

Павел Афанасьевич Постников

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и кормопроизводства, кандидат сельскохозяйственных наук, Екатеринбург, Россия

E-mail: postnikov.ural@mail.ru

Вера Викторовна Попова

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, старший научный сотрудник аналитической лаборатории, Екатеринбург, Россия

E-mail: vvporova_77@mail.ru

Ольга Владимировна Васина

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, младший научный сотрудник земледелия и кормопроизводства, Екатеринбург, Россия

E-mail: vasina_ov@mail.ru

Елена Леонидовна Тиханская

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, младший научный сотрудник земледелия и кормопроизводства, Екатеринбург, Россия

E-mail: eltikhanskay@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯРОВОГО РАПСА В КАЧЕСТВЕ СИДЕРАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Цель исследования – изучить воздействие минеральных удобрений и метеорологических условий на урожайность и химический состав ярового рапса, используемого на сидеральное удобрение. Задачи исследования – выявить размеры накопления элементов питания с урожаем сидеральной культуры; дать оценку сидерального пара в качестве предшественника яровой пшеницы. Полевые исследования проведены в стационарном опыте на темно-серой лесной тяжело-суглинистой почве в Уральском научно-исследовательском институте – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук». Объектом исследования являлся яровой рапс Луч, который включен в схему зернопаросидерального севооборота: сидеральный пар – пшеница – овес – горох – ячмень. Влияние удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур севооборота изучено на трех фонах питания: 1) контроль (без удобрений); 2) минеральный – $N_{30}P_{30}K_{30}$ (в среднем на 1 га севооборотной площади); 3) органоминеральный – $N_{24}P_{24}K_{24}$ + сидерат + солома. Установлено, что при применении минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ наибольший сбор сидеральной культуры в интервале от 23,0 до 24,2 т/га получен при умеренном увлажнении. Содержание азота, фосфора и калия в сухой массе рапса во многом зависело от применения минеральных удобрений и условий увлажнения. Наибольшая концентрация азота и фосфора в сидеральной культуре обнаружена при ГТК на уровне 1,1–1,6 единицы. В отличие от других элементов питания максимальное содержание K_2O отмечено при избыточном увлажнении. Установлено, что с одной тонной сидерата в почву поступает в среднем около 10,7 кг NPK. За две ротации зернопаросидерального севооборота с сидератом в почву запахивалось суммарно азота, фосфора и калия около 202–221 кг/га, что в среднем соответствует 15 т подстилочного навоза. Из-за невысокой продуктивности клевера в годы исследования сидеральный пар по воздействию на урожайность яровой пшеницы превосходил бобовую культуру.

Ключевые слова: яровой рапс, сидеральная культура, минеральные удобрения, гидротермический коэффициент, урожайность, азот, фосфор, калий.

Pavel A. Postnikov

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of RAS, leading researcher at the Department of Agriculture and Fodder Production, Candidate of Agricultural Sciences, Yekaterinburg, Russia

E-mail: postnikov.ural@mail.ru

Vera V. Popova

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the RAS, senior researcher at the analytical laboratory, Yekaterinburg, Russia

E-mail: vvpopova_77@mail.ru

Olga V. Vasina

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of RAS, junior researcher in agriculture and fodder production, Yekaterinburg, Russia

E-mail: vasina_ov@mail.ru

Elena L. Tihanskaya

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of RAS, Junior Researcher in Agriculture and Fodder Production, Yekaterinburg, Russia

E-mail: eltikhanskay@mail.ru

USING SPRING RAPESEED AS A SIDERAL CROP IN THE MIDDLE URALS CONDITIONS

The aim of the study is to research the effect of mineral fertilizers and meteorological conditions on the yield and chemical composition of spring rape used for green manure fertilizers. Research objectives are to reveal the size of the accumulation of nutrients with the harvest of green manure crop; to evaluate green manure fallow as a precursor of spring wheat. Field studies were carried out in a stationary experiment on dark gray forest heavy loamy soil at the Ural Research Institute – a branch of the Federal State Budgetary Research Institution "Ural Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences". The object of the study was the spring rape Luch, which was included in the scheme of grain-parosideral crop rotation: green manure fallow – wheat – oats – peas – barley. The influence of fertilizers on the productivity of crop rotation of agricultural crops was studied on three nutritional backgrounds: 1) control (without fertilizers); 2) mineral – $N_{30}P_{30}K_{30}$ (on average per 1 hectare of crop rotation area); 3) organomineral – $N_{24}P_{24}K_{24}$ + green manure + straw. It was found that when using mineral fertilizers at a dose of $N_{30}P_{30}K_{30}$, the largest collection of green manure crops in the range from 23.0 to 24.2 t/ha was obtained with moderate moisture. The content of nitrogen, phosphorus and potassium in the dry mass of rapeseed largely depended on the use of mineral fertilizers and moisture conditions. The highest concentration of nitrogen and phosphorus in the green manure was found at the level of 1.1–1.6 units with SCC. Unlike other nutrients, the maximum content of K_2O was observed with excessive moisture. It was established that, on average, about 10.7 kg of NPK enters the soil from one ton of green manure. For two rotations of the grain-parosideral crop rotation with green manure, a total of about 202–221 kg/ha of nitrogen, phosphorus and potassium was plowed into the soil, which on average corresponds to 15 tons of litter manure. Due to the low productivity of clover during the years of the study, green manure fallow surpassed the legume crop in terms of the effect on the yield of spring wheat.

Keywords: spring rape, green manure, mineral fertilizers, hydrothermal coefficient, yield, nitrogen, phosphorus, potassium.

Введение. В настоящее время при недостаточных объемах применения минеральных и органических удобрений складывается отрицательный баланс азота, фосфора и калия, в т. ч. такая

тенденция отмечена в Свердловской области [1]. Суммарный дефицит основных элементов питания в последнее десятилетие (2010–2019 гг.) варьировал на уровне 73–90 кг/га, т. е. формиро-

вание урожая сельскохозяйственных культур в области происходит за счет почвенных запасов, накопленных в годы активной химизации пахотных земель. Игнорирование данной ситуации чревато падением почвенного плодородия, о чем свидетельствуют результаты агрохимического обследования почв за последние годы.

Одним из способов сохранения плодородия пахотных земель является возделывание сидеральных культур в севооборотах [2–4], которые при недостаточных объемах применения органических удобрений (навоза, компостов) служат альтернативным источником поступления в почву свежего органического вещества.

Применение элементов биологизации должно осуществляться через освоение севооборотов, включающих замену чистых паров на сидеральные, расширение площадей под однолетними и многолетними бобовыми травами, включение промежуточных культур и т. д. [5, 6].

При выборе сидеральной культуры важно учитывать, чтобы в соответствующих почвенно-климатических условиях была возможность получить от нее максимальные урожаи с высоким содержанием легкодоступных питательных элементов. Заделка свежей органической массы позволяет существенно улучшить агрофизические и агрохимические свойства пахотных земель [4, 7], фитосанитарное состояние пахотного слоя [8], а в сочетании с соломой обеспечить бездефицитный баланс гумуса в почве [9].

Наиболее перспективно использовать на зеленое удобрение культуры семейства капустных (рапс, сурепица, горчица). В настоящее время площади посева ярового рапса по Российской Федерации с 2005 г. увеличились в 4 раза (в 2017 г. более 1,0 млн га) [10], его главным образом используют на получение маслосемян и кормовые цели. Данная культура с момента всходов может за 35–40 дней сформировать хорошую надземную биомассу, которую целесообразно использовать в качестве сидератов в полевых севооборотах для обогащения почвы легкодоступными элементами питания и улучшения ее структуры.

Цель исследования: изучить воздействие минеральных удобрений и метеорологических условий на урожайность и химический состав ярового рапса, используемого на сидеральное удобрение.

Объект, методика и условия исследования. Исследование выполнено в «Уральском аграрном научно-исследовательском центре Уральского отделения Российской академии наук» в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки, направление 142 Программы ФНИ государственных академий наук по теме «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимализации обработки почвы, диверсификации севооборотов, интегрированной защиты растений, биологизации, сохранения и повышения почвенного плодородия». Изучение эффективности сидерального пара проведено в стационарном полевом опыте в 2011–2020 гг. Схема опыта включала зернопаросидеральный севооборот: сидеральный пар (рапс) – яровая пшеница – овес – горох – ячмень. Размещение культур на местности проведено в трехкратной повторности во времени и пространстве. Ежегодно все культуры севооборота высевались на опытных делянках, в первом ярусе последовательно, во втором и третьем – рендомизированно.

Опытный участок размещался на темно-серой лесной почве и имел следующие агрохимические показатели: содержание легкогидролизуемого азота – 146–168 мг; подвижного фосфора – 206–248 и обменного калия – 138–172 мг/кг; рН солевой вытяжки – 4,97– 5,09 и гумуса – 4,84–5,07 %.

При изучении эффективности применения удобрений за ротацию севооборота делянки с высеваемыми культурами подразделялись на субделянки. Влияние удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур севооборота изучено на трех фонах питания: 1) контроль (без удобрений); 2) минеральный – $N_{30}P_{30}K_{30}$ (в среднем на 1 га севооборотной площади); 3) органоминеральный – $N_{24}P_{24}K_{24}$ + сидерат + солома.

Объектом исследования являлся яровой рапс, сорт Луч, районированный в Уральском регионе. В паровом поле под крестоцветную культуру перед посевом локально вносили сложное азотно-фосфорно-калийное удобрение с содержанием основных элементов питания по 15 %. Доза минерального удобрения – $N_{30}P_{30}K_{30}$. Почва на делянках в начале вегетации обраба-

тывалась по типу полупара, после закрытия влаги проведено две междурядные обработки. Посев рапса осуществлялся сеялкой СН-16, в начале второй декады июня. Учет урожая сидеральной культуры проводился в фазе цветения (первая декада августа), затем зеленая масса запахивалась на удобрение.

Вегетационные периоды 2011–2020 гг. имели заметные отклонения по атмосферным осадкам и среднесуточной температуре воздуха от среднесезонных показателей. Недобор осадков в летний период отмечен в 2012, 2016, 2020 гг. В 4 из 10 лет наблюдались умеренно влажные условия в течение лета, а избыток влаги с сочетанием температуры воздуха ниже нормы выявлен в 2014–2015 и 2019 гг.

Результаты исследования и их обсуждение. При гидротермическом коэффициенте (ГТК) за период вегетации рапса ниже 1,1 получен наименьший сбор зеленой массы в варианте без удобрений (табл. 1). В умеренно и избыточно увлажненные годы на естественном фоне плодородия не выявлено заметных различий по урожайности ярового рапса.

Внесение минеральных удобрений оказывало существенное влияние на сбор зеленой массы сидеральной культуры. Минимальная урожайность ярового рапса достигнута в засушливые годы, прибавка урожая от удобрений составила 3,6–4,2 т/га. В благоприятные по увлажнению годы, когда в июле при формировании биомассы количество атмосферных осадков было на уровне среднесезонного показателя или чуть выше, дополнительный прирост зеленой массы на удобренных фонах питания равнялся 9,3–10,5 т/га.

При избытке осадков летом (выше нормы на 40–120 %) происходит ухудшение питательного режима в пахотном слое. По данным лизиметрического опыта, проведенного в Уральском НИИСХ, в летний период вымывается до 10–15 кг/га минерального азота, где 94–96 % приходится на нитраты [11]. Данная закономерность четко проявлялась в июне 2014–2015 гг., когда растения рапса были развиты еще слабо. В результате ухудшения гидротермических условий его урожайность ниже на 3,3–3,8 т/га в сравнении с умеренным увлажнением.

Таблица 1

Продуктивность ярового рапса в зависимости от метеорологических условий, т/га (2011–2020 гг.)

Группа лет по условиям увлажнения за период вегетации рапса	Фон питания		
	без удобрений	минеральный	органоминеральный
Засушливые, ГТК менее 1,0 (2012, 2016, 2020)	<u>10,5</u> 2,34	<u>14,7</u> 3,06	<u>14,1</u> 2,87
Умеренно влажные, ГТК от 1,1 до 1,6 (2011, 2013, 2017, 2018)	<u>13,7</u> 2,10	<u>24,2</u> 3,49	<u>23,0</u> 3,46
Влажные, ГТК более 1,7 (2014, 2015, 2019)	<u>13,5</u> 2,28	<u>20,9</u> 3,49	<u>19,2</u> 3,22
В среднем	<u>12,7</u> 2,23	<u>20,3</u> 3,35	<u>19,2</u> 3,19
НСР ₀₅ для условий увлажнения	1,94		
НСР ₀₅ для фона питания	3,35		

Примечание: в числителе – сбор зеленой массы; в знаменателе – выход сухой массы.

В среднем за 2 ротации севооборота при внесении сложных удобрений в дозе N₃₀P₃₀K₃₀ прибавка урожая зеленой массы составила 6,5–7,6 т/га. Из всех лет наблюдений в стационарном опыте максимальные урожаи ярового рапса достигнуты в 2013 г., уровень урожайности составил 26,0–28,7 т/га.

По сбору сухого вещества с урожаем рапса отмечены несколько иные зависимости. В засушливых условиях на естественном фоне плодородия темно-серой почвы выявлен более высокий выход сухой массы по сравнению с другими условиями увлажнения. Это связано с более высоким процентным содержанием сухого

вещества в биомассе крестоцветной культуры. На удобренных фонах обнаружено достоверное увеличение накопления сухого вещества с урожаем рапса ($НСР_{05} = 0,42$ т/га) при умеренном количестве осадков.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$, независимо от величины ГТК, достоверно увеличивало выход сухой массы с урожаем ярового рапса по отношению к контролю ($НСР_{05} = 0,61$ т/га). Максимальная разница между фонами достигнута в годы с умеренной увлажненностью. Можно отметить, что на органоминеральном фоне питания выявлена тенденция снижения сбора сухой массы в засушливых и избыточно влажных условиях по сравнению с минеральным. Это, на наш взгляд, связано с внесением соломы ячменя в данном варианте – предшествующей культуры перед паровым полем. Ухудшение гидротермических условий снижало разложение органической массы побочной продукции, тем самым уменьшая доступность минерального азота в пахотном слое почвы. Из 10 лет исследования максимальное накопление сухой массы обнаружено в 2015 и 2017 гг., оно было на уровне 4,33–4,65 т/га.

Корреляционный анализ урожайных данных показал, что существует положительная связь между урожаями рапса и суммой осадков, ГТК за июль ($r = 0,28–0,45$). В то же время обнару-

жена отрицательная взаимосвязь с увеличением среднесуточной температуры воздуха за месяц, ее величина составила минус 0,28–0,41 °С. Доля вклада влияния погодных условий на урожайность сидеральной культуры составила 37 %, а удобрений – 43 %.

Усредненные данные по химическому составу сидерата свидетельствуют, что в сухой биомассе больше всего накапливается калия, меньше всего – фосфора, азот занимал промежуточное положение (табл. 2). Применение минеральных удобрений повысило содержание основных элементов питания по отношению к контролю. На органоминеральном фоне питания отмечена тенденция снижения процентного содержания фосфора и калия по сравнению с вариантом, где применялись минеральные удобрения.

Условия увлажнения в период вегетации оказывали заметное влияние на химический состав зеленой массы ярового рапса. Так, в контрольном варианте максимальный процент содержания по азоту и фосфору отмечен при ГТК 1,1–1,6, при уменьшении или увеличении данного показателя их процент в биомассе снижался. В то же время наибольшее количество K_2O в сухой массе рапса выявлено при избыточном увлажнении. Данная зависимость отмечена на других фонах питания.

Таблица 2

Химический состав ярового рапса, % на сухое вещество (2011–2020 гг.)

Условия увлажнения	Элемент питания	Фон питания		
		без удобрений	минеральный	органоминеральный
Засушливые	N	1,78	2,32	2,32
	P	0,50	0,66	0,53
	K	2,47	2,74	2,73
Умеренно влажные	N	2,52	2,86	2,96
	P	0,84	1,05	0,94
	K	2,74	3,45	3,07
Избыточно влажные	N	2,01	2,24	2,17
	P	0,81	0,82	0,83
	K	3,42	3,82	3,73
Среднее	N	2,15	2,51	2,53
	P	0,73	0,86	0,78
	K	2,87	3,35	3,17

При избыточных условиях увлажнения на минеральном и органоминеральном фонах питания отмечена четкая тенденция снижения содержания N в биомассе рапса, даже по сравнению с годами с недостаточным выпадением атмосферных осадков.

Пересчет процентного содержания элементов питания показал, что в расчете на 1 т в сыром веществе количество азота и калия варьировало от 4,07 до 5,14 кг/т (табл. 3). В среднем на удобренных фонах с 1 т сидерального удобрения суммарно поступало около 10,7 кг NPK, что выше контроля на 1,4 кг.

Усредненные данные за две ротации зернопаросидерального севооборота показали, что общее поступление азота, фосфора и калия в почву с надземной биомассой сидеральной культуры на минеральном и органоминеральных фонах питания составило от 202 до 221 кг/га. При содержании элементов питания в подстилочном навозе в среднем по области на уровне 14 кг/т за ротацию зернопаросидерального севооборота запашка зеленой массы сидеральной культуры по количеству азота, фосфора и калия примерно соответствовала 15 т традиционного органического удобрения [12].

Таблица 3

Накопление элементов питания с урожаем рапса, 2011–2020 гг.

Элемент питания	Фон питания		
	без удобрений	минеральный	органоминеральный
На натуральное вещество, кг/т			
N	3,48	4,07	4,10
P	1,20	1,39	1,26
K	4,66	5,43	5,14
Сумма	9,34	10,9	10,5
Поступление элементов питания с урожаем, кг/га			
N	44,2	82,6	78,7
P	15,2	28,2	24,2
K	59,2	110,2	98,7
Суммарное накопление	118,6	221,0	201,6

Изучение различных схем севооборотов в стационарном длительном опыте Уральского НИИСХ позволило дать оценку предшественникам для яровой пшеницы. Установлено, что на окультуренной темно-серой лесной почве возможно получение сбора зерна яровой культуры на уровне 2,5–2,7 т, а в благоприятные годы по увлажнению – до 3,0 т/га и выше (табл. 4). На фоне естественного плодородия почвы по своей эффективности сидеральный пар и клевер мало различались между собой. Выявлена тенденция снижения урожайности пшеницы в контроле по гороху, разница составила в среднем около 0,08–0,17 т/га.

На фоне применения умеренных доз минеральных удобрений по всем предшественникам отмечено повышение урожайности яровой пшеницы, прибавка зерна варьировала в пределах от 0,6 до 1,11 т/га. Ввиду невысокой продуктивности клевера в годы исследования, он по влиянию на сбор зерна пшеницы заметно уступал сидеральному пару. На органоминеральном фоне выявлены достоверные различия по прибавкам урожая между предшественниками, что связано с меньшей доступностью минерального азота из-за более медленного разложения растительных остатков по пласту клевера [1].

**Урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественника
и фона питания, т/га (2011–2020 гг.)**

Предшественник	Фон питания		
	без удобрений	минеральный	органо-минеральный
Сидеральный пар (рапс)	2,69	3,80	3,79
Горох*	2,52	3,34	3,36
Клевер 1 г.п.*	2,60	3,42	3,20
НСР ₀₅ предшественник	0,41		
НСР ₀₅ для фона питания	0,62		

*Данные из зернотравяных севооборотов.

В первой ротации севооборотов длительного опыта (2006–2010 гг.) при более высокой урожайности клевера не обнаружено различий по эффективности как предшественника между ним и сидеральным паром. За две ротации зернотравяного севооборота горох как предшественник по влиянию на урожайность яровой пшеницы практически не уступал многолетней бобовой культуре.

Выводы

1. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ увеличило урожайность ярового рапса на 6,5–7,6 т/га по отношению к контролю (13,7 т). Максимальный выход зеленой массы сидеральной культуры получен при умеренном увлажнении, ГТК за период вегетации рапса (июнь – август) варьировал в пределах от 1,1 до 1,6 ед.

2. Уровень накопления основных элементов питания определялся условиями увлажнения и внесением минеральных удобрений. Максимальная концентрация азота, фосфора в сухой массе выявлена при умеренной увлажненности летнего периода, а наибольшее содержание калия в растениях обнаружено в годы с избыточным количеством атмосферных осадков.

3. На фоне применения минеральных удобрений с 1 т сидерата поступало около 10,7 кг НРК. За 10 лет исследования в почву в среднем суммарно поступало от 202 до 221 кг основных элементов питания, что примерно соответствует 15 т подстилочного навоза.

4. Сидеральный пар способствовал дополнительному сбору зерна яровой пшеницы по сравнению с такими предшественниками, как клевер и горох, в среднем за 2 ротации севооборота прибавка урожая составила 0,38–0,59 т/га.

Литература

1. Зезин Н.Н., Панфилов А.Э., Шанина Е.П. и др. Научно обоснованная зональная система земледелия Свердловской области / Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФА-НИЦ УрО РАН. Екатеринбург, 2020. 372 с.
2. Комарова Н.А. Значение различных паров в изменении плотности светло-серой лесной почвы и урожайность культур севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 63, № 2. С. 58–63.
3. Цвынтарная Л.А., Солодун В.И. Влияние различных сидератов и способов их заделки на основные показатели плодородия серой лесной почвы, засоренность посевов и урожайность пшеницы // Актуальные вопросы аграрной науки. 2014. № 10. С. 5–12.
4. Котова Е.А. Эффективное применение сидератов как приема фитомелиорации серых лесных почв // Вестник аграрной науки. 2020. № 2 (83). С. 157–162.
5. Ахметзянов М.Р., Таланов И.П. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсивности биологизации земледелия // Вестник Казанского ГАУ. 2019. Т. 14, № 54-1 (55). С. 10–14.
6. Тойгильдин А.Л., Морозов В.И., Подсевалов М.И. и др. Научно-практическое обоснование биологизации земледелия лесостепной зоны Поволжья. Ульяновск, 2020. 386 с.
7. Васильев В.А. Влияние сидератов на фитосанитарное состояние агроэкосистем картофеля // Пермский аграрный вестник. 2014. № 3 (7). С. 3–10.
8. Разина А.А., Дятлова О.Г. Сидеральный пар – агроприем для снижения распростра-

- нения корневой гнили // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 6. С. 5–11.
9. Зезин Н.Н., Постников П.А., Намятов М.А. Баланс гумуса в севооборотах // Пермский аграрный вестник. 2019. № 2 (26). С. 57–64.
 10. Олейникова Е.Н., Янова М.А., Пыжикова Н.И. и др. Яровой рапс – перспективная культура для развития агропромышленного комплекса Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2019. № 1 (142). С. 74–80.
 11. Зезин Н.Н., Огородников Л.П., Постников П.А. и др. Лизиметрические исследования на Среднем Урале. Екатеринбург: Джи Лайм, 2020. 252 с.
 12. Копытов М.Н., Намятов М.А., Зезин Н.Н. и др. Методика оценки эффективности внедрения факторов биологизации земледелия в Свердловской области. Екатеринбург, 2006. 18 с.

Literatura

1. Zezin N.N., Panfilov A. E., Shanina E.P. i dr. Nauchno obosnovannaya zonal'naya sistema zemledeliya Sverdlovskoj oblasti / Ural'skij NIISH – filial FGBNU UrFANIC UrO RAN. Ekaterinburg, 2020. 372 s.
2. Komarova N.A. Znachenie razlichnyh parov v izmenenii plotnosti svetlo-seroj lesnoj pochvy i urozhajnost' kul'tur sevooborota // Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. T. 63, № 2. S. 58–63.
3. Cvyntarnaya L.A., Solodun V.I. Vliyanie razlichnyh sideratov i sposobov ih zadelki na osnovnye pokazateli plodorodiya seroj lesnoj pochvy, zasorennost' posevov i urozhajnost' pshenicy // Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki. 2014. № 10. S. 5–12.
4. Kotova E.A. `Effektivnoe primenenie sideratov kak priema fitomelioracii seryh lesnyh pochv // Vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 2 (83). S. 157–162.
5. Ahmetzyanov M.R., Talanov I.P. `Effektivnost' polevyh sevooborotov pri razlichnyh urovnnyah intensivnosti biologizacii zemledeliya // Vestnik Kazanskogo GAU. 2019. T. 14, № 54-1 (55). S. 10–14.
6. Tojgil'din A.L., Morozov V.I., Podsevalov M.I. i dr. Nauchno-prakticheskoe obosnovanie biologizacii zemledeliya lesostepnoj zony Povolzh'ya. Ul'yanovsk, 2020. 386 s.
7. Vasil'ev V.A. Vliyanie sideratov na fitosanitarnoe sostoyanie agro`ekosistem kartofelya // Permskij agrarnyj vestnik. 2014. № 3 (7). S. 3–10.
8. Razina A.A., Dyatlova O.G. Sideral'nyj par – agropriem dlya snizheniya rasprostraneniya kornevoj gnili // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016. № 6. S. 5–11.
9. Zezin N.N., Postnikov P.A., Namyatov M.A. Balans gumusa v sevooborotah // Permskij agrarnyj vestnik. 2019. № 2 (26). S. 57–64.
10. Olejnikova E.N., Yanova M.A., Pyzhikova N.I. i dr. Yarovoj raps – perspektivnaya kul'tura dlya razvitiya agropromyslennogo kompleksa Krasnoyarskogo kraja // Vestnik KrasGAU. 2019. № 1 (142). S. 74–80.
11. Zezin N.N., Oгородников L.P., Postnikov P.A. i dr. Lizimetricheskie issledovaniya na Srednem Urale. Ekaterinburg: Dzhi Lajm, 2020. 252 s.
12. Kopytov M.N., Namyatov M.A., Zezin N.N. i dr. Metodika ocenki `effektivnosti vnedreniya faktorov biologizacii zemledeliya v Sverdlovskoj oblasti. Ekaterinburg, 2006. 18 s.