требуется.*

## Литература

1. Никелл Л.Дж. Регуляторы роста и развития растений. – М.: Колос, 1984. – 191 с.
2. Мельников Н.Н., Новожилов К.В., Балан С.Р. Пестициды и регуляторы роста растений. – М.: Химия, 1995. – 576 с.
3. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений. – Киев: Институт биоорганической химии, 2003. – 319 с.
4. Безуглова О.С. Удобрения и стимуляторы роста. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1999. – 256 с.
5. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Биостимуляторы в агротехнологиях: проблему, решения, перспективы // Агротехнический вестник, 2016, № 1. – С. 15-21.
6. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами – основа жизни растений. – М.: МСХА, 1990. – 133 с.
7. Вакуленко В.В., Гашников Э.Г., Янина М.М. результаты испытаний эмистима на капусте белокочанной, картофеле, яблоне зимних сортов, рисе и сахарной свекле // Аграрная Россия, 1999, № 1(2). – С. 27-35.
8. Высоцкий В.А., Карпова О.В., Янин М.М. Использование препаратов эмистим и экост 1/3 в технологиях микроразмножения ежевики // Аграрная Россия, 1999, № 1(2). – С. 44-46.
9. Гусейнов Л.М., Бондарев Ю.П., Поник Н.В., Щербакова В.С. Сообщество микроорганизмов для получения регулятора роста растений, способ получения регулятора и регулятор роста растений. Патент на изобретение № 2161884.2001. Москва, 2001.
10. Бондарев Ю.П., Кузьменкова В.С., Присяжная А.А. Регулятор роста «Симбионт»: возможности и способы использования. – М.: НИА-Природа, 2004. – 32 с.

## К 175-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

С.П. Торшин, д.б.н.

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, e-mail: sptorshin@rambler.ru

*Статья посвящена основателю отечественной физиологии растений профессору Клименту Аркадьевичу Тимирязеву. Показано становление выдающегося русского ученого как исследователя и педагога. Описан вклад К.А. Тимирязева в развитие агрохимии через ботанику и физиологию питания растений. Именно поэтому в названии сельскохозяйственной академии в Москве увековечено с 1923 г. имя К.А. Тимирязева. Статья написана в связи со 175-летним юбилеем ученого.*

**Ключевые слова:** ученый, наука, практика, 175 лет со дня рождения.

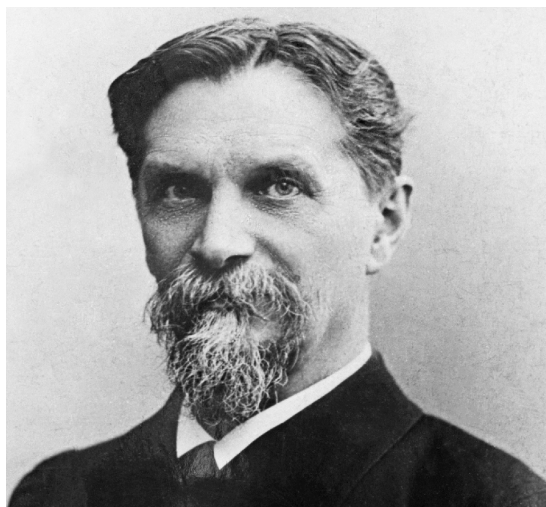
### TO 175<sup>TH</sup> ANNIVERSARY OF K.A. TIMIRYAZEV

Dr.Sci. S.P. Torshin

Russian Timiryazev State Agrarian University, e-mail: sptorshin@rambler.ru

*Article is devoted the founder of plant physiology to professor Kliment Arkadyevich Timiryazev. Formation of outstanding Russian scientific as researcher and the teacher is shown. K.A. Timiryazev's contribution to development of agrochemistry and agriculture of our country is described. Article is written in connection with 175-year-old anniversary to K.A. Timiryazev.*

**Keywords:** scientist, science, practice, 175<sup>th</sup> anniversary.



Климент Аркадьевич Тимирязев родился в самом начале лета 1843 г., 4 июня (22 мая по старому стилю) в Петербурге в прогрессивно настроенной дворянской семье. Его отец Аркадий Семенович занимал высокое служебное положение в таможенном ведомстве, он учил сына безграничной любви к истине и воспитывал свободомыслие. Мать Аделаида Климентьевна родом англичанка, обучала молодого Тимирязева английскому и французскому языкам, которыми он свободно владел. Природные явления и естествознание занимали Тимирязева с раннего

детства, интерес же к химии привил ему брат Дмитрий, по свидетельству самого Тимирязева – его первый учитель естествознания, который имел у себя в комнате небольшую химическую лабораторию. Эту привязанность к биологии и химии Тимирязев пронес через всю жизнь.

В 1861 г. К.А. Тимирязев поступает в Петербургский университет на камеральный факультет и очень скоро переходит на естественное отделение физико-математического факультета. Через год за отказ подписать документ, ущемляющий права студентов, Тимирязев был исключен из университета, куда вновь поступил в 1862 г. вольнослушателем. В университете укрепляется увлечение Тимирязева химией: он слушал лекции Д.И. Менделеева, Н.Н. Соколова, А.Н. Энгельгардта и др. Ботанике и физиологии растений Тимирязев учился у А.Н. Бекетова и А.С. Фаминцына. По окончании университета в 1866 г. Тимирязеву была присвоена ученая степень.

С 1868 по 1870 г. Тимирязева командировали за границу для подготовки к профессорской деятельности. Он обучался в лабораториях крупнейших ученых: Р.В. Бунзена и Г.Р. Кирхгофа в Германии; П.Э.М. Бертло и Ж.-Б. Буссенго во Франции. Из названных ученых Буссенго оказал наибольшее влияние на формирование агрохимических взглядов Тимирязева. Горный инженер и химик Буссенго своей деятельностью оставил большое агрохимическое наследие: организация агрохимической опытной станции в эльзасском имении Бехельброн в 1833 г.; (приоритет первенства, по свидетельству самого Тимирязева, оспаривается Ротамстед-

ской опытной станцией [1]); азотная теория питания растений; попытка расчета баланса химических элементов в системе «почва – растение» и пр. От Буссенго Тимирязев перенял и постоянно использовал тезис: в науке метод – самое важное. Несомненная заслуга Буссенго (и это оказалось очень важным для Тимирязева) – создание физиологического направления в агрохимии.

По возвращении из командировки Тимирязев работает преподавателем, а с 1871 г. – профессором кафедры ботаники в Петровской земледельческой и лесной академии. С этого времени с Петровской академией Тимирязев уже не расставался на протяжении всей своей жизни. Он не порывал связи с ней даже после того, как был оставлен за штатом «Петровки» в 1892 г. как неблагонадежный профессор.

Вряд ли можно найти ученого, сделавшего больший, чем К.А. Тимирязев, вклад в развитие физиологии растений применительно к теории и практике агрономии в период, когда он трудился в стенах Петровской земледельческой и лесной академии. Подчеркнем: земледельческой, т.к. на развитие земледелия научного через ботанику, физиологию растений и агрохимию были направлены усилия Тимирязева. Именно поэтому увековечивание его имени в названии сельскохозяйственной академии не случайно (с 1923 г. и по настоящее время академия носит имя К.А. Тимирязева).

С первых лет работы в Петровской академии Тимирязев создает материальную базу для проведения вегетационных опытов, которые сыграли большую роль как в его научно-исследовательской работе по агрохимии, так и в пропаганде применения удобрений. Преемник своего учителя Ж.-Б. Буссенго К.А. Тимирязев в 1872 г. совместно с И.А. Стебутом организовал вегетационный домик, где они проводили опыты по определению потребности растений в питании. Вегетационный домик в Петровско-Разумовском, который служит прототипом теплиц, – первый, но не единственный шаг Тимирязева на пути к совершенствованию опытов с удобрениями. Другая тепличка была построена под его руководством в Московском университете в 1890 г., а в 1896 г. Тимирязев устраивает широкую демонстрацию опытов по питанию растений на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде. После выставки вегетационный домик Тимирязева был перевезен в Москву и установлен на территории Петровской академии. Преемник и ученик К.А. Тимирязева, основоположник отечественной агрохимической науки Д.Н. Прянишников провел в этом домике не одну серию агрохимических экспериментов, данные которых оказались настолько ценными, что были изданы отдельными книгами под названием «Из результатов вегетационных опытов» и представляли целую энциклопедию новейших для того времени исследований по физиологии питания растений. Всего таких сборни-

ков было напечатано 16, последний вышел в 1935 г. И в наши дни вегетационный домик служит научным полигоном для студентов, аспирантов и преподавателей академии.

Наиболее ярко выражено отношение Тимирязева к агрономической химии в его книге «Земледелие и физиология растений» [2]. Книга представляет собой сборник избранных лекций, речей и переводов периода конца XIX – начала XX вв. и посвящена учителю Тимирязева агрохимику Ж.-Б. Буссенго. В понимании Тимирязева наука «агрохимия» была немислима в изоляции от смежных отраслей естествознания. Он постоянно указывал на неразрывную связь агрономической химии с физиологией растений и земледелием. Родственность агрохимии и физиологии растений очевидна: вторую К.А. Тимирязев считал дочерью первой [3]; именно эти две дисциплины определили прогресс земледелия в XIX в. Успехи агрономической химии, появление новых методов расширяют область науки, но только проверка непосредственно на растении сообщает полную достоверность ее объяснениям и выводам. «Земледелие стало тем, что оно есть, только благодаря агрономической химии и физиологии растений; это очевидно а priori (вперед, само собою) и доказывается самой историей» [4]. Символично то, что Тимирязев не обошел вниманием проблему агрохимии азота в земледелии. В книге «Земледелие и физиология растений» [2] роли этого элемента отведена целая глава под названием «Источники азота для растений». В вопросах агрохимии азота Тимирязева привлекала, прежде всего, азотфиксация. Правильно оценив это явление, он ратует за рациональное его использование: выступает с пропагандой клеверосеяния, как надежного средства улучшения азотного баланса в земледелии. В 1886 г. появилась работа Гельригеля о симбиозе бобовых с бактериями, вскрывшая причину обогащения почвы (и навоза) азотом при культуре клевера и люцерны (что констатировал еще Буссенго), – и Тимирязев тотчас организует работу по этому вопросу в России (опыты П.С. Коссовича в теплице на опытном поле в 1888-1891 гг.).

Со свойственным ему энтузиазмом Тимирязев приветствовал развитие азотной промышленности. По возвращении из Дрездена с заседания Бунзеневского общества (1906 г.) он пишет статью «Новая победа науки над природой», в которой открытие Нернстом метода химического связывания азота, доложенное на заседании, называет едва ли не важнейшим завоеванием научной техники за последние годы, «... все благодетельное значение которого для будущности всего человечества едва ли еще можно вполне оценить» [5]. Подчеркивая значение открытия для сельского хозяйства, Тимирязев пишет: «Генрих IV мог когда-то сказать: «Селитра (понимай, порох) ограждает государства, защищает

троны», то современный человек с большим правом может сказать: «...селитра возвышает благосостояние, народов, увеличивает производительность тяжелого труда земледельца» [5].

Тимирязев, пожалуй, первым в России начал исследовать физиологическую и биохимическую роль микроэлементов в жизни растений. Об этом свидетельствуют результаты его опытов по изучению влияния железа, никеля, марганца, кобальта и цинка на превращение филоксантина в хлорофиллин, приведенных в фундаментальной книге «Солнце, жизнь, хлорофилл» [6]. Впоследствии эти и подобные исследования дали начало агрохимии микроэлементов.

Вопросы агрохимии постоянно затрагивались К.А. Тимирязевым в курсе лекций под общим названием «Физиология растений и ее отношение к земледелию», которые были прочитаны с 16 января по 26 марта 1895 г. в Политехническом музее. Цель лекций – сделать труд крестьянина более плодотворным, – «сделать так, чтобы земля, которая родила ему одно зерно, стала родить два». Придавая большое значение применению удобрений в повышении урожаев, К.А. Тимирязев широко пропагандировал зарубежный опыт. Он перевел на русский язык курс лекций немецкого агрохимика П. Вагнера «Основы разумного удобрения» [7], где в простой форме излагается значение удобрений для различных растений. К переводу приложены фотографии вегетационных опытов с удобрениями, наглядно показывающие большое значение удобрений для получения высокого урожая и особенности в питании азотом бобовых и небобовых растений. Агрохимической тематики касается Тимирязев и в других переводах, например, книги А. Гарвуда «Обновленная земля. Сказание о победах современного земледелия в Америке».

Как и большинство выдающихся ученых, К.А. Тимирязев мог по праву гордиться огромной армией своих учеников. Среди них – гордость всемирной науки – академик Дмитрий Николаевич Прянишников – основатель отечественной агрохимической школы. Под руководством К.А. Тимирязева развивалось научное и педагогическое мастерство тонкого экспериментатора-агрохимика П.С. Коссо-

вича. Лекции и речи Тимирязева повлияли на становление большого знатока опытного дела профессора А.Г. Дояренко, впоследствии основавшего новое направление исследований – агрофизику. В ряду учеников Тимирязева (хотя и не непосредственных) – выдающийся физиолог, автор классических работ по минеральному питанию растений Д.А. Сабинин, ученые В.Л. Комаров, С.А. Новиков, Е.Ф. Вотчал и многие другие.

Постоянный интерес К.А. Тимирязева к вопросам агрономической химии, возможно, объясняется событием, произошедшим в самом начале его творческого пути. С 1 апреля по 1 сентября 1867 г. он принимал участие в сельскохозяйственных опытах с минеральными удобрениями, предпринятых Вольным экономическим обществом. Опыты проводились Тимирязевым по поручению Д.И. Менделеева в Симбирской губернии. Благодаря этому мероприятию, он стал агрономом еще до прихода в Петровскую академию. Это была первая сеть русских опытных полей, менделеевская сеть, которая имела историческое значение. В предисловии к сборнику, посвященному памяти А.И. Чупрова «Опыты с минеральными удобрениями на крестьянских землях», Тимирязев вспоминает о своей первой агрономической работе. «Сорок лет тому назад по предложению и плану Д.И. Менделеева Вольным экономическим обществом была организована система опытных полей – несомненно, первая, когда-либо осуществленная в России. Таких полей одновременно было устроено четыре (в Петербургской, Московской, Смоленской и Симбирской губ.). Наблюдателями в последних двух были мой добрый друг товарищ Г.Г. Густавсон и я, и это участие, несомненно, имело влияние на нашу преподавательскую деятельность, когда судьба снова свела нас в Петровской академии» [8].

Академик И.П. Павлов ярко и совершенно правильно назвал Тимирязева по случаю его 70-летия «источником света для многих поколений» (цит. по [9]). История естествознания и, в частности агрохимии, подтвердила правоту этого высказывания – среди этих поколений немало агрохимиков.

### Литература

1. Тимирязев К.А. Полвека опытных станций. Сочинения. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937, Т. 3. – С. 234-259.
2. Тимирязев К.А. Земледелие и физиология растений. Сочинения. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937, Т. 3. – С. 15-368.
3. Тимирязев К.А. Очерки и статьи по истории науки. Сочинения. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937, Т. 8. С. – 13-260.
4. Тимирязев К.А. Физиология растений как основа рационального земледелия. Сочинения. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937, Т. 4. – С. 48-88.
5. Тимирязев К.А. Новая победа науки над природой. Сочинения. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937, Т. 3. – С. 363-368.
6. Тимирязев К.А. Солнце, жизнь, хлорофилл. Сочинения. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937, Т. 2. – С. 9-268.
7. Тимирязев К.А., Вагнер П. Основы разумного удобрения. Сочинения. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937, Т. 3. – С. 89-122.
8. Соколов А.В. К.А. Тимирязев – исследователь и агроном // Химизация социалистического земледелия, 1940, № 4. – С. 21-27.
9. Петербургский А.В. Общественно-политическая деятельность К.А. Тимирязева // Доклады ТСХА, 1946, Вып. 6. – С. 51-64.

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ПРОГНОЗА СОДЕРЖАНИЯ СЫРОЙ КЛЕЙКОВИНЫ В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ

<sup>1</sup>А.В. Пасынков, д.б.н., <sup>2</sup>Е.Н. Пасынкова, д.б.н.

<sup>1</sup>Агрофизический научно-исследовательский институт, e-mail: pasynkova.elena@gmail.com

<sup>2</sup>Ленинградский НИИСХ «Белогорка», e-mail: pasynkova.elena@gmail.com

Обсуждаются возможность и особенности использования уравнений регрессии, отражающих зависимость содержания сырой клейковины от содержания белка ( $N_{\text{общ.}} \times 5,7$ ) и массы 1000 зерен для прогноза содержания клейковины в зерне пшеницы. Представлен алгоритм и результаты проверки прогностических возможностей уравнений по независимым данным. Для более точного ориентировочного определения (прогноза) содержания сырой клейковины в зерне пшеницы следует использовать уравнение, у которого зависимость ее содержания ( $Y$ , %) от содержания белка ( $B$ , %) и массы 1000 зерен ( $M$ , г) характеризуется нелинейными связями:  $Y = -41,928 + 0,081B^2 + 2,548M - 0,028M^2$ . В разработанном уравнении все переменные (содержание белка, сырой клейковины и масса 1000 зерен) приведены на 12% влажность. В тех случаях, когда содержание белка и (или) масса 1000 зерен рассчитаны на абсолютно сухое вещество, проводится их перерасчет с использованием коэффициента 0,88.

**Ключевые слова:** пшеница, сырая клейковина, множественный регрессионный анализ, прогноз содержания клейковины.

## PARTICULARS OF THE USE OF MULTIPLE REGRESSION EQUATIONS FOR FORECAST OF WET GLUTEN CONTENT IN WHEAT GRAIN

<sup>1</sup>Dr.Sci. A.V. Pasynkov, <sup>2</sup>Dr.Sci. E.N. Pasynkova

<sup>1</sup>Agrophysical Scientific-Research Institute, e-mail: pasynkova.elena@gmail.com

<sup>2</sup>Leningrad Scientific-Research Institute for Agriculture «Belogorka», e-mail: pasynkova.elena@gmail.com

Discusses the possibility and particulars the use of regression equations reflecting the dependence of the content of wet gluten of protein content ( $N_{\text{total}} \times 5,7$ ) and 1000-grain weight, to forecast its (wet gluten) content in wheat. The algorithm and validation results the predictive possibility of the equations on independent data. For a more precise definition of the indicative content (forecast) of wet gluten ( $Y$ , %) in wheat grain, you should use the equation from which the dependence of its content of protein content ( $PC$ , %) and 1000-grain weight ( $TGW$ , g) characterized by non-linear relationships:  $Y = -41,928 + 0,081PC^2 + 2,548TGW - 0,028TGW^2$ . In the equation, all variables (protein content, wet gluten content and 1000-grain weight) given at 12% moisture content. If the protein content and (or) 1000-grain weight and wet gluten calculated on the dry matter, they are recalculated using a factor of 0.88.

**Keywords:** wheat, wet gluten, multiple regression analysis, forecast of wet gluten content.

Содержание сырой клейковины – один из наиболее важных показателей качества зерна пшеницы (ГОСТ Р 52554-2006. «Пшеница. Технические условия»). Для определения содержания сырой клейковины наиболее распространен метод с использованием ручного или механического ее отмывания (ГОСТ Р 54478-2011. «Зерно. Метод определения количества и качества клейковины в пшенице»). Однако он довольно трудоемок и характеризуется сравнительно низкой производительностью, а обе

модификации метода – низкой воспроизводимостью [1]. Большую практическую значимость может иметь создание системы уравнений регрессии, позволяющих прогнозировать наиболее важные показатели качества зерна (в частности, содержание сырой клейковины) на основе зависимостей изменений отдельных (наиболее простых и экспрессных в определении) качественных признаков, которые, в свою очередь, должны быть тесно связаны с условиями выращивания [2]. Для пшеницы такими признаками

могут стать: содержание сырого белка, регламентируемое государственным стандартом (ГОСТ Р 52554-2006), определяющим пригодность зерна пшеницы для хлебопечения, и масса 1000 зерен [3].

**Цель настоящего исследования** – сравнительная оценка разработанных уравнений множественной нелинейной регрессии, отражающих зависимость содержания сырой клейковины в зерне пшеницы от содержания сырого белка и массы 1000 зерен.

**Объекты и методы исследования.** Для разработки уравнений регрессии были использованы экспериментальные данные, полученные при проведении полевых опытов в лаборатории агрохимии Зонального НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого (г. Киров) и Фаленской государственной селекционной станции (п. Фаленки, Кировской обл.). Подготовка зерна скороспелого сорта яровой пшеницы Иргина (селекция НПО «Среднеуральское») к анализу состояла в сушке на мягких семенных режимах; по окончании сушки – охлаждению до температуры окружающего воздуха и последующей очистке на стандартных решетках с продолговатыми отверстиями размером 1,7 x 20 мм (ГОСТ 30483-97 «Методы определения ... содержания мелких зерен ...»). Содержание сырого белка определено в соответствии с ГОСТ 10846-91; сырой клейковины – ГОСТ 13586.1-68; масса 1000 зерен – ГОСТ 10842-89. Для выявления зависимостей содержания сырой клейковины в зерне пшеницы (зависимая переменная – Y) от содержания сырого белка и массы 1000 зерен (независимые переменные – X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub> соответственно) был использован множественный регрессионный анализ. Более подробно условия и методика проведения исследований, а также некоторые их результаты опубликованы ранее [3].

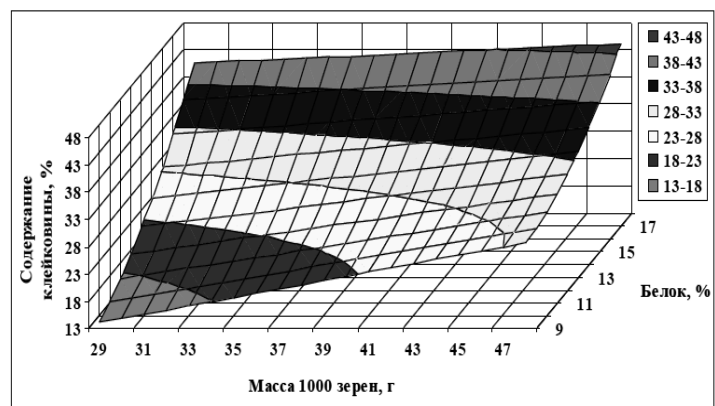
**Результаты исследований.** После статистической обработки по всему массиву полученных экспериментальных данных рассчитаны уравнения множественной нелинейной регрессии [3], отражающие зависимость содержания сырой клейковины в зерне пшеницы (Y, %) от двух независимых переменных: содержания сырого белка (X<sub>1</sub> = N<sub>общ.</sub> x 5,7) и массы 1000 (X<sub>2</sub>, г) зерен (табл. 1). Анализ уравнений регрессии и их графических изображений показал, что зависимость содержания сырой клейковины в зерне от содержания сырого белка в обоих уравнениях носит нелинейный характер: каждое последующее возрастание белка (на единицу) приводит к большему увеличению по сравнению с предыдущим (+X<sub>1</sub><sup>2</sup>).

У первого уравнения зависимость содержания клейковины от массы зерновки характеризуется линейной связью (+X<sub>2</sub>). В то же время одновременное возрастание содержания белка и массы зерновки снижает темпы роста содержания клейковины (- X<sub>1</sub> x X<sub>2</sub>) в зерне (рис. 1).

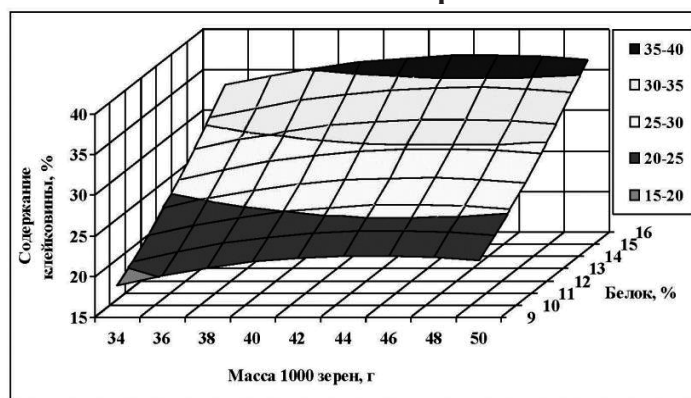
У второго уравнения независимо от содержания сырого белка с возрастанием массы 1000 зерен содержание сырой клейковины повышается, однако каждое последующее увеличение массы 1000 зерен (на единицу) приводит к замедлению темпов роста накопления клейковины (+X<sub>2</sub> – X<sub>2</sub><sup>2</sup>) в зерне. В пределах, когда масса 1000 зерен достигает 45,5 г (точка экстремума), наблюдается стабилизация, а дальнейшее повышение массы 1000 зерен снижает содержание сырой клейковины в зерне пшеницы (рис. 2).

**1. Зависимости содержания сырой клейковины (Y, %) в зерне пшеницы от содержания сырого белка (X<sub>1</sub>, %) и массы 1000 зерен (X<sub>2</sub>, г)**

Уравнение регрессии
Содержание сырого белка в зерне 9,0-19,3% (при влажности зерна 12%)
$Y (I) = -22,987 + 0,180X_1^2 + 1,369X_2 - 0,066X_1 \times X_2$ (рис. 1)
Содержание сырого белка в зерне < 16%
$Y (II) = -41,928 + 0,081X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$ (рис. 2)



**Рис. 1. Зависимость содержания сырой клейковины в зерне от содержания белка и массы 1000 зерен**



**Рис. 2. Зависимость содержания сырой клейковины в зерне от содержания белка и массы 1000 зерен**

Для практического использования уравнений множественной регрессии разработан алгоритм проверки их прогностических возможностей с использованием независимых выборок (т.е., используя данные, полученные другими авторами в исследованиях с иными сортами озимой и яровой пшеницы, и в иных, временных и почвенно-климатических условиях). Подставляя полученные экспериментальным путем данные по содержанию белка и массе 1000 зерен в разработанные уравнения и используя простые математические действия, рассчитывается ориентировочное содержание сырой клейковины (табл. 2-4) в зерне пшеницы без прямого ее определения [4]. При этом следует учитывать, что в представленных уравнениях (табл. 1) содержание сырого белка и клейковины и масса 1000 зерен приведены на 12% влажность. Если содержание сырого белка (ГОСТ 10846-91) и (или) масса 1000 зерен (ГОСТ 10842-89) рассчитаны на

абсолютно сухое вещество, то проводится их перерасчет с использованием коэффициента 0,88. Максимально быстро и с высокой точностью провести расчеты и проверку прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы можно, используя программу Excel. Критерий оценки точности уравнений регрессии – регламент ГОСТ Р 54478-2011: Оба результата признают приемлемыми, если критическая разность ... результатов определений по количеству клейковины не превышает 2% в абсолютном выражении.

Критериями сравнительной оценки точности разработанных уравнений множественной регрессии между собой приняты следующие показатели:

- сумма квадратов отклонений экспериментальных величин содержания сырой клейковины ( $Y_{\text{э}}$ ) в зерне пшеницы от теоретических ( $Y_{\text{т}}$ ) (прогнозных или рассчитанных по соответствующему уравнению регрессии) или  $\sum(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$ ;

## 2. Проверка прогностических возможностей уравнений

Уравнение (I) (см. табл. 1)						Уравнение (II)					
Данные по: $X_1$ , $X_2$ и $Y_{\text{э}}$ из работы [5]; $n = 8$ . Сорт Оратка (Польша)											
$X_1$	$X_2$	$Y_{\text{т}}$	$Y_{\text{э}}$	$Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}}$	$(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$	$X_1$	$X_2$	$Y_{\text{т}}$	$Y_{\text{э}}$	$Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}}$	$(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$
12,9	41,9	28,7	29,6	0,9	0,81	12,9	41,9	29,2	29,6	0,4	0,16
13,0	39,2	27,5	29,9	2,4	5,76	13,0	39,2	28,6	29,9	1,3	1,69
12,8	40,1	27,5	28,8	1,3	1,69	12,8	40,1	28,5	28,8	0,3	0,09
13,0	38,3	27,0	29,6	2,6	6,76	13,0	38,3	28,3	29,6	1,3	1,69
13,7	43,0	30,8	32,5	1,7	2,89	13,7	43,0	31,1	32,5	1,4	1,96
13,8	41,8	30,4	32,8	2,4	5,76	13,8	41,8	31,1	32,8	1,7	2,89
13,8	42,1	30,6	33,1	2,5	6,25	13,8	42,1	31,1	33,1	2,0	4,00
13,9	40,1	29,9	32,8	2,9	8,41	13,9	40,1	30,9	32,8	1,9	3,61
ЧЗ	5	ОП	37,5	$\sum$	38,33	ЧЗ	-	ОП	100	$\sum$	16,09
Данные по: $X_1$ , $X_2$ и $Y_{\text{э}}$ из работы [6]; $n = 6$ . Сорт Самсар (Россия)											
12,1	33,6	22,5	27,3	4,8	23,04	12,1	33,6	23,9	27,3	3,4	11,56
14,1	35,8	28,5	29,8	1,3	1,69	14,1	35,8	29,5	29,8	0,3	0,09
13,9	35,5	27,8	29,5	1,7	2,89	13,9	35,5	28,9	29,5	0,6	0,36
13,6	36,1	27,3	28,8	1,5	2,25	13,6	36,1	28,5	28,8	0,3	0,09
15,1	37,2	31,9	31,1	-0,8	0,64	15,1	37,2	32,6	31,1	-1,5	2,25
14,8	36,9	30,9	32,0	1,1	1,21	14,8	36,9	31,7	32,0	0,3	0,09
ЧЗ	1	ОП	83,3	$\sum$	31,72	ЧЗ	1	ОП	83,3	$\sum$	14,44
Данные по: $X_1$ , $X_2$ и $Y_{\text{э}}$ из работы [7]; $n = 10$ . Сорт Rusa (Польша)											
13,13	28,5	22,4	26,0	3,6	12,96	13,13	28,5	21,9	26,0	4,1	16,81
12,62	39,9	27,1	27,3	0,2	0,04	12,62	39,9	28,1	27,3	-0,8	0,64
15,45	36,5	32,7	33,3	0,6	0,36	15,45	36,5	33,1	33,3	0,2	0,04
12,87	35,6	25,3	26,9	1,6	2,56	12,87	35,6	26,7	26,9	0,2	0,04
13,90	34,7	27,5	28,9	1,4	1,96	13,90	34,7	28,4	28,9	0,5	0,25
14,43	34,7	29,0	30,8	1,8	3,24	14,43	34,7	29,6	30,8	1,2	1,44
13,61	35,9	27,3	28,9	1,6	2,56	13,61	35,9	28,5	28,9	0,4	0,16
13,90	34,3	27,3	28,5	1,2	1,44	13,90	34,3	28,2	28,5	0,3	0,09
13,70	35,6	27,3	29,0	1,7	2,89	13,70	35,6	28,5	29,0	0,5	0,25
13,72	34,2	26,7	29,0	2,3	5,29	13,72	34,2	27,7	29,0	1,3	1,69
ЧЗ	2	ОП	80,0	$\sum$	33,30	ЧЗ	1	ОП	90,0	$\sum$	21,41

где  $n$  – общее число наблюдений;  $X_1$  – содержание сырого белка в зерне, %;  $X_2$  – масса 1000 зерен, г;  $Y_{\text{т}}$  – содержание клейковины в зерне теоретическое, %;  $Y_{\text{э}}$  – содержание клейковины в зерне экспериментальное, %;  $Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}}$  – отклонения экспериментальных величин от теоретических, ±;  $(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$  – квадрат отклонений; ЧЗ – число значений, выходящих за пределы ±2%; ОП – оправдываемость прогноза, %;  $\sum$  – сумма квадратов отклонений экспериментальных величин от теоретических или  $\sum(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$ ; 2,1 – выделенные значения выходят за пределы ±2% (тоже в табл. 3 и 4).

- оправдываемость прогноза – отношение количества значений, когда отклонения экспериментальных величин содержания сырой клейковины в зерне пшеницы от теоретических ( $Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}}$ ) не превышают регламентируемое ГОСТ Р 54478-2011 отклонение ( $\pm 2\%$ ) к общему числу наблюдений ( $n$ ), выраженное в %;

Возможность ориентировочного определения (прогноза) содержания сырой клейковины, включая данные, представленные в таблицах 2-4, проверена по независимым выборкам. Обобщение данных 118 литературных источников отечественных и зарубежных авторов с общим числом наблюдений  $n = 2476$  на более чем 100 сортах, выращенных с 1959 по 2016 гг. в различных почвенно-климатических зонах России и за рубежом при модификационных и генотипических различиях, показало, что число значений, выходящих за пределы, регламентируемые ГОСТ Р 54478-2011 ( $\pm 2\%$ ), у первого уравнения регрессии составило 664 или 26,8%, у второго – 466 или 18,8% от общего числа наблюдений. Таким образом, оправдываемость прогноза у первого уравнения составила 73,2%, второго – 81,2% [4].

Сравнение точности уравнений и оправдываемости прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы показало, что в интервале экспериментальных величин массы 1000 зерен 32-44 г, независимо от содержания белка первое уравнение по сравнению со вторым дает в 70% случаев практически одинаковые суммы квадратов отклонений

экспериментальных значений от теоретических ( $\sum(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$ ) и оправдываемость прогноза, а в оставшихся 30% – большие суммы квадратов отклонений и более низкую оправдываемость прогноза содержания клейковины в зерне (табл. 2). Ввиду того, что объем публикации ограничен и не позволяет привести все случаи отклонений, в таблицах 2-4 приведены лишь по три типичных примера, обнаруженных при проверке прогностических возможностей разработанных уравнений регрессии.

В тех случаях, когда масса 1000 зерен снижается менее 32 г (табл. 3, рис. 3), а также превышает 44 г, то есть приближается или превышает точку экстремума (табл. 4; рис. 3), первое уравнение по сравнению со вторым показывает существенно меньшую или нулевую оправдываемость прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы, при этом значительно возрастают абсолютные величины ( $\pm$ ) отклонений ( $Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}}$ ) и, соответственно, сумма квадратов отклонений ее экспериментальных значений от теоретических ( $\sum(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$ ).

Для более точного определения ориентировочного содержания сырой клейковины в зерне пшеницы в тех случаях, когда масса 1000 зерен снижается менее 32 г, а также приближается или превышает 44 г следует использовать второе уравнение регрессии, у которого зависимости содержания сырой клейковины от обеих независимых переменных (содержания сырого белка и масса 1000 зерен), характеризуются нелинейными связями.

### 3. Проверка прогностических возможностей уравнений

Уравнение (I) (см. табл. 1)						Уравнение (II)					
Данные по: $X_1, X_2$ и $Y_{\text{э}}$ из работы [8]; $n = 4$ . Сорт Саратовская 29 (Россия)											
$X_1$	$X_2$	$Y_{\text{т}}$	$Y_{\text{э}}$	$Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}}$	$(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$	$X_1$	$X_2$	$Y_{\text{т}}$	$Y_{\text{э}}$	$Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}}$	$(Y_{\text{э}} - Y_{\text{т}})^2$
16,13	28,9	32,6	29,9	-2,7	7,29	16,13	28,9	29,4	29,9	0,5	0,25
15,76	29,8	31,5	29,4	-2,1	4,41	15,76	29,8	29,3	29,4	0,1	0,01
17,06	28,4	36,3	30,3	-6,0	36,00	17,06	28,4	31,4	30,3	-1,1	1,21
16,40	29,3	33,8	32,7	-1,1	1,21	16,40	29,3	30,5	32,7	2,2	4,84
ЧЗ	3	ОП	25,0	$\Sigma$	48,91	ЧЗ	1	ОП	75,0	$\Sigma$	6,31
Данные по: $X_1, X_2$ и $Y_{\text{э}}$ из работы [9]; $n = 10$ . Сорт Тулайковская 10 (Россия)											
16,36	28,0	33,3	28,0	-5,3	28,09	16,36	28,0	29,1	28,0	-1,1	1,21
16,41	28,3	33,6	29,0	-4,6	21,16	16,41	28,3	29,6	29,0	-0,6	0,36
15,62	27,2	30,1	28,0	-2,1	4,41	15,62	27,2	26,4	28,0	1,6	2,56
16,42	29,0	33,8	29,0	-4,8	23,04	16,42	29,0	30,3	29,0	-1,3	1,69
15,36	27,4	29,2	28,0	-1,2	1,44	15,36	27,4	26,0	28,0	2,0	4,00
16,39	28,2	33,5	29,0	-4,5	20,25	16,39	28,2	29,4	29,0	-0,4	0,16
16,59	29,1	34,5	31,0	-3,5	12,25	16,59	29,1	30,8	31,0	0,2	0,04
15,79	28,0	31,0	29,0	-2,0	4,00	15,79	28,0	27,7	29,0	1,3	1,69
16,59	29,2	34,6	30,0	-4,6	21,16	16,59	29,2	30,9	30,0	-0,9	0,81
15,39	28,2	29,6	29,0	-0,6	0,36	15,39	28,2	26,8	29,0	2,2	4,84
ЧЗ	7	ОП	30,0	$\Sigma$	136,16	ЧЗ	1	ОП	90,0	$\Sigma$	17,36
Данные по: $X_1, X_2$ и $Y_{\text{э}}$ из работы [10]; $n = 5$ . Сорт Жемчужина Поволжья (Россия)											
14,42	30,3	27,1	25,0	-2,1	4,41	14,42	30,3	26,4	25,0	-1,4	1,96
15,08	31,0	29,5	28,8	-0,7	0,49	15,08	31,0	28,6	28,8	0,2	0,04
14,36	31,1	27,2	28,0	0,8	0,64	14,36	31,1	26,9	28,0	1,1	1,21
14,52	30,3	27,4	25,6	-1,8	3,24	14,52	30,3	26,6	25,6	-1,0	1,00
14,61	32,3	28,5	28,4	-0,1	0,01	14,61	32,3	28,4	28,4	0,0	0,00
ЧЗ	1	ОП	80,0	$\Sigma$	8,79	ЧЗ	-	ОП	100,0	$\Sigma$	4,21

4. Проверка прогностических возможностей уравнений

Уравнение (I) (см. табл. 1)						Уравнение (II)					
Данные по: $X_1$ , $X_2$ и $Y_э$ из работы [11]; $n = 5$ . Сорта Divana и Koleda (Хорватия)											
$X_1$	$X_2$	$Y_T$	$Y_э$	$Y_э - Y_T$	$(Y_э - Y_T)^2$	$X_1$	$X_2$	$Y_T$	$Y_э$	$Y_э - Y_T$	$(Y_э - Y_T)^2$
17,72	46,86	42,9	40,5	-2,4	5,76	17,72	46,86	41,4	40,5	-0,9	0,81
16,69	48,23	40,1	37,6	-2,5	6,25	16,69	48,23	38,4	37,6	-0,8	0,64
15,38	48,84	36,9	34,5	-2,4	5,76	15,38	48,84	34,9	34,5	-0,4	0,16
14,01	47,76	33,6	33,0	-0,6	0,36	14,01	47,76	31,8	33,0	1,2	1,44
13,85	46,04	32,5	31,5	-1,0	1,00	13,85	46,04	31,6	31,5	-0,1	0,01
ЧЗ	3	ОП	40,0	$\Sigma$	19,13	ЧЗ	-	ОП	100	$\Sigma$	3,06
Данные по: $X_1$ , $X_2$ и $Y_э$ из работы [12]; $n = 5$ . Сорта Актур, Julius, Fidelius (Польша)											
10,0	48,11	29,1	23,5	-5,6	31,36	10,0	48,11	23,9	23,5	-0,4	0,16
12,0	49,41	31,4	26,3	-5,1	26,01	12,0	49,41	27,3	26,3	-1,0	1,00
11,4	49,48	30,9	25,6	-5,3	28,09	11,4	49,48	26,1	25,6	-0,5	0,25
11,5	49,84	31,2	26,2	-5,0	25,00	11,5	49,84	26,2	26,2	0,0	0,00
11,0	49,14	30,4	25,1	-5,3	28,09	11,0	49,14	25,5	25,1	-0,4	0,16
ЧЗ	5	ОП	0	$\Sigma$	138,55	ЧЗ	-	ОП	100	$\Sigma$	1,57
Данные по: $X_1$ , $X_2$ и $Y_э$ из работы [13]; $n = 5$ . Сорт Прогрес (Болгария)											
12,62	56,2	35,8	25,4	-10,4	108,16	12,62	56,2	25,7	25,4	-0,3	0,09
13,64	57,1	37,3	26,4	-10,9	118,81	13,64	57,1	27,3	26,4	-0,9	0,81
13,97	57,8	38,0	26,9	-11,1	123,21	13,97	57,8	27,6	26,9	-0,7	0,49
13,59	56,7	37,0	26,2	-10,8	116,64	13,59	56,7	27,5	26,2	-1,3	1,69
14,04	57,3	37,8	26,8	-11,0	121,00	14,04	57,3	28,1	26,8	-1,3	1,69
ЧЗ	5	ОП	-	$\Sigma$	587,82	ЧЗ	-	ОП	100	$\Sigma$	4,77

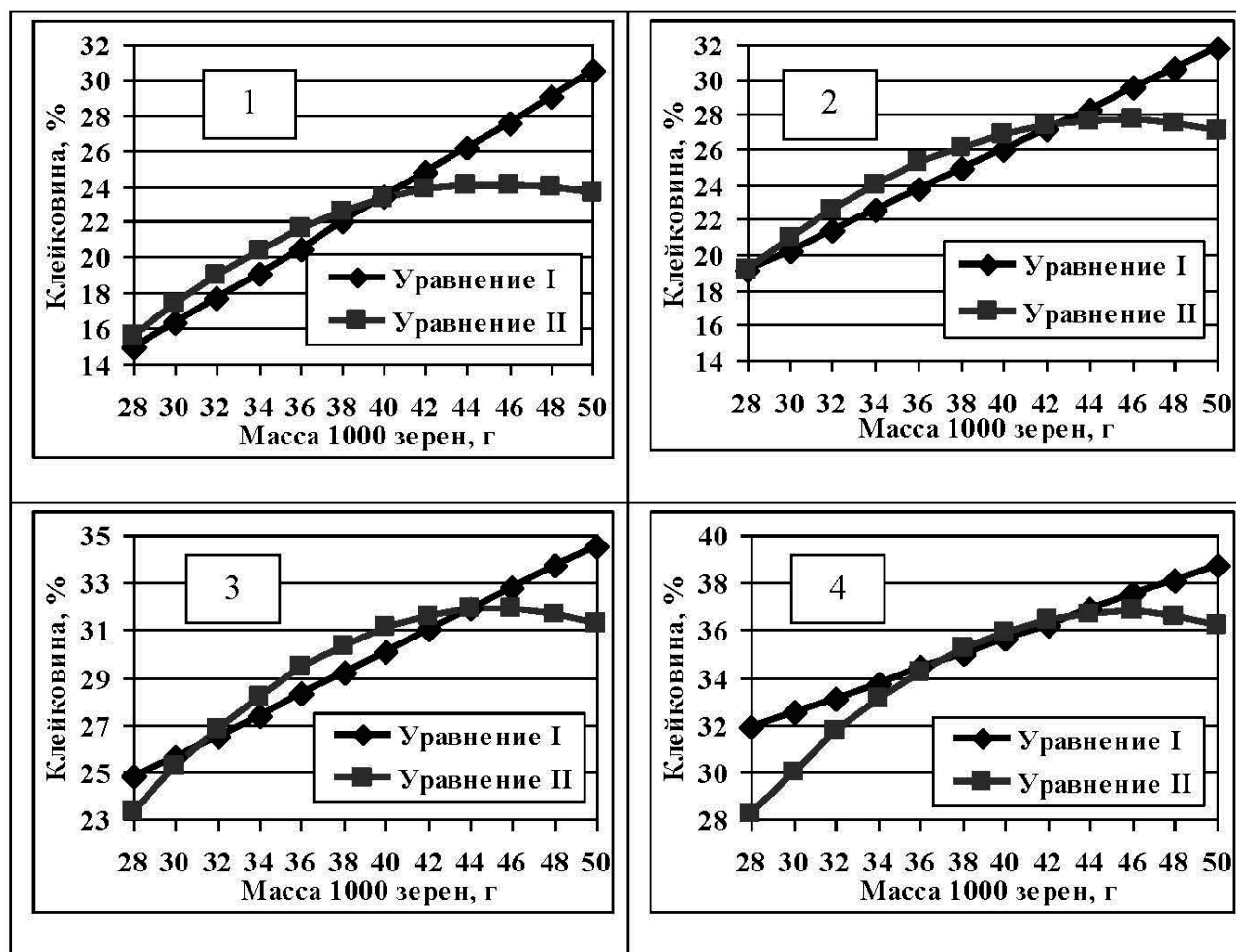


Рис. 3. Зависимость содержания сырой клейковины в зерне пшеницы от массы 1000 зерен при различном содержании белка: 1 – 10%; 2 – 12%; 3 – 14%; 4 – 16%

*Таким образом, представленные уравнения множественной нелинейной регрессии можно использовать для ориентировочного определения (прогноза) содержания сырой клейковины в зерне пшеницы, так как независимо от содержания белка в зерне они позволят получать более точные результаты практически во всем биологическом интервале по величине массы 1000 зерен. При этом следует учитывать, что в данном уравнении содержание белка, сырой клейковины и масса 1000 зерен приведены на 12% влажность. В тех случаях, когда содержание белка и (или) масса 1000 зерен рассчитаны на абсолютно сухое вещество, то их пересчитывают с использованием коэффициента 0,88.*

#### Литература

1. Колмаков Ю.В. Оценка материала пшеницы в селекции и повышение потенциала его качества в зернопроизводстве и хлебопечении. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО Омский ГАУ, 2007. – С. 5-19.
2. Бегулов М.Ш. Статистический анализ технологических показателей качества зерна // Агрохимия, 2002, № 10. – С. 68-73.
3. Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н. Статистические зависимости основных показателей качества зерновых культур // Агрохимия, 2011, № 2. – С. 24-40.
4. Пасынков А.В., Дубовик Д.В., Пасынкова Е.Н. Прогноз содержания сырой клейковины в зерне пшеницы на основе уравнений множественной регрессии // Вестник Курской ГСХА, 2017, № 4. – С. 8-14.
5. Woźniak A., Gontarz D., Staniszewski M., Gos M. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej uprawianej w zmianowaniach o różnym jej udziale (Yielding and grain quality of spring wheat in crop rotations with different wheat participation) // Biuletyn instytutu hodowli i aklimatyzacji roślin, 2006, Nr. 242. – pp. 45-55.
6. Лапина В.В. Агроэкологическое обоснование защиты яровых зерновых культур от корневых гнилей в условиях юга Нечерноземной зоны России: дисс. д.с.-х.н. – Саранск, 2014. – 289 с.
7. Sacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Sulek A. Wpływ nawożenia azotem i antywylegaczy na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej // Pamiętnik Puławski, 2005, Zeszyt 140. – pp. 26-33.
8. Маркс Е.И., Лейболт Е.Л., Заушицына И.Г. Электрофоретические спектры белков и качество урожая пшеницы // Вестник Новосибирского ГАУ, 2015, № 4 (37). – С. 26-34.
9. Фролова Е.Ю. Влияние регуляторов роста и микроэлементов на морфофизиологические показатели и урожайность яровой пшеницы в лесостепи Поволжья: дисс. к.с.-х.н. – Пенза, 2016. – С. 124-127.
10. Журавлев Д.Ю., Ярошенко Т.М., Чуб М.П., Климова Н.И. Влияние комплексных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы в условиях Саратовского правобережья / Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжья. – Матер. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Саратов, 2010. – С. 257-260.
11. Jost M., Samobor V., Drobac L. The Role of Wheat Cultivars Blend on Grain Yield and Baking Quality // American Journal of Agricultural Science, 2015, Vol. 2, No. 5. – pp. 203-207.
12. Rusek P., Mikos-Szymanska M., Karsznia M., Sienkiewicz-Cholewa U. and Igras J. The effectiveness of nitrogen-phosphorus fertilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivation // Bulgarian journal Agricultural Sciens, 2016, No 5 (22). – pp. 752-755.
13. Божанова В., Котева В., Савова Т., Марчева М. и др. Избор на подходящи сортове зърнено-житни култури и семепроизводство за нуждите на биологичното земеделие в България – проблеми и отговори / Национална конференция с международ. участием на тема: «Биологични растениевъдство, животновъдство и храни». София, 2014. – С. 68-76.

## ОБЩЕСТВЕННЫЕ СЛУШАНИЯ

**25 июля 2018 г.** в 15:00 в здании администрации городского округа Серебряные Пруды: 142970, Московская обл. р.п. Серебряные Пруды, ул. Первомайская, д. 11 состоится общественные обсуждения (в форме слушаний) с гражданами и общественными организациями материалов проектно-технической документации (ПТД), включая ТЗ и проекты материалов ОВОС, объектов Государственной экологической экспертизы пестицидов: **Алирин-Б, смачивающийся порошок (*Bacillus subtilis*, штамм В-10 ВИЗР, титр  $10^{11}$  КОЕ/г); Гамаир, смачивающийся порошок (*Bacillus subtilis*, штамм М-22 ВИЗР, титр  $10^{11}$  КОЕ/г), регистрант ООО УК «АБТ-групп» (Россия).** Пестициды, как объекты ГЭЭ, рекомендуются к применению на территории России. Материалы ПТД пестицидов представляет «ООО НПО Агрохимсоюз»: г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, корп. 2. Копии материалов ПТД на пестициды доступны для рассмотрения с 22 июня 2018 г. по 25 июля 2018 г. с 10.00 до 15.00 в ООО «Сельхозхимия», 142970, р.п. Серебряные Пруды, ул. Мичурина д. 1. Тел. 8 496 673 14 45. Письменные предложения направлять в ООО «Сельхозхимия». Приглашаются все желающие. При себе иметь паспорт. Проведение общественных обсуждений обеспечивает вышеуказанная организация совместно с Администрацией городского округа Серебряные Пруды Московской области.