

**Наталья Леонидовна Кураченко**

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук, профессор, Красноярск, Россия  
E-mail: kurachenko@mail.ru

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СВОЙСТВ АГРОЧЕРНОЗЕМА  
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО РАПСА НА МАСЛОСЕМЕНА**

*В полевом опыте в условиях Красноярской лесостепи проведена оценка сезонной динамики агрофизических и агрохимических свойств агрочернозема при возделывании ярового рапса сорта Надежный 92 на маслосемена. Исследованиями установлено, что функционирование ярового рапса в засушливых условиях характеризовалось плохими запасами продуктивной влаги с высокой их сезонной изменчивостью ( $C_v = 59\%$ ), рыхлым сложением ( $0,93 \text{ г/см}^3$ ) и отличной оструктуренностью ( $75\%$ ) 0–20 см слоя агрочернозема ( $C_v = 14–16\%$ ). Показано, что динамические изменения агрохимических показателей на 51–96 % сопряжены с условиями увлажнения почвы. Пополнение фонда легкогидролизуемого азота в период цветения рапса за счет отмирания корней и частей надземной массы сопровождалось его переходом в минеральную форму ( $r = -0,76$ ), что отразилось на сезонной динамике минеральных форм азота ( $C_v = 43–55\%$ ). Увеличение обеспеченности аммонийным азотом до очень высокой к периоду созревания семян ( $26 \text{ мг/кг}$ ) свидетельствовало о его накоплении в почве и сопровождалось преимущественным потреблением нитратного азота ( $6 \text{ мг/кг}$ ). Устойчивыми во времени показателями явились реакция почвенного раствора ( $C_v = 1\%$ ), содержание подвижного фосфора и обменного калия ( $C_v = 19–17\%$ ). На фоне средней ( $131 \text{ мг/кг}$ ) и очень высокой обеспеченности ( $209 \text{ мг/кг}$ ) агрочернозема подвижным фосфором и обменным калием отмечено их накопление в почвенном растворе в период от цветения до созревания семян рапса, что свидетельствует об агромелиоративном воздействии культуры на почву и сохранении ее плодородия.*

**Ключевые слова:** яровой рапс, агрочернозем, продуктивная влага, плотность сложения, структурный состав, легкогидролизуемый азот, минеральный азот, подвижный фосфор, обменный калий.

**Natalya L. Kurachenko**

Krasnoyarsk State Agrarian University, Dr. of Biol., Sci., Professor, Department of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk, Russia  
E-mail: kurachenko@mail.ru

**SEASONAL DYNAMICS OF AGRICHERNOZEM PROPERTIES  
IN CULTIVATION OF SPRING RAPE ON OIL SEEDS**

*In a field experiment under the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe, the assessment of the seasonal dynamics of the agrophysical and agrochemical properties of agrochernozem during the cultivation of spring rapeseed variety Nadezhny 92 for oilseeds was carried out. Studies have established that the functioning of spring rapeseed in arid conditions was characterized by poor reserves of productive moisture with high seasonal variability ( $C_v = 59\%$ ), loose constitution ( $0,93 \text{ g/cm}^3$ ) and excellent structure ( $75\%$ ) 0–20 cm layer of agrochernozem ( $C_v = 14–16\%$ ). It is shown that dynamic changes in agrochemical parameters by 51–96 % are associated with soil moisture conditions. The replenishment of the easily hydrolyzable nitrogen fund during the flowering period of rape due to the death of roots and parts of the aboveground mass was accompanied by its transition to the mineral form ( $r = -0,76$ ), which affected the seasonal dynamics of mineral forms of nitrogen ( $C_v = 43–55\%$ ). An increase in the supply of ammonium nitrogen to a very high one by the period of seed ripening ( $26 \text{ mg/kg}$ ) indicated its accumulation in the soil and was accompanied by the predominant consumption of nitrate nitrogen ( $6 \text{ mg/kg}$ ). The time-stable indicators were the reaction of the soil solution ( $C_v = 1\%$ ), the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium ( $C_v = 19–17\%$ ). Against the background of an average ( $131 \text{ mg/kg}$ ) and very high supply ( $209 \text{ mg/kg}$ ) of agrochernozem with*

*mobile phosphorus and exchangeable potassium, their accumulation in the soil solution was noted in the period from flowering to the ripening of rape seeds, which indicates the agromeliorative effect of the culture on the soil and her fertility.*

**Keywords:** *spring rapeseed, agrochernozem, productive moisture, bulk density, structural composition, easily hydrolysable nitrogen, mineral nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium.*

**Введение.** Рапс является одной из ведущих культур мирового земледелия. За последнюю четверть века его посевные площади увеличились во многих странах мира. Ценность ярового рапса как сельскохозяйственной культуры определяется его продовольственным, кормовым, техническим, агротехническим и экологическим значением. Из него получают дешевое пищевое растительное масло, высококачественные корма, биотопливо [1]. Преимуществом рапса также является высокая агрономическая ценность как предшественника в севообороте, заключающаяся в выполнении средообразующей и фитосанитарной роли, что особенно важно для современного сельского хозяйства [2–4]. Эта культура рано освобождает поле, оставляет после себя до 4,0 т/га растительных остатков, разрыхляет почву, улучшает ее структурное состояние, уменьшает засоренность полей. Корневая система рапса, проникая в пахотный слой, выносит на поверхность питательные вещества [5–7].

Производство высококачественных маслосемян в условиях Сибири – задача сложная, решение которой зависит не только от правильно подобранных сортов и агротехники, но и от погодных и почвенных условий [8, 9]. Именно черноземные почвы способны обеспечивать сельскохозяйственным культурам оптимальные условия произрастания и повышать их устойчивость к экстремальным условиям вегетации [10]. Возделывание ярового рапса на семена практически невозможно без эффективной системы защиты от сорняков и вредителей. Для снижения численности и вредоносности сорных растений и фитофагов необходима комплексная система защиты, включающая применение инсектицидов и гербицидов, что может оказать существенное воздействие на функционирование почвы. Таким образом, исследование свойств почв, почвенных режимов при возделывании ярового рапса на черноземах позволит определить пути агромелиоративного воздействия культуры на почву для повышения уровня их плодородия.

**Цель исследований.** Изучение особенностей сезонной динамики агрофизических и агрохимических свойств агрочернозема при возделыва-

нии ярового рапса на маслосемена в условиях Красноярской лесостепи.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проведены в 2018 г. в полевом опыте на базе учебного хозяйства «Миндерлинское» Красноярского государственного аграрного университета в Красноярской лесостепи (56° с.ш., 92° в.д.).

Красноярская лесостепь, где проводились полевые исследования, входит в центральную сельскохозяйственную территорию края, расположенную преимущественно по левобережью Енисея, к северу от Красноярска. Большая удаленность от океана накладывает определенный отпечаток на климат зоны, который характеризуется резкой континентальностью. На этой территории выпадает 350–450 мм осадков в год. Среднегодовая температура воздуха изменяется от 0,5 до 1,3 °С, иногда понижаясь до минус 2 °С. Продолжительность периода биологической активности варьирует от 90 до 115 суток. Сумма активных температур составляет 1550–1800 °С, почва промерзает на глубину 1,5–3,0 м.

Объект исследования – комплекс агрочерноземов глинисто-иллювиальных типичных и агрочерноземов криогенно-мицелярных тяжелоуглинистого гранулометрического состава и яровой рапс. На видовом уровне почвы опытного участка характеризовались как маломощные и мощные с высоким и очень высоким содержанием гумуса (8,6–11,1 %), нейтральной реакцией среды ( $pH_{H_2O}$  – 6,7–6,9), высокой суммой обменных оснований (55–62 мг-экв/100 г). В пахотном слое черноземов содержалось 152,0–316,0 мг/кг  $P_2O_5$ , 178,0–288,0 мг/кг  $K_2O$  [11].

Изучение сезонной динамики агрофизических и агрохимических свойств пахотных черноземов проводили в посевах рапса сорта Надежный 92, идущих по паровому предшественнику. Яровой рапс возделывался в условиях полной комплексной защиты с применением гербицидов Квикстеп, Галион и Эсток; инсектицида Борей и фунгицида Колосаль Про. Доза каждого из используемых препаратов соответствовала рекомендациям производителя. Органические и минеральные удобрения не применялись. Предпосевная обработка семян рапса осуществлялась за один день до его посева. Посев рапса на маслосемена проведен 17 мая.

Отбор почвенных образцов на агрофизические и агрохимические показатели проводили в слое 0–20 см в фазу начала всходов (июнь), цветения (июль), формирования стручков (август) и созревания (сентябрь) рапса. Учетная площадь делянки – 100 м<sup>2</sup>. Повторность отбора образцов на агрофизические свойства – 3-кратная. Агрохимические показатели определяли в смешанных образцах, составленных из 10 индивидуальных проб. В образцах определяли: плотность сложения по Н.А. Качинскому; влажность – термовесовым методом [12]; структурный состав – по Н.И. Саввинову [13]; нитратный, аммонийный азот – колориметрическим методом, легкогидролизуемый азот – по Корнфилду, подвижный фосфор и обменный калий по Чирикову [14]. Статистическая обработка полученных результатов проведена методами дисперсионного анализа и описательной статистики [15] с использованием программы MS Excel.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Вегетационный сезон 2018 г. характеризовался как теплый и острозасушливый. Начало вегетационного периода сопровождалось высокой среднесуточной температурой воздуха и небольшим количеством осадков. Особенно критическим для роста и развития растений оказа-

лись июль и август. В этот период при средней температуре воздуха, близкой к норме в июле и превышающей среднееголетние показатели на 3 °С в августе, выпало всего 15–21 мм осадков соответственно, что ниже нормы на 78–66 %.

Засушливые условия вегетации ярового рапса отмечались и в начальные периоды развития культуры, когда количество осадков составило 66 % к норме. В связи с характером погоды сезонная динамика запасов продуктивной влаги в вегетационный сезон отличалась высокой изменчивостью ( $C_v = 59\%$ ) (табл. 1). Запасы продуктивной влаги, накопленные в 0–20 см слое агрочернозема тяжелосуглинистого гранулометрического состава, свидетельствовали об удовлетворительной обеспеченности почвы к началу вегетации рапса (26 мм). Острозасушливые условия июня и июля способствовали существенному снижению запасов продуктивной влаги в почве. В период цветения ярового рапса они оценивались как плохие (6 мм). Важно отметить, что небольшие запасы влаги (< 20 мм) в 0–20 см слое агрочернозема сохранились до конца вегетации рапса, что обусловлено интенсивным выносом продуктивной влаги культурой и засушливыми условиями вегетационного периода.

Таблица 1

### Динамика агрофизических свойств агрочернозема в посевах рапса (0–20 см)

Показатель	Всходы	Цветение	Формирование стручков	Созревание	Хср	$C_v$ , %
Запасы продуктивной влаги, мм	25,6±1,4	5,8±0,5	10,9±0,6	16,6±0,8	14,6	59
Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	1,04±0,02	0,84±0,04	1,06±0,01	0,77±0,05	0,93	14
Содержание агрономически ценных фракций, %	84,9±5,8	73,2±6,2	82,6±9,3	60,0±7,8	74,7	16

Примечание: Хср – среднее арифметическое;  $C_v$ , % – коэффициент варьирования.

Плотность сложения, характеризуя взаимное расположение почвенных частиц и агрегатов с учетом пространства между ними, оказывает влияние на поглощение влаги, газообмен, развитие корневой системы растений и интенсивность микробиологических процессов. Формирование мощной разветвленной корневой системы рапса определило рыхлящий эффект культуры, проявляющийся от всходов до уборки. Плотность сложения агрочерноземов в течение вегетационного сезона изменялась от 0,77 до 1,06 г/см<sup>3</sup>, что позволяет считать почву рыхлой и нормально сложенной ( $C_v = 14\%$ ). Отлично оструктуренная почва от начала вегета-

ции ярового рапса до плодоношения отличалась господством комковато-зернистых отдельностей размером 2–1 мм (27–31 %). Содержание крупных агрегатов >10 мм составляло 14–27 % от массы пахотного слоя. Отлично отструктуренная почва с повышением влажности в сентябре становится хорошо оструктуренной (60 %).

Развитие растений и почвенных микроорганизмов, скорость и направленность происходящих в почве химических и биохимических процессов, усвоение растениями питательных веществ, минерализация органических веществ, разложение почвенных минералов, растворение труднора-

творимых соединений и другие физико-химические процессы определяются реакцией почвы. Исследованиями установлено, что реакция почвенного раствора в черноземе являлась нейтральной, что характерно для этого подтипа. Величина  $pH_{H_2O}$  под посевами рапса изменялась в течение вегетационного сезона от 7,2 до 7,3 ед. pH с незначительной величиной варьирования, не превышающей 1 % (табл. 2). Это позволяет заключить, что реакция почвенного раствора в черноземах при возделывании ярового рапса на фоне комплексной защиты растений является устойчивым во времени показателем.

Рапс особенно требователен к уровню азотного питания. Азот влияет на число завязей боковых побегов растений и завязываемых цветков рапса. При этом избыток азота может спровоцировать и обратный эффект. На создание 1 т семян и соответствующее количество побочной продукции затрачивается в среднем 60 кг азота, а для получения 30–40 ц/га семян рапса требуется 180–240 кг/га азота. Потребление азота

рапсом зависит от его сортовых особенностей, содержания доступного для растений минерального азота в почве в начале их роста, текущей минерализации органического азота почвы во время вегетации и доз азотных удобрений.

Определение легкогидролизуемого азота, являющегося ближайшим резервом азотного питания растений, показало различную обеспеченность агрочернозема гидролизуемыми органическими формами. Среднестатистическое содержание этой формы азота составило 102 мг/кг при варьировании от низкой до средней обеспеченности. В период цветения-созревания семян рапса отмечено пополнение фонда легкогидролизуемого азота, обусловленное отмиранием корней и части надземной массы культуры. Сильная отрицательная связь между влажностью почвы и содержанием легкогидролизуемого азота ( $r = -0,76$ ) свидетельствовала об усилении минерализационных процессов в почве и переходе легкогидролизуемого азота в минеральную форму.

Таблица 2

## Динамика агрохимических свойств агрочернозема в посевах рапса (0–20 см)

Показатель	Всходы	Цветение	Формирование стручков	Созревание	Хср	Cv, %
$pH_{H_2O}$	7,3±0,1	7,2±0,0	7,3±0,1	7,3±0,0	7,3	1
Легкогидролизуемый азот, мг/кг	74,0±3,4	126,0±6,2	84,0±3,5	126,0±3,9	102,5	27
Аммонийный азот, мг/кг	12,0±1,8	10,0±2,0	19,8±2,4	25,8±3,3	16,9	43
Нитратный азот, мг/кг	2,6±0,2	8,5±1,5	8,5±2,0	3,5±1,8	5,8	55
Подвижный фосфор, мг/кг	100,0±5,3	122,5±6,2	150,0±3,4	150,0±4,2	130,6	19
Обменный калий, мг/кг	178,7±9,8	259,9±7,2	189,7±5,8	207,7±7,3	209,0	17

В почвенных условиях роль аммонийного и нитратного азота в питании растений далеко не одинакова. Процесс аммонификации чрезвычайно распространен в почвах и осуществляется большим числом микроорганизмов. Увеличение обеспеченности аммонийным азотом от средней в период всходов рапса (12 мг/кг) до очень высокой к периоду созревания семян (26 мг/кг) свидетельствовало о его накоплении в почве. Причиной этого являлась слабая интенсивность нитрификационных процессов в засушливых условиях вегетации рапса. Установлено, что влажность почвы на 94 % определяла динамику аммонийного азота в посевах масличной культуры. Основной формой азота, используемого для питания растений ярового рапса явилась нитратная форма. Высокое сезонное варьирование ( $Cv = 55$  %) сопровождалось

в среднем низкой обеспеченностью агрочернозема нитратной формой азота (6 мг/кг).

Динамика подвижного фосфора в агрочерноземе при возделывании ярового рапса сопровождалась низкой обеспеченностью почвы в период «всходы – цветение» (100–123 мг/кг). В фазу формирования и созревания стручков отмечено пополнение почвенного раствора подвижными фосфатами до 150 мг/кг, что соответствовало среднему уровню обеспеченности. Потребность рапса в фосфоре в течение вегетации неодинакова: от появления всходов до образования розетки она составляет 10 %; от фазы стеблевания ярового рапса до конца цветения – 70 %; от конца цветения, до созревания семян – 20 % от общего потребления данного элемента [16]. Снижение интенсивности поглощения элементов питания в

этот межфазный период [17] и действие хорошо развитой корневой системы рапса, которая способна выносить в верхний слой почвы доступный для растений фосфор [18], явились факторами увеличения содержания подвижного фосфора в агрочерноземе. Характер сезонной динамики обменного калия в почве определялся условиями увлажнения вегетационного сезона ( $r = -0,73$ ). На фоне очень высокой обеспеченности почвы обменным калием снижение его содержания до 190 мг/кг пришлось на период формирования стручков, что обусловлено как интенсивным потреблением данного элемента растениями в это время, так и процессами его фиксации в засушливых условиях августа.

**Выводы.** Функционирование агроценоза ярового рапса в засушливых условиях вегетационного сезона определило рыхлое сложение и отличную оструктуренность агрочернозема. Динамические изменения агрохимических показателей на 51–96 % сопряжены с условиями увлажнения почвы и особенностями потребления и выноса питательных веществ растениями рапса в течение вегетации. Высокая обеспеченность почвы в период созревания семян ярового рапса аммонийным азотом, средняя подвижным фосфором и очень высокая обменным калием свидетельствуют об агромелиоративном воздействии культуры на почву и сохранении ее плодородия.

### Литература

1. *Лисицын А.Н., Григорьева В.Н., Лишаева Л.Н.* Рапс – высококачественная масличная культура многоцелевого назначения // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2013. № 1. С. 5–12.
2. *Smulikowska S.* Rape seeds and cake as a feed for peltry and swine and their effects on quality of animal products // *Rosliny Oleiste. Poznan.* 2003. Т. 24. Р. 11–23.
3. *Сатубалдин К.К.* Фитосанитарная роль рапса в севообороте // Защита и карантин растений. 2004. № 9. С. 48–49.
4. *Finlayson A.J.* Changes in the nitrogenous components rapeseed (*Brassica napus*) grown on a nitrogen and sulfur deficient soil // *Canadian Journal of Plant Science.* 1970. № 6. Р. 705–709. DOI: 10.4141/cjps70-131.
5. *Каримов А.З., Хисматуллин М.М., Сафиоллин Ф.Н.* Последствие сортов и гибридов ярового рапса, возделываемых на разных фонах минерального питания, на урожайность яровой пшеницы Эскада 70 // Вестник Казанского ГАУ. 2015. № 2 (36). С. 114–116.
6. *Тошкина Е.А., Бевз С.Я.* Агробиологическая оценка сортов рапса ярового в условиях Новгородской области // Научные труды по агрономии. 2019. № 2. С. 23–28.
7. *Агафонов О.М., Ревенко В.Ю., Свиридов Н.Н.* Оценка продуктивности рапса озимого при использовании различных агротехнических приемов // *International Journal of Humanities and Natural Sciences.* 2020. Vol. 1-1 (40). Р. 130–133.
8. *Бонн В.Л., Пыжикова Н.И., Кураченко Н.Л.* и др. Обоснование способов и сроков уборки масличных культур (рапс, рыжик, горчица) в условиях Канской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2019. № 6. С. 52–58.
9. *Кураченко Н.Л., Ульянова О.А., Власенко О.А.* и др. Оценка соответствия почвенно-агрохимических условий Канской лесостепи биологическим потребностям растений рапса и рыжика // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 11. С. 5–9.
10. *Кольцова Т.Г., Андреева А.А., Сунгатуллина Л.М.* Сравнительная характеристика свойств выщелоченного чернозема при конверсионном и органическом земледелии // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 1. С. 44–48.
11. *Кураченко Н.Л., Халипский А.Н., Казанов В.В.* Влияние микробиологического удобрения «Азофит» на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность рапса, возделываемого на маслосемена // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3. С. 22–28.
12. *Александрова Л.Н., Найденова О.А.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Колос, 1986. 350 с.
13. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
14. Агрохимические методы исследования почв / под ред. *А.В. Соколова.* М.: Наука, 1975. 487 с.
15. *Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1995. 319 с.
16. *Чухина О.В., Суров В.В., Токарева Н.В.* и др. Качество и урожайность культур звена севооборота при применении удобрений и микробиологических препаратов в Вологодской области // Плодородие. 2015. № 1. С. 25–29.
17. *Нурлыгаянов Р.Б., Исмагилов Р.Р., Исмагилов К.Р.* Влияние минеральных удобрений на урожайность семян ярового рапса (*Brassica napus* L.) // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 2. С. 70–74.

18. Graf T. Standpunkt zur Erzeugung und Verwendung von Rapsol und Biodiesel in der Landwirtschaft // Thuringer Landesanstalt für Landwirtschaft. 2004. P. 8.

### Литература

1. Lisicyan A.N., Grigor'eva V.N., Lishaeva L.N. Raps – vysokokachestvennaya maslichnaya kul'tura mnogocelevevogo naznacheniya // Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhirov. 2013. № 1. S. 5–12.
2. Smulikowska S. Rape seeds and cake as a feed for peltry and swine and their effects on quality of animal products // Rosliny Oleiste. Poznan. 2003. T. 24. P. 11–23.
3. Satubaldin K.K. Fitosanitarnaya rol' rapsa v sevooborote // Zashchita i karantin rastenij. 2004. № 9. S. 48–49.
4. Finlayson A.J. Changes in the nitrogenous components rapeseed (*Brassica napus*) grown on a nitrogen and sulfur deficient soil // Canadian Journal of Plant Science. 1970. № 6. P. 705–709. DOI: 10.4141/cjps70-131.
5. Karimov A.Z., Hismatullin M.M., Safiollin F.N. Posledejstvie sortov i gibridov yarovogo rapsa, vozdeleyaemyh na raznyh fonah mineral'nogo pitaniya, na urozhajnost' yarovoj pshenicy `Eskada 70 // Vestnik Kazanskogo GAU. 2015. № 2 (36). S. 114–116.
6. Toshkina E.A., Bevez S.Ya. Agrobiologicheskaya ocenka sortov rapsa yarovogo v usloviyah Novgorodskoj oblasti // Nauchnye trudy po agronomii. 2019. № 2. S. 23–28.
7. Agafonov O.M., Revenko V.Yu., Sviridov N.N. Ocenka produktivnosti rapsa ozimogo pri ispol'zovanii razlichnyh agrotehnicheskikh priemov // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2020. Vol. 1-1 (40). P. 130–133.
8. Bopp V.L., Pyzhikova N.I., Kurachenko N.L. i dr. Obosnovanie sposobov i srokov uborki maslichnyh kul'tur (raps, ryzhik, gorchica) v usloviyah Kanskoy lesostepi // Vestnik KrasGAU. 2019. № 6. S. 52–58.
9. Kurachenko N.L., Ul'yanova O.A., Vlasenko O.A. i dr. Ocenka sootvetstviya pochvenno-agrohimi-cheskikh uslovij Kanskoy lesostepi biologicheskim potrebnyam rastenij rapsa i ryzhika // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2019. T. 33, № 11. S. 5–9.
10. Kol'cova T.G., Andreeva A.A., Sungatullina L.M. Sravnitel'naya karakteristika svojstv vyschelo-chennogo chernozema pri konverzionnom i organicheskom zemledelii // Rossijskij zhurnal prikladnoj `ekologii. 2015. № 1. S. 44–48.
11. Kurachenko N.L., Halipskij A.N., Kazanov V.V. Vliyanie mikrobiologicheskogo udobreniya «Azofit» na agrofizicheskoe sostoyanie chernozema i produktivnost' rapsa, vozdeleyaemogo na maslose-mena // Vestnik KrasGAU. 2019. № 3. S. 22–28.
12. Aleksandrova L.N., Najdenova O.A. Laborator-no-prakticheskie zanyatiya po pochvovedeniyu. L.: Kolos, 1986. 350 s.
13. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issle-dovaniya fizicheskikh svojstv pochv. M.: Agropromizdat, 1986. 416 s.
14. Agrohimiicheskie metody issledovaniya pochv / pod red. A.V. Sokolova. M.: Nauka, 1975. 487 s.
15. Dmitriev E.A. Matematicheskaya statistika v pochvovedenii. M.: Izd-vo MGU, 1995. 319 s.
16. Chuhina O.V., Surov V.V., Tokareva N.V. i dr. Kachestvo i urozhajnost' kul'tur zvena sevoob-oroata pri primenenii udobrenij i mikrobiologich-eskikh preparatov v Vologodskoj oblasti // Plodorodie. 2015. № 1. S. 25–29.
17. Nurlygayanov R.B., Ismagilov R.R., Ismagilov K.R. Vliyanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' semyan yarovogo rapsa (*Brassica napus* L.) // Problemy agrohimii i `ekologii. 2019. № 2. S. 70–74.
18. Graf T. Standpunkt zur Erzeugung und Verwendung von Rapsol und Biodiesel in der Landwirtschaft // Thuringer Landesanstalt für Landwirtschaft. 2004. P. 8.

Результаты получены в рамках выполнения научных исследований по теме «Создание комплексного высокотехнологического производства растительного сырья и продуктов его переработки в условиях Сибири».