

Оптимизация приемов возделывания полевых культур в современных условиях (обзор)

Н. И. Девтерова[✉], О. А. Благополучная, Н. И. Мамсиров

Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия

[✉]E-mail: devterova55@mail.ru

Аннотация. В статье дан ретроспективный обзор применения минеральных и органических удобрений в Республике Адыгея (РА), показана статистика показателей почвенного плодородия и значение удобрений в повышении урожайности полевых культур. **Цель исследований** состояла в разработке и внедрении в производство приемов возделывания зерновых колосовых и пропашных культур, сочетающих способы обработки почвы различной интенсивности, виды и нормы удобрений с учетом меняющегося климата и уровня плодородия почвы. **Научная новизна.** Освещены вопросы применения удобрений и обработок почвы в краткосрочных и длительных опытах. Показаны результаты исследований по разработке эффективных приемов возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах короткой ротации. **Методы.** Изучены следующие факторы: биологические (заделка соломы зерновых культур, посев рапса на сидерат); агротехнические (преимущественное использование обработок без оборота пласта, уменьшение нормы основного полного удобрения на 25–30 %); агрохимические (использование азота для основного внесения, под озимые зерновые осенью, удобрений, в которых количество азота кг/га д. в. не превышает 30, а входящие в химический состав фосфаты действуют пролонгировано; под пропашные и бобовые весной: применение удобрений, в которых при корректировке доз внесения возрастает количество доступных форм азота и быстроусвояемых растениями форм фосфатов). **Результаты.** Применение изученных и выявленных эффективных приемов возделывания способствовало стабилизации показателей кислотности (5,0 → 5,25; 4,95 → 5,08 мг/экв на 100 г) увеличению содержания гумуса по поверхностной обработке в слое 12–16 см от 4,21 до 4,24 %, снижению содержания гумуса по вспашке с 4,24 до 4,18 % (динамика изменения показателей гумуса в одной группе обеспеченности), увеличению содержания аммиачной формы минерального азота весной (3,2 → 7,1; 3,3 → 9,7 мг/кг почвы); повышению продуктивности 1 га пашни на вариантах с заделкой соломы до 5,5 т ЗЕ (зерновых единиц) и с рапсом на сидерат до 5,8 т ЗЕ (в сравнении с контролем).

Ключевые слова: чернозем слитой, обработка почвы, плодородие, элементы питания, минеральные удобрения, дозы и нормы внесения, приемы возделывания, способы заделки, биопрепараты, севооборот, урожайность

Для цитирования: Девтерова Н. И., Благополучная О. А., Мамсиров Н. И. Оптимизация приемов возделывания полевых культур в современных условиях (обзор) // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 06. С. 853–863. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-06-853-863>.

Дата поступления статьи: 20.09.2024, **дата рецензирования:** 08.04.2025, **дата принятия:** 15.04.2025.

Optimization of cultivation methods of field crops in modern conditions (a review)

N. I. Devterova✉, O. A. Blagopoluchnaya, N. I. Mamsirov

Maykop State Technological University, Maykop, Russia

E-mail: devterova55@mail.ru

Abstract. A retrospective review of the use of mineral and organic fertilizers in the Republic of Adygea (RA) is given, the statistics of soil fertility indicators and the importance of fertilizers in increasing crop yields are shown. **The purpose** of the research was to develop and introduce into production methods for cultivating grain and row crops, combining methods of tillage of varying intensity, types and rates of fertilizer application, taking into account the changing climate and soil fertility. **Scientific novelty.** The issues of application of fertilizers and tillage in short- and long-term experiments are highlighted. The results of research on the development of effective methods of cultivating crops in short-turn crop rotations are presented. **Methods.** The following factors were studied: biological (sealing of grain straw, sowing of rapeseed for siderate); agrotechnical (preferential use of treatments without reservoir turnover; reduction of the rate of basic total fertilizer by 25–30 %); agrochemical (the use of nitrogen for basic application, for winter crops in autumn, fertilizers in which the amount of nitrogen kg/ha per day does not exceed 30, and phosphates in the chemical composition act for a long period; for row crops and legumes, in spring: the use of fertilizers in which, when adjusting the application doses, increases the amount of available forms of nitrogen and phosphates are formed, which are quickly absorbed by plants). **Results.** The use of the studied and identified effective cultivation methods contributed to the stabilization of acidity indicators (5.0 → 5.25; 4.95 → 5.08 mg/eq per 100 g) an increase in the humus content during surface treatment in a layer of 12–16 cm from 4.21 to 4.24 %, a decrease in the humus content during plowing from 4.24 to 4.18 %, (dynamics of changes in humus indicators in one security group), an increase in the content of humic ammonia form of mineral nitrogen in spring (3.2 → 7.1; 3.3 → 9.7 mg/kg of soil); increased yields from 1 ha of arable land in variants with straw embedding up to 5.5 c (grain units) and with rapeseed seeds per siderate up to 5.8 c (compared with the control).

Keywords: compact chernozem, tillage, fused chernozem, tillage, fertility, nutrition elements, mineral fertilizers, doses and application rates, cultivation methods, sealing methods, biological products, crop rotation, yield

For citation: Devterova N. I., Blagopoluchnaya O. A., Mamsirov N. I. Optimization of cultivation methods of field crops in modern conditions (a review). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (06): 853–863. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-06-853-863>. (In Russ.)

Date of paper submission: 20.09.2024, **date of review:** 08.04.2025, **date of acceptance:** 15.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Обеспечение экономической безопасности региона связано с разработкой и внедрением современных аграрных технологий производства растениеводческой продукции, формирующих и сохраняющих почвенное плодородие и способствующих получению высокого уровня урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. Повышение урожайности зерновых основано на применении современных проверенных технологий. Комплекс агротехнических приемов позволяет интенсивным технологиям обеспечить эффективное питание растению во всех фазах роста и развития [1].

Получение качественных урожаев сельскохозяйственных культур, состояние плодородия почв и растений обеспечивается научно обоснованными нормами внесения удобрений и приемами возделывания в рамках технологий, адаптированных к изменяющимся погодным условиям.

Изменяющиеся условия внешней среды – снижение оптимальных показателей почвенных характеристик, изменение ведения растениеводства в современных условиях – предполагают оптимизацию минерального питания исследуемых культур, разработку новых технологий обработки, а также значительных изменений классической системы удобрений, т. е. трансформацию традиционных способов обработок почв и применения удобрений.

К основным факторам, негативно влияющим на получение высокого уровня урожайности в регионе являются изменяющиеся условия внешней среды: в южно-предгорной зоне Республики Адыгея выпадает в среднем 700–950 мм осадков, коэффициент увлажнения 0,4–0,6. Осадки неравномерно распределены по периодам вегетации сельскохозяйственных культур. Наибольшее их количество выпадает в осенний и весенний периоды, что вызывает избыточное увлажнение к началу полевых работ.

К участвующим в регионе неблагоприятным погодным условиям следует отнести засухи, засухи, а также наблюдающиеся тенденции:

- смещения дат наступления и окончания основных агроклиматических периодов;
- повышения показателей температур выше ежегодной среднегодовой, на 0,8–1,0 °C [2–4];
- снижение почвенного плодородия, выражающееся в уменьшении содержания элементов питания в почве, в увеличении количества кислых почв;
- отсутствие научно обоснованного чередования культур и посева бобовых трав в севооборотах Республики Адыгея;
- отсутствие планирования во времени применения удобрений и химических средств защиты растений в связи несоблюдением севооборотов;
- внесение агрохимических средств без учета показателей гумуса, основных элементов питания, кислотности почвы;
- слабая материально-техническая база.

Тем не менее с учетом лимитирующих факторов на черноземных почвах в агроклиматических условиях Республики Адыгея возможно получение высокого уровня урожайности возделываемых культур.

Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения в Республике Адыгея составляет 302,2 тыс. га, пашня занимает 237,3 тыс. га, 52 % из которой – черноземы выщелоченные [5].

В ходе агрохимических обследований выявлены следующие основные показатели почвенного плодородия:

- на протяжении последних 10 лет содержание гумуса сохраняется на одном уровне – 3,6 %, площадь почв с низким и очень низким содержанием гумуса – 212,9 тыс. га (85,3 %);
- 43,8 тыс. га (17,5 %) площади пашни с сильнокислой и среднекислой реакцией;
- около 9,8 тыс. га (4 %) имеют слабощелочную реакцию почвенного раствора;
- основная часть площади пашни – 195,8 тыс. га (78,5 %) со слабокислыми и нейтральными показателями кислотности.

Основные причины подкисления почвенного раствора:

- применение сильнокислых видов удобрений;
- отсутствие научно обоснованного чередования культур во времени и пространстве;
- обеспеченность почв подвижным фосфором: 28,6 тыс. га (11,5 %) с очень низким и низким; большая часть площади пашни – 126,4 тыс. га (50,7 %) – со средним; 58,4 тыс. га (23,4 %) – с повышенным содержанием. Высокое и очень высокое содержание этого элемента на площади – 36,0 тыс. га (14,4 %);
- обеспеченность почв обменным калием: черноземы богаты калием: 154,4 тыс. га (61,9 %) имеют повышенное и высокое, 69,9 тыс. га (28,0 %) –

среднее, 17,7 тыс. га (7,1 %) – низкое и очень низкое содержание обменного калия.

За 50-летний период уменьшение ресурсов гумуса в пахотных почвах РА достигло более 20 % (с 4,6 до 3,6 %). За период 1979–2020 гг. кислотность почвенного раствора повысилась более чем на 13,0 % (с 6,1 до 5,3 мг/экв на 100 г почвы). Начиная с 1989–1993 годов наблюдалось снижение содержания в почве фосфора на 17,7 % (с 31,0 до 25,5 мг/кг почвы), в 2004–2007 годах – обменного калия до 285,0 мг/кг почвы. К 2020 году содержание обменного калия составило 345,1 мг/кг почвы, т. е. повысилось на 21,0 % [6].

В 80–90-х годах прошлого столетия в Республике Адыгея под сельскохозяйственные культуры вносились научно обоснованные, рекомендованные для зоны нормы минеральных и органических удобрений, что способствовало повышению плодородия почв в указанный период. Прослеживались устойчивые корреляционные связи между содержанием основных элементов питания в почве и количеством внесенных минеральных и органических удобрений.

Внесение в почву минеральных и органических удобрений в современных условиях – это наиболее эффективное средство сохранения почвенного плодородия и повышения урожайности полевых культур. В Республике Адыгея в связи упадком отрасли животноводства применение органических удобрений ограничено, что является одной из главных причин снижения основного показателя почвенного плодородия – гумуса. В настоящее время заделка соломы и пожнивных остатков является главным источником пополнения гумуса в почве. Измельченная солома в Республике Адыгея заделывается приблизительно на 85,0 % посевной площади озимых зерновых культур. Ограниченное количество хозяйств региона проводят посев сидератов и многолетних бобовых трав в севооборотах.

Цель исследований состояла в разработке и внедрении в производство приемов возделывания зерновых колосовых и пропашных сельскохозяйственных культур, сочетающих способы обработки почвы различной интенсивности, видов и норм удобрений с учетом меняющегося климата и уровня плодородия почвы.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в условиях южно-предгорной зоны Северо-Западного Кавказа на черноземе слитом выщелоченном, относящемся к малогумусным сверхмощным почвам тяжелого глинистого механического состава с содержанием физической глины до 78,0 %. Опытные делянки закладывали на полях НИИСХ ФГБОУ ВО МГТУ, географические координаты: 44,7402° с. ш. и 40,0688° в. д. (ЮФО, Республика Адыгея, Майкопский район, х. Косинов) с использованием методики полевого опыта

Б. А. Доспехова [7]. Объекты исследований: способы обработки почвы, нормы удобрений, сельскохозяйственные культуры: ячмень озимый, пшеница озимая, овес, рапс, клевер, кукуруза, подсолнечник. Повторность опытов четырехкратная, размещение делянок в опытах рендомизированное. Площадь опытной делянки – 50 м². При закладке опытов учитывали показатели температуры и влаги, содержание элементов минерального питания в почве, применяемые средства химизации. Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур в опытах включала мероприятия, направленные на уменьшение плотности, увеличение водопроницаемости:

- дискование (Т-150К, БДМ-4 на глубину 12–16 см двукратно);
- вспашка (МТЗ-82.1 ПЛН-5-35 на глубину 20–22 см под зерновые и на 25–27 см под пропашные и клевер;
- культивация (МТЗ-82.1, КПС-4,0). Сев зерновых проводили зерновой сеялкой СЗТ-5,4 в комплектации с трактором МТЗ-82.1, сев пропашных – сеялкой Kinze 3000 8x70, рапса и клевера – сеялкой СЗТ-3,6-5,4-6,0 в комплектации с трактором МТЗ-82.1. В опытах применяли удобрения аммофос, сульфаммофос, аммиачную селитру, биопрепараты (гуматы), гербициды системного действия («Гран-Стар» и «Примадонна»). Расчет норм внесения основного удобрения и подкормок проводили в зависимости от лимитирующего элемента питания в почве зоны исследований, для наших почв это азот. Для осеннего внесения использовали аммофос, от 180 до 200 кг в физическом весе, с учетом содержания в почве усвояемых форм азота – от 22 до 24 кг/га д. в. N. Сульфаммофос под озимые зерновые вносили перед севом осенью. Для обеспечения пропашных культур легкоусвояемым фосфором возможно внесение этого удобрения весной, в предпосевную культивацию. Сульфаммофос вносили в нормах, не превышающих 30 кг/га д. в. N, от 130 до 150 кг в физическом весе. Азотные подкормки эффективны в фазу начала активной вегетации, ранней весной и в фазу кущения зерновых, дозы подкормок корректировали при использовании методов почвенной и листовой диагностики.

Гербициды системного действия вносили во время активной вегетации однолетних и многолетних двудольных сорных растений (апрель).

Внекорневые подкормки биопрепаратами проводили в фазу колошения и налива зерна. Испытывали все нормы внесения, рекомендованные производителем, для выявления наиболее оптимального варианта применительно к зоне исследований.

Содержание элементов питания в листьях растений определяли по методу А. С. Плешкова, Б. А. Ягодина (способ обеспечения растений минеральными элементами). Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (ГОСТ

28268-89), плотность сложения почвы – по методу Н. А. Качинского, структурно-агрегатный состав – по методу Н. И. Савинова.

Результаты (Results)

Исследованиями в зоне предгорного влажного климата Республики Адыгея за период с 2011 по 2019 год выявлено, что заделка соломы зерновых культур, посев сидератов – это один из перспективных путей сохранения плодородия почвы и роста урожайности возделываемых культур. Заделка соломы зерновых культур в 5-польном севообороте в исследованиях 2015–2019 годов (ячмень озимый сорта Павел, пшеница озимая сорта Майкопчанка, кукуруза на зеленый корм, гибрид Кубанский 280 МВ, клевер 1-го года, клевер 2-го года сорта Абдзехский местный красный) в течение двух лет достоверно повышала урожайность последующих культур севооборота (кукурузы на зеленый корм, клевера) как по глубокой, так и по поверхностной обработкам, но более высокие показатели урожайности отмечали на второй год применения данного приема. Средняя урожайность кукурузы на зеленый корм по обоим способам обработки составила 13,3 т/га, что выше в сравнении с контролем на 3,8 т/га ($HCP_{05} = 0,65$ т/га) [8]. В данных исследованиях содержание гумуса в почвенных образцах снижалось по вспашке с 4,24 до 4,18 %, а по поверхностной обработке в слое 12–16 см повышалось от 4,21 до 4,24 %, показатели кислотности почвы в динамике стабильны по обоим способам обработки; (5,1; 5,0 мг/экв на 100 г почвы). Применение приемов заделки соломы, посев сидератов в сочетании с минеральными удобрениями способствовали увеличению содержания аммиачной формы минерального азота весной от 3,2 до 7,1; и от 3,3 до 9,7 мг/кг почвы. Показатели фосфора несколько снижались, но в рамках повышенной группы обеспеченности от 44, до 31,6 мг/кг по вспашке; от 45,9 до 33,6 мг/кг почвы по поверхностной обработке [9].

В исследованиях ФГБНУ «Адыгейский НИ-ИСХ» 2011–2013 годов рассматривали влияние уровней минерального питания и действия и последствия различных способов обработки на урожайность клевера двух лет использования. За весь период исследований содержание элементов питания в почве составило: $N-NO_3$ 8,3; P_2O_5 36,8; K_2O 319,3 мг/кг; суммы поглощенных оснований – 49,09 ммоль/100 г; гумуса – 4,64 %, кислотности почвы pH_{kcl} – 4,97 ммоль / 100 г. Данные показатели за время исследования были стабильными. В исследованиях по изучению влияния уровней минерального питания и действия различных способов обработки на урожайность клевера двух лет использования была выявлена эффективность минеральных удобрений, внесенных под предшествующий овес с подсевом клевера. Урожайность клевера 1 г. п. составила 3,25 т/га, с достоверной прибавкой уро-

жайности + 1,48 т/га ($HCP_{05} + 1,32$ т/га). По клеверу 2 г. п. – органических и органических + минеральных удобрений. Урожайность 3,38 и 3,88 т/га с достоверными прибавками +2,8 и +7,78 т/га соответственно ($HCP_{05} + 1,32$ т/га) [10].

В исследованиях ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ» 2016–2018 годов показано, что возделывание в звене севооборота многолетних бобовых трав (клевера) способствовало увеличению содержания нитратной формы минерального азота в почве до 17,4–19,6 мг/кг, подвижного фосфора – с 44,8 до 56,0 и с 45,9 до 58,0 мг/кг почвы по вспашке по поверхностной обработке соответственно.

Урожайность клевера в среднем:

- по применению минеральных удобрений 2,88 т/га с достоверной прибавкой 2,4 т/га в сравнении с контролем ($HCP_{05} + 1,56$ т/га);

- по последствию заделки соломы по обоим способам обработки почвы 30,4 т/га, прибавка 4,0 т/га ($HCP_{05} + 1,56$ т/га);

- по последствию использования рапса на сидерат 32,1 т/га, рост урожайности +5,7 т/га по отношению к контрольному варианту ($HCP_{05} + 1,56$ т/га). Было отмечено, что продуктивность 1 га пашни по последствию заделки соломы обеспечивает получение 5,5 т ЗЕ (зерновых единиц), а по рапсу на сидерат – 5,8 т ЗЕ в сравнении с контролем [11].

Эффективность применения минеральных удобрений и их роль в повышении урожайности, качества продукции возделываемых культур и улучшении состояния почвенного плодородия показана в многочисленных научных исследованиях. Так, учеными А. У. Kishev, К. З. Berbekov, З. С. Shibzukhova, З. Г. С. Shibzukhov, Н. И. Mamsirov в степной зоне Кабардино-Балкарской Республики изучено влияние различных уровней минерального питания на урожайность и качество зерна озимой твердой пшеницы. Выявлено, что использование оптимальных для зоны исследований технологических приемов способствовало получению максимальной урожайности 40,6 ц/га при внесении удобрений в дозе $N_{90}P_{120}K_{60}$ [12].

В исследованиях О. А. Gutorova, А. Kh. Sheudzhen, Н. D. Nugum на черноземных выщелоченных почвах Западного Предкавказья выявлена роль различных норм применения минеральных удобрений: единичной, двойной, тройной. Применялась агротехника возделывания культур, соответствующая Центральной зоне Краснодарского края. Наибольшая урожайность в 11-польном зернотравяно-пропашном севообороте достигалась при внесении двойной нормы удобрения, прибавки урожая зерна озимой пшеницы от 1,4 до 2,0 т/га. Применение предложенной системы удобрений создало благоприятные условия и для накопления гумуса в почве [13].

В прошлом в Республике Адыгея основным способом обработки почвы была вспашка, являющаяся одной из самых энергоемких технологических операций. В стационарном опыте ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ» 1995–2012 годов изучали действие вспашки и поверхностной обработки как более энергосберегающего способа на урожайность озимой пшеницы по разным предшественникам. В 10-польном зернотравяно-пропашном севообороте озимая пшеница, ячмень или овес яровой (50 % севооборота) высевались по пропашным предшественникам (30 % севооборота) и бобовым травам (20 %). Результаты урожайности озимой пшеницы по разным предшественникам показали, что замена вспашки под озимую пшеницу поверхностной обработкой не ведет к снижению урожайности. Поверхностная обработка почвы проводилась также по поздно убираемым предшественникам перед последующим севом зерновых. В данных исследованиях показано, что с повышением среднегодовой температуры воздуха на 0,8 °С повышалось и среднегодовое количество осадков с 700 до 950 мм. Однако превышение количества осадков приходилось на период, когда фазы интенсивного потребления влаги уже завершены. В этих исследованиях средняя урожайность озимой пшеницы по кукурузе на зерно по вспашке составила 4,1 т/га, по поверхностной обработке – 4,2 т/га; по предшественнику подсолнечник – 3,8; 4,0 т/га по двум видам обработки соответственно. Однако получение приблизительно одинаковых результатов урожайности по обоим способам обработки стало возможным при планировании обработок почвы и системы удобрений не только в пространстве, но и во времени, т. е. важным условием проведения эксперимента было научно обоснованное чередование культур севооборота и внесение определенных видов и норм удобрений в соответствии с текущим состоянием почвенного плодородия. За время проведения исследований в 10-польном зернотравяно-пропашном севообороте не отмечали снижения содержания гумуса в почве во всех изучаемых вариантах (в среднем 4,19–4,12 %). Внесение органических удобрений также способствовало увеличению содержания гумуса в среднем по вспашке на 0,39 % (4,35 %), по поверхностной обработке – на 0,35 % (4,38 %) к контролю. Выявлено также, что снижение затрат на производство продукции в севооборотах длительной ротации возможно при замене вспашки под озимую пшеницу поверхностной обработкой тяжелой дисковой бороной [14].

В современных условиях ведения сельскохозяйственного производства вспашка проводится один раз в три года. В основном используется поверхностная обработка на глубину 12–16 см. Уменьшение глубины почвенной обработки приводит к

снижению водопроницаемости и увеличению плотности почв, а ежегодная вспашка приводит к ухудшению физических, водных и агрохимических показателей почвенного плодородия.

Исследования в зоне Центрального Предкавказья (Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – СНИИСХ) показали, что более значимое накопление продуктивной влаги в посевах пшеницы озимой отмечено при использовании отвальной (20–22 см) и комбинированной (25–27 см) систем обработок в сравнении с мелкой (13–19 см). В этих исследованиях отмечена меньшая величина плотности почвы по отвальной и комбинированной обработкам в сравнении с поверхностной осенью и весной на 0,11–0,12 г/см³ соответственно [15].

В исследованиях ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ» на слитых черноземных почвах в среднем за 3 года (2015–2017) запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см были выше на фоне вспашки в сравнении с дисковой обработкой (под озимыми зерновыми на 8,3–8,4 мм, под кукурузой на зеленый корм – приблизительно на 37,0 мм). Плотность верхнего слоя почвы по обоим приемам обработки была ниже в сравнении с более глубокими слоями на 12,0–18,6 % и не превышала оптимальных для слитых черноземов величин. В среднем разноточные способы обработки оказали примерно одинаковое влияние на плотность сложения почвы в слое 0–30 см (1,2–1,21 г/см³). Было отмечено положительное влияние дисковой обработки на содержание наиболее ценных агрегатов почвы (0,25–3,0 мм), содержание которых в слое 0–30 см было на 0,9 % выше, чем по вспашке. Проведенные исследования показали, что плотность черноземных почв увеличивается в более глубоких слоях [16].

В работах Н. И. Мамсирова, А. А. Макарова также обнаружено некоторое увеличение плотности почвы с глубиной отбора образцов в среднем на 0,18 и 0,21 г/см³ соответственно в слоях 15–25 и 30–40 см. Отмечено, что величины плотности почвы не были критическими [17].

В исследованиях М. Х. Ширинян, В. К. Бугаевского выявлено, что при малой глубине заделки роль основного удобрения снижается. Поэтому оптимальные дозы основного удобрения фосфора и калия при использовании поверхностной обработки почвы уменьшали на 30–50 % в зависимости от глубины обработки. А при неустойчивом режиме увлажнения увеличивающаяся концентрация минеральных удобрений действует на растения угнетающе. Таким образом, эффективность удобрений зависит от условий увлажнения, при которых они применяются [18].

На выщелоченных слитых черноземах Республики Адыгея в 2009–2011 годах занимались разработкой усовершенствованной технологии комплексного использования средств химизации при

возделывании ячменя озимого по поверхностной обработке в звене севооборота и в монокультуре с применением полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}$ и уменьшенной его нормы $N_{20}P_{20}$. Результаты исследований показали, что варианты с уменьшенной нормой внесения удобрений были более эффективны, особенно в звене севооборота, где ячмень возделывался по предыдущей вспашке. Затраты на внесение уменьшенной нормы удобрений в 1,34 раза ниже, чем при внесении полного удобрения. Отсюда вывод: применение полного удобрения по поверхностной обработке неэффективно и экономически невыгодно, поэтому дозы полного удобрения ($N_{60}P_{60}$) уменьшали на 25–30 %. Роль основного удобрения частично перекладывали на внесение при посеве ($N_{20}P_{20}$) и подкормку весной (N_{40}) [19].

Целесообразность применения конкретного вида удобрений, норм их внесения зависит от показателей кислотности почвы (на почвах с показателями кислотности от среднекислых pH_{kcl} 4,6–5,0 до очень сильно кислых $pH_{kcl} < 4,0$ мг/экв на 100 г. почвы, использование менее физиологически кислых видов удобрений), от наличия в ней элементов питания в количествах, достаточных для формирования высокого уровня урожайности и качественных характеристик получаемой продукции.

В Республике Адыгея в качестве основного минерального удобрения чаще используют аммофос, сульфаммофос и аммиачную селитру в подкормку. В центральной и южно-предгорной зонах региона для поддержания оптимального уровня почвенного плодородия в соответствии с классическими рекомендациями необходимо на 1 га площади вносить минеральные удобрения в соотношении $NPK\ 1 : 0,7 : 0,4$. Лимитирующим элементом питания для наших почв является азот, недостаток его ограничивает получение высокой урожайности и является основанием для использования конкретного вида удобрений и расчета их норм в зависимости от содержания этого элемента питания в почве.

В исследованиях С. А. Шафран и А. А. Kвашин, N. N. Neshchadim, E. K. Yablonskay, K. N. Gorpinchenko показано, что вклад азотных удобрений в формирование урожайности полевых культур в наибольшей степени зависит от обеспеченности почв доступными формами азота, подвижными формами фосфора и оптимальным уровнем кислотности. Внесение высоких доз азота осенью неэкономично и малоэффективно: азотные удобрения легко растворимы, высокая норма внесения способствует увеличению концентрации почвенного раствора, что губительно для неокрепшей корневой системы зерновых культур. Ввиду неустойчивого режима влагообеспеченности азот удобрений может легко вымываться в глубокие слои почвы. Осенью следует ограничиться «стартовой», т. е. невысокой дозой азота [20; 21].

Сравнительная характеристика наиболее используемых в Республике Адыгея удобрений: аммофоса и сульфоаммофоса. С агрохимической точки зрения аммофос можно считать лучшим удобрением для осеннего внесения, исходя из соотношения в нем 10–12 % аммиака и 50–52 % фосфора. Расчетные дозы аммофоса в зоне исследований с учетом содержания в почве усвояемых форм азота составляют 22–24 кг/га д. в. N (180–200 кг в физическом весе), а входящие в химический состав аммофоса моноаммоний фосфат $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и диаммоний фосфат $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ действуют пролонгированно.

Содержание различных форм фосфатных ионов в почвенном растворе зависит от уровня кислотности. В почвенном растворе в диапазоне pH 3–6 преобладает одновалентный ион H_2PO_4^- . Значение двухвалентного иона HPO_4^{2-} для питания растений возрастает при более высоких уровнях pH, поскольку в растворе с pH выше 7,0 он становится доминирующим.

В составе сульфоаммофоса 3 остатка ортофосфорной кислоты: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , из которых лучше растениями усваиваются анионы H_2PO_4^- . Содержание фосфора в сульфоаммофосе – 20 %, и для оптимизации доз по фосфору необходимо увеличение дозы внесения, что при использовании серосодержащего, сильнокислого удобрения приводит к увеличению кислотности почвенного раствора, поэтому на почвах с показателями кислотности от среднекислых ($\text{pH}_{\text{ккл}} 4,6–5,0$) до очень сильно кислых ($\text{pH}_{\text{ккл}} < 4,0$ мг/экв. на 100 г) внесение сульфоаммофоса нецелесообразно. Вопрос осеннего внесения этого удобрения для исследователей также остается открытым. Другое дело, что фосфаты, особенно анион H_2PO_4^- , при хорошей растворимости сульфоаммофоса становятся быстродоступными, что особенно важно для таких культур, как подсолнечник, кукуруза.

Для растений подсолнечника недостаток фосфора в период от всходов до образования корзинки приводит к нарушению азотного обмена и снижению урожайности маслосемян. Растениями кукурузы в период от всходов до цветения фосфор потребляется медленнее и равномернее, нежели азот и калий, а после до окончания вегетации поступает в растение более высокими темпами. В период закладки репродуктивных органов растения кукурузы очень требовательны к наличию в почве легкоусвояемых форм фосфора (H_2PO_4^- и HPO_4^{2-}) [22]. Обеспечение вышеуказанных культур быстрым, т. е. легкоусвояемым фосфором возможно при внесении сульфоаммофоса весной.

В исследованиях вместе с различными видами удобрений и средствами защиты растений применялись биостимуляторы на основе гуминовых веществ, микробиологические препараты. Использование лигногумата на черноземных карбонатных

почвах в условиях Северо-Западного Предкавказья для возделывания озимой пшеницы способствовало повышению содержания элементов питания и их усвоению в течение всего периода вегетации. Для обработки растений в фазе весеннего кущения применяли лигногумат в дозе 0,35 л/га, для обработки семян – 10 л/т, что обеспечило увеличение потребления NPK растениями соответственно на 16,8; 23,4 и 13,9 % при обработке семян и на 17,4; 25,5 и 13,2 % – при обработке растений. Применение в этих исследованиях оптимальных доз лигногумата способствовало росту прибавок урожайности озимой пшеницы соответственно на 5,7 и 4,0 ц/га [23].

Научные данные подтверждают использование биостимуляторов в качестве сельскохозяйственного сырья для различных видов растений. Применение биостимуляторов на сельскохозяйственных растениях способствует усиленному росту корней, повышенному усвоению питательных веществ, стрессоустойчивости. Гуминовые вещества увеличивают урожайность, массу плода и ускоряют сроки созревания, улучшают качество продукции, положительно влияют на плодородие почв, структуру урожая: увеличение массы тысячи зерен, числа и массы зерен в колосе, числа продуктивных стеблей [24].

В исследованиях В. И. Лазарева, Ж. Н. Минченко показано, что эффективность гуминовых удобрений зависит от почвенно-климатических условий: действие гуминовых удобрений повышается в годы с лучшей влагообеспеченностью. Отклик растений на применение биостимуляторов различен. Зерновые культуры показывают среднюю отзывчивость. Прибавка урожаев по озимой пшенице варьирует в пределах от 17 до 20 %, яровой пшеницы и ярового овса от тех же видов и доз гуминовых удобрений – от 12 до 20 % к контролю. Выявлено, что использование гуминовых удобрений на посевах ярового ячменя экономически выгодно. Обработка семян и двукратная обработка посевов в фазе кущения и фазе начала выхода в трубку гуминовыми удобрениями повышала урожайность ярового ячменя на 3,7–5,1 ц/га, или 10,9–15,2 %, увеличивая тем самым стоимость валового продукта на 3700–5100 руб/га [25].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В агроклиматических условиях южно-предгорной зоны Республики Адыгея на основе экспериментальных данных многолетних исследований отделом земледелия НИИСХ ФГБОУ ВО МГТУ (до 2022 года – ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ») изучены и выявлены эффективные приемы возделывания в трехпольных и пятипольных севооборотах, включающие способы обработки почвы различной интенсивности, при комплексном применении различных видов и норм удобрений, средств защиты растений, биопрепаратов.

2. Проведенные в разные годы исследования показали, что удобрения и другие средства химизации в условиях изменений климата, физического и химического состояния почв, снижения содержания основных элементов питания и гумуса в почве и в долгосрочной перспективе сохраняют свое значение и роль наиболее эффективного средства повышения урожайности полевых культур и сохранения почвенного плодородия.

3. Приемы возделывания для трехпольных севооборотов включают следующие агротехнические мероприятия:

- глубокая обработка почвы от 20 до 27 см 1 раз в 3 года и обработка без оборота пласта от 16 до 18 см в севооборотах короткой ротации;
- для пятипольных севооборотов при благоприятно складывающихся условиях увлажнения и уборке пропашных культур в оптимальные сроки: вспашка под озимые зерновые на глубину 20–22 см, под пропашные и клевер на 25–27 см. При поздней уборке пропашных культур (кукуруза, подсолнечник) обработка почвы под озимые зерновые без оборота пласта на глубину 16–18 см двукратно;
- заделка соломы зерновых культур, посев рапса и использование его в качестве сидерального удобрения;
- уменьшение нормы основного полного удобрения на 25–30 % при малой глубине заделки удобрений (поверхностная обработка почвы);
- частичное перекапывание роли основного удобрения на внесение при посеве и подкормку аммиачной селитрой весной;
- применение конкретного вида удобрений и расчет доз внесения в зависимости от содержания лимитирующего элемента в почве – на черноземных почвах это азот;
- использование для основного внесения: под озимые зерновые осенью: видов и доз удобрений,

в которых количество азота в кг/га д. в. составляет 22–24 (не более 30) кг/га, с учетом содержания в почве усвояемых форм азота, а входящие в химический состав фосфаты действуют пролонгированно (аммофос). Под пропашные и бобовые весной: использование удобрений, в которых при корректировке доз внесения возрастает количество доступных для растений форм азота и быстроусвояемых фосфатов (сульфоаммофос).

Применение разработанных приемов возделывания способствовало:

- стабилизации почвенного плодородия: увеличению содержания аммиачной формы минерального азота весной по вспашке от 3,2 до 7,1; по поверхностной обработке – от 3,3 до 9,7 мг/кг почвы. Содержание гумуса в почвенных образцах снижалось по вспашке с 4,24 до 4,18 %, а по поверхностной обработке в слое 12–16 см повышалось от 4,21 до 4,24 %. Наблюдали снижение содержания фосфора, но в рамках повышенной группы обеспеченности от 44,8 до 31,6 и от 45,9 до 33,6 мг/кг почвы по вспашке и поверхностной обработке соответственно в динамике;
 - улучшению агрофизического состояния почвы в пахотном слое 0–30 см, плотность не превышала оптимальных для слитых черноземов величин (1,2–1,21 г/см³);
 - уменьшению плотности верхнего слоя почвы по обоим приемам обработки по сравнению с более глубокими слоями на 12–19 %;
 - повышению продуктивности 1 га пашни по последствию заделки соломы до 5,5 тЗЕ и с использованием рапса на сидерат до 5,8 тЗЕ (в сравнении с контролем).
- Отмечено положительное влияние дисковой обработки на содержание наиболее ценных агрегатов почвы (3,0–0,25 мм), количество которых в слое 0–30 см было примерно на 1,0 % выше, чем по вспашке.

Библиографический список

1. Пиляева О. В. Современные технологии возделывания зерновых культур // Эпоха науки. 2022. № 29. С. 18–22.
2. Карчагина Л. П., Тугуз Р. К., Мамсилов Н. И. Агроэкологический потенциал ландшафтов предгорной зоны Республики Адыгея // Новые технологии. 2016. Вып. 1. С. 99–105.
3. Вавилова Л. В. Оценка зимостойкости перспективных форм чая в условиях потепления зимнего периода в Адыгее // Новые технологии. 2018. Вып. 4. С. 193–200.
4. Девтерова Н. И. Изменение погодных условий и урожайность сельскохозяйственных культур в Адыгее // Земледелие. 2011. № 7. С. 9–11.
5. Варшанина Т. П., Мамсилов Н. И., Шехов З. А., Пьянков В. Ю. Инжиниринговая цифровая модель пространства сельскохозяйственных земель для подготовки и сопровождения агроэкологической составляющей точного земледелия // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции. Москва, 2022. Т. 28. Ч. 1. С. 737–745. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-737-745.
6. Состояние плодородия земель сельскохозяйственного назначения Республики Адыгея. Майкоп: Центр агрохимической службы «Адыгейский», 2020. 20 с.

7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е издание, доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

8. Девтерова Н. И. Урожайность кукурузы на зеленый корм при использовании удобрений, возобновляемых биоресурсов и уменьшении интенсивности обработки почвы // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия: Естественно-математические и технические науки. 2018. № 3 (226). С. 118–121.

9. Девтерова Н. И., Благополучная О. А. Пути регулирования содержания запасов гумуса и основных элементов плодородия на черноземах выщелоченных слитых южно-предгорной зоны Адыгеи // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник докладов по материалам всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 60-летию ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ». Майкоп, 2021. С. 112–118.

10. Devterova N. I. Düngemittel effizienz und behandlung boden in anbau klee ausgelaugt, um schwarzerden south fuße zone Adygea zusammenführen // Science and Education: materials research and practice conference. Munich, 2013. Vol. I. Pp. 221–225.

11. Девтерова Н. И. Клевер в звене севооборота на черноземных почвах Адыгеи // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: сборник докладов по материалам всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Майкоп, 2023. С. 152–156.

12. Kishev A. Y., Berbekov K. Z., Shibzukhova Z. S., Shibzukhov Z. G. S., Mamsirov N. I. Improvement of cultivation technology of winter durum wheat in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic // E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations”, FARBA. 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202125402028.

13. Gutorova O. A., Heudzen A. Kh., Hurum H. D. Environmental aspects of long-term use of mineral fertilizers on leached black soil of the Western Ciscaucasia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 659. Article number 012122. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012122.

14. Татошин И. Ф., Мамишева З. М., Хаткова С. А. Приемы минимизации основной обработки почвы и эффективность различных технологий возделывания на выщелоченных слитых черноземах Адыгеи // Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах: сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию РГП «НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева» МСХ РК. Шортанды, 2006. С. 139–143.

15. Кузыченко Ю. А., Кулинцев В. В., Кобзев А. К. Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // Земледелие. 2017. № 4. С. 19–22.

16. Девтерова Н. И., Благополучная О. А. Влияние различных приемов обработки почвы на продуктивность культур и агрофизические свойства слитых черноземов // Земледелие. 2019. № 3. С. 31–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10308.

17. Мамсиров Н. И., Макаров А. А. О роли агрофизических свойств черноземных почв в формировании урожая сельскохозяйственных культур // Актуальные проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России: сборник докладов по материалам Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Майкоп, 2019. С. 178–181.

18. Ширинян М. Х., Бугаевский В. К. Альтернативные системы применения удобрений в энергосберегающих технологиях возделывания озимых колосовых культур // Эволюция научных технологий в растениеводстве: сборник научной конференции. Краснодар, 2004. Т. 4. С. 98–102.

19. Девтерова Н. И., Мамсиров Н. И., Золотарева Ю. О. Усовершенствованная технология комплексного использования средств химизации при возделывании ячменя озимого на слитых черноземах Адыгеи: результаты исследований. Майкоп: ИП Магарин О. Г., 2011. 39 с.

20. Шафран С. А. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности полевых культур. Сообщение 1. Азотные удобрения // Агрохимия. 2021. № 7. С. 27–35. DOI: 10.31857/S0002188121070097.

21. Kvashin A. A., Neshchadim N. N., Yablonskay E. K., Gorpichenko K. N. Crop yield and the quality of sunflower seeds in the use of fertilizers and growth regulation substances // Helia. 2018. Vol. 41. No. 69. Pp. 227–239. DOI: 10.1515/helia-2017-0014.

22. Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Онищенко Л. М. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур. Краснодар: КубГАУ. 2012. 231 с.

23. Шеуджен А. Х., Гуторова О. А., Луценко И. М. Агрохимическая оценка применения Лигногумата в посевах озимой пшеницы в условиях Северо-Западного Предкавказья // Агрохимия. 2022. № 3. С. 31–40. DOI: 10.31857/S0002188122030103.

24. Лигногумат: общая информация, методика и результаты применения. Рекомендации для агрономов. Санкт-Петербург: ООО «НПО РЭТ», 2016. 48 с.

25. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н. Рекомендации по применению гуминовых удобрений на посевах ярового ячменя. Курск: Курский федеральный аграрный научный центр, 2023. 39 с.

Об авторах:

Наталья Ильинична Девтерова, старший научный сотрудник отдела земледелия Научно-исследовательского института сельского хозяйства, Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия; ORCID 0000-0002-5859-2630, AuthorID 805306. E-mail: devterova55@mail.ru

Ольга Анатольевна Благополучная, старший научный сотрудник отдела земледелия Научно-исследовательского института сельского хозяйства, Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия; ORCID 0000-0002-6135-6057, AuthorID 715325. E-mail: blagopoluchnaya@list.ru

Нурбий Ильясович Мамсиров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства сельскохозяйственной продукции, Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия; ORCID 0000-0003-4581-5505; AuthorID 377074. E-mail: nur.urup@mail.ru

References

1. Pilyaeva O. V. Modern technologies of cultivation of grain crops. *Epoch of Science*. 2022; 29: 18–22. (In Russ.)

2. Karchagina L. P., Tuguz R. K., Mamsirov N. I. Agroecological potential of the foothill landscapes of the Republic Adygea. *New Technologies*. 2016; 1: 99–105. (In Russ.)

3. Vavilova L. V. Stimulation of winter resistance of promising varieties of tea in the conditions of warming winter period in Adygea. *New Technologies*. 2018; 4: 193–200. (In Russ.)

4. Devterova N. I. Climate change and agricultural crops yield in Adygei republic. *Zemledelie*. 2011; 7: 9–11. (In Russ.)

5. Varshanina T. P., Mamsirov N. I., Shekhov Z. A., Piankov V. Yu. Engineering digital model of agricultural land space for preparation and maintenance of agroecological component of precision agriculture // InterCarto. InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories: proceedings of the International conference. Moscow, 2022. Vol. 28. Part 1. Pp. 737–745. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-737-745. (In Russ.)

6. *The state of fertility of agricultural lands of the Republic of Adygea*. Maykop: Federal State Budgetary Institution “Center of Agrochemical service “Adygeyskiy”, 2020. 20 p. (In Russ.)

7. Dospekhov B. A. *Methods of field experiment with the basics of statistical processing of research results*. 5th edition, supplemented and revised. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)

8. Devterova N. I. Productivity of maize green forage with use of fertilizers, renewable bioresources and reduction of intensity of soil processings. *Bulletin of the Adygea State University. Series: Natural-Mathematical and Technical Sciences*. 2018; 3 (226): 118–121. (In Russ.)

9. Devterova N. I., Blagopoluchnaya O. A. Ways to regulate the content of humus reserves and the main elements of fertility in chernozems leached from the southern foothill zone of Adygea. *Agrarian Science – Agriculture: Collection of reports based on the Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation) dedicated to the 60th anniversary of the Federal State Budgetary Institution “Adygeisky Scientific Research Institute”*. Maykop, 2021. Pp. 112–118. (In Russ.)

10. Devtebova N. I. Düngemittel effizienz und behandlung boden in anbau klee ausgelaugt, um schwarzerden south fuße zone Adygea zusammenfüren. *Science and Education: materials research and practice conference*. Munich, 2013. Vol. 1. Pp. 221–225.

11. Devterova N. I. Clover in the link of crop rotation on the chernozem soils of Adygea. *Agricultural Science and Education at the Present Stage of Development: Experience, Problems and Ways to Solve Them: collection of reports based on the Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation)*. Maykop, 2023. Pp. 152–156. (In Russ.)

12. Kishev A. Y., Berbekov K. Z., Shibzukhova Z. S., Shibzukhov Z. G. S., Mamsirov N. I. Improvement of cultivation technology of winter durum wheat in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. *E3S Web of International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations”*, FARBA. 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202125402028.

13. Gutorova O. A., Heudzen A. Kh., Hurum H. D. Environmental aspects of long-term use of mineral fertilizers on leached black soil of the Western Ciscaucasia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 659: 012122. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012122.

14. Tatoshin I. F., Mamisheva Z. M., Khatkova S. A. Techniques for minimizing basic tillage and the effectiveness of various cultivation technologies on leached fused chernozems of Adygea. *Modern Problems of Soil-Pro-*

tective Agriculture and Ways to Increase the Sustainability of Grain Production in Steppe Regions: collection of reports of the international scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the RSE "NPC grain farming named after A. I. Baraev" of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. Shortandy, 2006. Pp. 139–143. (In Russ.)

15. Kuzychenko Yu. A., Kulintsev V. V., Kobzev A. K. Efficiency of soil cultivation in crop rotations on various types of soils of the Fore-Caucasus. *Zemledelie*. 2017; 4: 19–22. (In Russ.)

16. Devterova N. I., Blagopoluchnaya O. A. Influence of tillage different methods on crop productivity and agrophysical properties of compacted chernozem. *Zemledelie*. 2019; 3: 31–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10308. (In Russ.)

17. Mamsirov N. I., Makarov A. A. On the role of agrophysical properties of chernozem soils in the formation of crop yields. *Actual Problems and Prospects for the Development of Agriculture in the South of Russia: collection of reports on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation)*. Maykop, 2019. Pp. 178–181. (In Russ.)

18. Shirinyan M. Kh., Bugaevskiy V. K. Alternative systems for the use of fertilizers in energy-saving technologies for cultivating winter crops. *Evolution of Scientific Technologies in Crop Production: collection of scientific conference*. Krasnodar, 2004. Vol. 4. Pp. 98–102. (In Russ.)

19. Devterova N. I., Mamsirov N. I., Zolotareva Yu. O. Improved technology for the integrated use of chemicals in the cultivation of winter barley on fused chernozems of Adygea: research results. Maykop: Individual Entrepreneur Magarin O. G., 2011. 39 p. (In Russ.)

20. Shafran S. A. Contribution of mineral fertilizers to the formation of the yield of field crops. Message 1. Nitrogen fertilizers. *Agrochemistry*. 2021; 7: 27–35. DOI: 10.31857/S0002188121070097. (In Russ.)

21. Kvashin A. A., Neshchadim N. N., Yablonskay E. K., Gorpichenko K. N. Crop yield and the quality of sunflower seeds in the use of fertilizers and growth regulation substances. *Helia*. 2018; 41 (69): 227–239. DOI: 10.1515/helia-2017-0014.

22. Sheudzhen A. Kh., Bondareva T. N., Onishchenko L. M. *Nutrition and fertilization of grain, cereal and leguminous crops*. Krasnodar: KubGAU, 2012. 231 p. (In Russ.)

23. Sheudzhen A. Kh., Gutorova O. A., Lutsenko I. M. Agrochemical estimation of Lignogumate on winter wheat crops in the conditions of the northwestern Precaucasia. *Agrochemistry*. 2022; 3: 31–40. DOI: 10.31857/S0002188122030103. (In Russ.)

24. *Lignohumate: general information, methods and results of application. Recommendations for agronomists*. Saint Petersburg: NPO RET LLC, 2016. 48 p. (In Russ.)

25. Lazarev V. I., Minchenko Zh. N. *Recommendations for the use of humic fertilizers on spring barley crops: a brochure*. Kursk: Kursk Federal Agrarian Scientific Center, 2023. 39 p. (In Russ.)

Authors' information:

Natalya I. Devterova, senior researcher at the department of agriculture, Scientific Research Institute of Agriculture, Maykop State Technological University, Maykop, Russia; ORCID 0000-0002-5859-2630, AuthorID 805306. E-mail: devterova55@mail.ru

Olga A. Blagopoluchnaya, senior researcher at the department of agriculture, Scientific Research Institute of Agriculture, Maykop State Technological University, Maykop, Russia; ORCID 0000-0002-6135-6057, AuthorID 715325. E-mail: blagopolu4naya@list.ru

Nurbii I. Mamsirov, doctor of agricultural sciences, associate professor, head of the department of agricultural production technology, Maykop State Technological University, Maykop, Russia; ORCID 0000-0003-4581-5505, AuthorID 377074. E-mail: nur.urup@mail.ru