

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Научная статья

УДК 631.51:631.8:631.582

DOI 10.24888/2541-7835-2024-32-76-83

ВЗАИМОСВЯЗЬ УРОЖАЙНОСТИ И СЛАГАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЕЕ ВЕЛИЧИНУ

Беленков Алексей Иванович^{1✉}, **Мазиров Михаил Арнольдович**²,
Зеленев Александр Васильевич³

¹ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса», Московская область, Лобня, Россия

²РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

³ФИЦ «Немчиновка», Москва, Россия

¹belenokaleksis@mail.ru✉

²mazirov@mail.ru

³zelenev.a@bk.ru

Аннотация. Результативность любого исследования зависит от индивидуального вклада каждого из изучаемых факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур. В связи с этим проведен анализ по влиянию отдельных групп показателей на формирование урожайности зерновых культур и картофеля в полевом опыте Центра точного земледелия. Установлено влияние метеорологических, агрофизических, биологических и агрохимических факторов на урожайность озимой пшеницы, картофеля и ячменя. Определено долевое участие каждого показателя в зависимости от полученной продуктивности. Таким образом, появилась возможность прогноза урожайных данных в зависимости от динамики отдельных показателей, на нее влияющих, и наоборот, имея информацию по группе сопутствующих факторов, высока вероятность предсказания близкой к реальной продуктивности с.-х. культур. Шестилетние данные позволили сделать общий вывод о наибольшей эффективности отвальной обработки в сравнении с минимальной (нулевой), особенно в последние 2-3 года. Данная тенденция связана с более высокой засоренностью посевов на втором варианте, нарушениями в агротехнике, прежде всего, использовании пестицидов. В среднем, вспашка опережала альтернативные варианты по озимой пшенице на 0,98 т/га, картофель – на 2.5 т/га, ячмень – на 0,09 т/га.

Ключевые слова: полевой опыт, обработка почвы, урожайность, зерновые культуры, картофель, метеоусловия, показатели почвенного плодородия

Для цитирования: Беленков А.И., Мазиров М.А., Зеленев А.В. Взаимосвязь урожайности и слагаемых элементов, влияющих на ее величину // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 2(32). С. 76-83. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-32-76-83>.

Original article

RELATIONSHIP OF PRODUCTIVITY AND COMPONENTS ELEMENTS AFFECTING ITS VALUES

Alexey I. Belenkov^{1✉}, **Mikhail A. Mazirov**², **Alexander V. Zelenev**³

¹FSC «Forage production and agroecology», Moscow region, Lobnya, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

³FRC «Nemchinovka», Moscow, Russia

¹belenokaleksis@mail.ru✉

²mazirov@mail.ru

³zelenev.a@bk.ru

Abstract. The effectiveness of any study depends on the individual contribution of each of the studied factors affecting crop yields. In this regard, an analysis was carried out on the influence of certain groups of

indicators on the formation of the yield of grain crops and potatoes in the field experience of the Center for Precision Agriculture. The influence of meteorological, agrophysical, biological and agrochemical factors on the yield of winter wheat, potatoes and barley has been established. The share of each indicator was determined depending on the resulting productivity. Thus, it has become possible to predict yield data depending on the dynamics of individual indicators that influence it, and vice versa, having information on a group of associated factors, there is a high probability of predicting agricultural productivity that is close to real. crops Six years of data allowed us to draw a general conclusion about the greatest efficiency of moldboard processing in comparison with minimal (zero), especially in the last 2-3 years. This trend is associated with higher infestation of crops in the second option, violations in agricultural technology, primarily the use of pesticides. On average, plowing was ahead of alternative options for winter wheat by 0.98 t/ha, potatoes - by 2.5 t/ha, barley - by 0.09 t/ha.

Keywords: field experience, tillage, productivity, grain crops, potatoes, weather conditions, soil fertility indicators

For citation: Belenkov A.I., Mazirov M.A., Zelenev A.V. Relationship of productivity and components elements affecting its values. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 2(32), pp. 76-83. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-32-76-83>.

Введение

Существенным моментом, подтверждающим эффективность технологии возделывания с.-х. культур, является выявление взаимосвязи их продуктивности и слагаемых показателей, определяющих ее величину. Данное обстоятельство особенно важно при решении вопросов реализации точного или координатного земледелия. Исходя из складывающихся условий, следует конкретно и рационально выявить возможность и своевременность проведения мероприятий, связанных с выполнением различных агроприемов технологии возделывания сельскохозяйственных культур [1, 3, 8, 10].

Исследования, проведенные авторами настоящей статьи, являются новаторскими и мало освещенными в научной литературе, особенно в части комплексного их представления. Установлено влияние метеорологических показателей периода вегетации, агрофизических, биологических и агрохимических свойств почвы, приемов основной обработки на урожайность полевых культур [4, 5, 7].

Цель исследований – определить участие основных метеоусловий и показателей плодородия, обработки почвы в формировании соответствующей урожайности культур зернопропашного севооборота.

Материалы и методы исследований

Основой такого анализа явились многолетние данные полевого опыта Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, где в течение шести лет сравнивались три приема основной обработки почвы, по два из которых проводили под каждую культуру зернопропашного севооборота: викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень [6, 9].

В течение всего периода проведения полевых исследований в опыте определяли: метеопоказатели по данным университетской метеостанции имени В.А. Михельсона, урожайность зерновых культур и картофеля методом прямого комбайнирования, влажность почвы термостатно-весовым методом, плотность почвы методом режущего кольца, твердость почвы с использованием твердомера, биологическую активность почвы по распаду льняного полотна, биологическую токсичность по методике растительных тестов, гумуса по Тюрину, содержание общего азота колориметрическим методом, подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову [2].

Результаты исследований и их обсуждение

Обязательной и убедительной характеристикой результативности и эффективности полевого опыта является урожайность, исследуемых с.-х. культур (таблица 1).

Таблица 1. Урожайность зерновых культур и картофеля за период исследований, т/га

№ п/п	Обработка почвы	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Озимая пшеница								
1	Отвальная	5,46	5,46	3,59	6,73	3,13	1,65	4,34
2	Нулевая	5,13	4,83	2,55	5,96	1,00	0,66	3,36
3	НСР, т/га	0,29	0,47	0,50	0,52	0,77	0,42	-
Картофель								
4	Отвальная	25,8	27,4	32,5	28,0	23,7	23,5	26,8
5	Минимальная	22,5	25,2	27,5	24,8	25,1	20,4	24,3
6	НСР, т/га	2,28	1,79	2,12	2,02	2,12	3,02	-
Ячмень								
7	Отвальная	4,29	3,70	2,62	2,86	2,00	1,62	2,85
8	Минимальная	4,14	3,79	2,76	2,48	1,82	1,58	2,76
9	НСР, т/га	0,13	0,11	0,14	0,25	0,33	0,08	-

Шестилетние данные позволили сделать общий вывод о наибольшей эффективности отвальной обработки в сравнении с минимальной (нулевой), особенно в последние 2-3 года. Данная тенденция связана с более высокой засоренностью посевов на втором варианте, нарушениями в агротехнике, прежде всего, в использовании и применении пестицидов. В среднем за период вспашка опережала альтернативные варианты по озимой пшенице на 0,98 т/га, картофелю – на 2,5 т/га, ячменю – на 0,09 т/га.

Из перечисленных агрометеопоказателей наибольшая доля участия в формировании урожайности с.-х. культур принадлежит температурным условиям в интервале 16-20 °С – 41,7%, количеству осадков за декаду 11-15 и 21-25 мм – соответственно по 25% учетов, относительной влажности воздуха от 61 до 75% – порядка 25% по группам (таблица 2).

Таблица 2. Группы агрометеоусловий периода активной вегетации культур за 2017-2022 гг.

Показатели	Количественное значение					
	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	Итого
Температура воздуха за декаду, °С	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	Итого
Частота, шт. / %	1 / 8,3	3 / 25,0	5 / 41,7	2 / 16,7	1 / 8,3	12 / 100
Количество осадков за декаду, мм	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	Итого
Частота, шт. / %	3 / 25,0	2 / 16,7	3 / 25,0	2 / 16,7	2 / 16,7	12 / 100
Относительная влажность воздуха за декаду, %	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	Итого
Частота, шт. / %	2 / 16,7	3 / 25,0	3 / 25,0	3 / 25,0	1 / 8,3	12 / 100

Таблица 3 содержит данные о продуктивности и показателях почвенного плодородия под озимой пшеницей.

Таблица 3. Группы отдельных показателей, определяющих формирование урожайности озимой пшеницы в 2017-2022 гг.

Урожайность, т/га	0,5-2,5	2,6-4,5	4,6-6,5	6,6-8,5	-	Итого
Частота, шт. / %	3 / 25,0	3 / 25,0	5 / 41,7	1 / 8,3	-	12 / 100
Агрофизические показатели плодородия почвы						
Влажность почвы, %	8,6-11,0	11,1-13,5	13,6-15,0	15,1-17,5	17,6-20,0	Итого
Частота, шт. / %	1 / 8,3	5 / 41,7	4 / 33,3	1 / 8,3	1 / 8,3	12 / 100
Плотность почвы, г/см ³	1,16-1,20	1,21-1,25	1,26-1,30	1,31-1,35	1,36-1,40	Итого
Частота, шт. / %	1 / 8,3	1 / 8,3	3 / 25,0	4 / 33,3	3 / 25,0	12 / 100
Твердость почвы, кПа	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	Итого
Частота, шт. / %	3 / 25,0	3 / 25,0	3 / 25,0	2 / 16,7	1 / 8,3	12 / 100
Биологические показатели плодородия почвы						
Биологическая активность почвы, %	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	Итого
Частота, шт.	2 / 16,7	4 / 33,3	4 / 33,3	1 / 8,3	1 / 8,3	12 / 100
Биологическая токсичность почвы, %	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	Итого
Частота, шт.	3 / 25,0	3 / 25,0	3 / 25,0	2 / 16,7	1 / 8,3	12 / 100
Содержание гумуса в 0-20 см почвы, %	2,1-2,25	2,26-2,5	2,51-2,75	2,76-2,80	2,81-2,85	Итого
Частота, шт.	3 / 25,0	4 / 33,3	3 / 25,0	1 / 8,3	1 / 8,3	12 / 100
Агрохимические показатели плодородия почвы						
Содержание общего азота в 0-20 см %	0,106-0,110	0,111-0,115	0,116-0,120	0,121-0,125	0,126-0,130	Итого
Частота, шт.	1 / 8,3	1 / 8,3	3 / 25,0	3 / 25,0	4 / 33,3	12 / 100
Содержание фосфора в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-175	176-200	201-225	226-250	251-275	Итого
Частота, %	3 / 25,0	3 / 25,0	4 / 33,3	1 / 8,3	1 / 8,3	12 / 100
Содержание калия в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-125	126-150	151-200	201-225	226-250	Итого
Частота, %	1 / 8,3	3 / 25,0	4 / 33,3	3 / 25,0	1 / 8,3	12 / 100

Наибольшее количество урожайных данных укладывалось в группу 4,6-6,6 т/га, что соответствовало 5 повторениям из 12 или 41,7% из 100. По 25% приходилось на интервалы 0,5-2,5 и 2,6-4,5 т/га, замыкала перечень распределения урожайности 6,6-8,5 т/га – 8,3%.. из числа агрофизических показателей плодородия наибольшее влияние на формирование урожая оказал интервал 11,1-13,5% с частотой 5 шт. или 41,7%, далее идет 13,6-15%, 4 шт. и 33,3% соответственно. Плотность почвы, обеспечивающая наибольшую урожайность, оказалась 1,31-1,35 г/см³ или 33,3%. Наилучшим образом складывались условия для урожая при величине твердости почвы от 56 до 70 кПа, т.е. в 25% случаев. Оптимальная биологическая активность почвы соответствовала значению 11-15 и 16-20% – 33,3% частоте. Наиболее благоприятная биологическая токсичность приходилась на широкий диапазон от 16 до 30%. Наилучшие условия питания растений соответствовали содержанию азота 0.126-0,130% – 33,3%, фосфора – 201-225 мг/кг почвы – 25% и калия – 151-200 мг/кг – 33,3%.

Распределение урожайности картофеля свидетельствует о преобладании интервала от 25,1 до 27,5 т/га, 5 шт. или 41,7%, далее идет 22,6-25,0 т/га, т.е. 3 шт. или 25% (таблица 4).

Таблица 4. Группы отдельных показателей, определяющих формирование урожайности картофеля в 2017-2022 гг.

Урожайность, т/га	20-22,5	22,6-25,0	25,1-27,5	27,6-30,0	30,1-32,5	Итого
Частота, шт. / %	2 / 16,7	3 / 25,0	5 / 41,7	1 / 8,3	1 / 8,3	12 / 100
Агрофизические показатели плодородия почвы						
Влажность почвы, %	8,0-10,5	10,6-12,0	12,1-14,5	14,6-16,0	16,1-18,5	Итого
Частота, шт. / %	1 / 8,3	2 / 16,7	6 / 50,0	2 / 16,7	1 / 8,3	12 / 100
Плотность почвы, г/см ³	1,16-1,20	1,21-1,25	1,26-1,30	1,31-1,35	1,36-1,40	Итого
Частота, шт. / %	1 / 8,3	1 / 8,3	3 / 25,0	4 / 33,3	3 / 25,0	12 / 100
Твердость почвы, кПа	40-45	46-50	51-55	56-60	61-65	Итого
Частота, шт. / %	3 / 25,0	3 / 25,0	3 / 25,0	2 / 16,7	1 / 8,3	12 / 100
Биологические показатели плодородия почвы						
Биологическая активность почвы, %	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	Итого
Частота, шт.	2 / 16,7	5 / 41,7	2 / 16,7	2 / 16,7	1 / 8,3	12 / 100
Биологическая токсичность почвы, %	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	Итого
Частота, шт.	1 / 8,3	3 / 25,0	4 / 33,3	3 / 25,0	1 / 8,3	12 / 100
Содержание гумуса в 0-20 см почвы, %	1,96-2,0	2,1-2,25	2,26-2,5	2,51-2,75	2,76-2,80	Итого
Частота, шт.	2 / 16,7	3 / 25,0	4 / 33,3	3 / 25,0	-	12 / 100
Агрохимические показатели плодородия почвы						
Содержание общего азота в 0-20 см %	0,106-0,110	0,111-0,115	0,116-0,120	0,121-0,125	0,126-0,130	Итого
Частота, шт.	1 / 8,3	4 / 33,3	3 / 25,0	3 / 25,0	1 / 8,3	12 / 100
Содержание фосфора в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-175	176-200	201-225	226-250	251-275	Итого
Частота, %	2 / 16,7	3 / 25,0	5 / 41,7	1 / 8,3	1 / 8,3	12 / 100
Содержание калия в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-125	126-150	151-200	201-225	226-250	Итого
Частота, %	1 / 8,3	1 / 8,3	4 / 33,3	4 / 33,3	2 / 16,7	12 / 100

Максимально преобладающая влажность почвы из числа агрофизических показателей соответствовала 12,1-14,5%, 5 случаям или 50%, плотность почвы наибольшей была в интервале 1,31-1,35 г/см³, 4 шт. – 33,3%. Агрофизические свойства почвы оптимальными были в интервале твердости от 40 до 55 кПа. Биологические свойства наилучшим образом складывались при биологической активности почвы 11-15;% – 5 шт. или 41,7%, биологической токсичности в пределах 31-35%, 4 шт., или 33,3%, содержании гумуса в 0-20 см соответственно 2,26-2,5%, 4 шт. и 33,3%. Более качественное питание растений картофеля обуславливалось содержанием общего азота 0,111-0,115%, 4 показателя или 33,3%, фосфора 201-225 мг/кг почвы – 5 шт. 41,7%, калия 151-200 и 151-200 мг/кг почвы, т.е. 4 повторения.

Наиболее встречающиеся группы по урожайности ячменя в период проведения опыта – 1,5-2,1 т/га – 33,3%.; 2,2-2,8 и 2,9-3,5 т/га, соответственно по 25% (табл. 5).

Таблица 5. Группы отдельных показателей, определяющих формирование урожайности ячменя в 2017-2022 гг.

Урожайность, т/га	1,5-2,1	2,2-2,8	2,9-3,5	3,6-4,2	4,3-4,9	Итого
Частота, шт. / %	4 / 33,3	3 / 25,0	1 / 8,3	3 / 25,0	1 / 8,3	12 / 100
Агрофизические показатели плодородия почвы						
Влажность почвы, %	6,0-8,5	8,6-11,0	11,1-13,5	13,6-15,0	15,1-17,5	Итого
Частота, шт. / %	1 / 8,3	2 / 16,7	6 / 50,0	2 / 16,7	1 / 8,3	12 / 100
Плотность почвы, г/см ³	-	1,21-1,25	1,26-1,30	1,31-1,35	1,36-1,40	Итого
Частота, шт. / %	-	2 / 16,7	4 / 33,3	3 / 25,0	3 / 25,0	12 / 100
Твердость почвы, кПа	-	46-50	51-55	56-60	61-65	Итого
Частота, шт. / %	-	6 / 50,0	3 / 25,0	2 / 16,7	1 / 8,3	12 / 100
Биологические показатели плодородия почвы						
Биологическая активность почвы, %	6-10	11-15	16-20	21-25	-	Итого
Частота, шт.	4 / 33,3	5 / 41,7	2 / 16,7	1 / 8,3	-	12 / 100
Биологическая токсичность почвы, %	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	Итого
Частота, шт.	1 / 8,3	1 / 8,3	3 / 25,0	4 / 33,3	3 / 25,0	12 / 100
Содержание гумуса в 0-20 см почвы, %	1,96-2,0	2,1-2,25	2,26-2,5	2,51-2,75	2,76-2,80	Итого
Частота, шт.	1 / 8,3	3 / 25,0	5 / 41,7	3 / 25,0	1 / 8,3	12 / 100
Агрохимические показатели плодородия почвы						
Содержание общего азота в 0-20 см, %	0,106-0,110	0,111-0,115	0,116-0,120	0,121-0,125	0,126-0,130	Итого
Частота, шт.	1 / 8,3	4 / 33,3	3 / 25,0	3 / 25,0	1 / 8,3	12 / 100
Содержание фосфора в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-175	176-200	201-225	226-250	251-275	Итого
Частота, %	2 / 15,6	3 / 21,9	5 / 41,7	1 / 9,4	1 / 6,25	12 / 100
Содержание калия в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-125	126-150	151-200	201-225	226-250	Итого
Частота, %	-	1 / 8,3	4 / 33,3	4 / 33,3	3 / 25,0	12 / 100

Максимальное количество повторений по влажности почвы представлено группой 11,1-13,5% – с частотой 6 шт. – 50%. Плотность почвы наибольшей была в интервале 1,26-1,30 г/см³ и твердость почвы более высокой оказалась при 46-50 кПа в половине данных. Из числа биологических показателей наибольшая активность соответствовала группе 11-15% или 41,7%, токсичность – 26-30% или 33,3% и содержание гумуса – 2,26-2,5% – 41,7%. Среди агрохимических показателей преобладали по содержанию общего азота 0,111-0,115% – 33,3%, подвижного фосфора 201-225 мг/кг почвы – 41,7%, обменного калия лидировали две группы: 151-200 и 201-225 мг/кг почвы, т.е. в 4 случаях или 33,3%.

Выводы

1. Шестилетние данные обусловили эффективность в зернопропашном севообороте отвальной обработки в сравнении с минимальной (нулевой), что связано с более высокой засоренностью посевов на втором варианте, нарушениями в агротехнике, прежде всего и при использовании и применении пестицидов. Вспашка опережала альтернативные варианты по озимой пшенице на 0,98 т/га, картофелю – на 2,5 т/га, ячменю – на 0,09 т/га.

2. Доля участия в повышении урожайности полевых культур агрофизических показателей: влажности – 30%, плотности – 40%, твердости – 30%; биологических: биологической активности – 40%; биологической токсичности – 40%, содержания гумуса – 20%; агрохимических: содержание общего азота – 35%, подвижного фосфора – 30%, обменного калия – 35%.

3. Появилась вероятность прогноза урожайности отдельных сельскохозяйственных культур и, наоборот, имея данные по урожайности, можно делать, пусть предварительные, выводы по показателям развития растений и формирования урожайности, почвенного плодородия. Это одна из особенностей технологии точного земледелия, когда появляется реальная возможность влияния на продуктивность культур и отдельные показатели, на нее влияющие и от них зависящие.

Список источников

1. Агробиотехнологии XXI века / Научные и практические аспекты технологии точного земледелия в полевом опыте ЦТЗ: коллективная монография // ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Москва: ООО «Мегаполис», 2022. С. 300-325.

2. Беленков А.И., Береза Д.В. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы под культурами зернопропашного севооборота // Агрохимический вестник. № 4. 2021. С. 3-8.

3. Гилев С.Д., Волынкина О.В., Суркова Ю.В. Влияние природных и агротехнических факторов на содержание гумуса в почве // Агрохимический вестник. № 4. 2020. С. 36-46.

4. Железова С.В. и др. Влияние разных технологий возделывания озимой пшеницы на урожайность и фитосанитарное состояние посевов (на примере полевого опыта Центра точного земледелия РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева) / С.В. Железова, Т.А. Акимов, О.О. Белашапкина, Е.В. Березовский // Агрохимия. 2017. № 4. С. 72-82.

5. Железова С.В. и др. Твёрдость пахотного слоя почвы при традиционной, минимальной и нулевой обработке / С.В. Железова, А.А. Ананьев, А.И. Беленков, Т.А. Гурова // Мат. II Междунар. науч. конф. «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего». Санкт-Петербург: ФГБНУ АФИ, 2019. С. 67-74.

6. Матюк Н.С. и др. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы / Н.С. Матюк, М.А. Мазиров, В.Д. Полин, Н.В. Малахов // Земледелие. № 2. 2018. С. 33-36.

7. Полин В.Д., Смелкова И.А. Изменение сорного компонента под действием ресурсосберегающих систем обработки почвы в зернопропашном севообороте и методы борьбы с ним // Земледелие. 2015. № 8. С. 29-32.

8. Awada L., Lindwall C.W., Sonntag B. The development and adoption of conservation tillage systems on the Canadian Prairies // Int. Soil Water Conserv. Res. 2014. No. 2. Pp. 47-65.

9. Belenkov A.I., Mazirov M.F., Nikolaev V.A., Zinchenko S.I. Role and significance of treatment in modern farming systems // Tol confireeenceee Series Esarth and environmental Sciece. ASAGRT 2020. 2021. Pp. 012-019.

10. Blanco-Canqui H., Ruis S.J. No-tillage and soil physical environment // Geoderma. 2018. Vol. 326. Pp. 164-200.

References

1. Agrobiotechnologies of the XXI century / 5.2 Scientific and practical aspects of precision farming technology in the field experience of the Central Agricultural Plant: a collective monograph. FSBEI HE RSAU – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Moscow: Megapolis LLC Publ., 2022. Pp. 300-325.

2. Belenkov A.I., Bereza D.V. Agrochemical characteristics of sod-podzolic soil under crops of grain crop rotation. Agrochemical bulletin, no. 4, 2021, pp. 3-8.

3. Gilev S.D., Volynkina O.V., Surkova Yu.V. Influence of natural and agrotechnical factors on the content of humus in the soil. Agrochemical bulletin, no. 4, 2020, pp. 36-46.

4. Zheleznova S.V. et al. The influence of different technologies of winter wheat cultivation on the yield and phytosanitary condition of crops (on the example of the field experience of the Center for Precision Agriculture of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev). S.V. Zheleznova, T.A. Akimov, O.O. Beloshapkina, E.V. Berezovsky. Agrochemistry, 2017, no. 4, pp. 72-82.

5. Zhelezova S.V. et al. Hardness of the arable soil layer under traditional, minimal and zero treatment. S.V. Zheleznova, A.A. Ananyev, A.I. Belenkov, T.A. Gurova. Mat. II International Scientific Conference «Trends in the development of agrophysics: from actual problems of agriculture and crop production to technologies of the future». St. Petersburg: FGBNU AFI, 2019. Pp. 67-74.

6. Matyuk N.S. et al. The influence of different processing systems and fertilizers on the fertility of sod-podzolic soil. N.S. Matyuk, M.A. Mazurov, V.D. Polin, N.V. Malakhov. Zemledelie, no. 2, 2018, pp. 33-36.

7. Polin V.D., Smelkova I.A. The change of the weed component under the action of resource-saving tillage systems in grain-tillage crop rotation and methods of combating it. Agriculture, 2015, no. 8, pp. 29-32.

8. Awada L., Lindwall C.W., Sonntag B. The development and adoption of conservation tillage systems on the Canadian Prairies. Int. Soil Water Conserv. Res, 2014, no. 2, pp. 47-65.

9. Belenkov A.I., Mazirov M.F., Nikolaev V.A., Zinchenko S.I. Role and significance of treatment in modern farming systems. Tol confireeenceee Series Eearth and environmental Sciece, ASAGRT 2020, 2021, pp. 012-019.

10. Blanco-Canqui H., Ruis S.J. No-tillage and soil physical environment. Geoderma, 2018, vol. 326, pp. 164-200.

Информация об авторах

А.И. Беленков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, консультант отдела селекции кормовых культур;

М.А. Мазиров – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия и методики опытного дела;

А.В. Зелнев – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник.

Information about the authors

A.I. Belenkov – Doctor of agricultural sciences, professor, consultant of the department of forage crops breeding;

M.A. Mazirov – Doctor of biological sciences, professor of the department of agriculture; experimental methods;

A.V. Zelenev – Doctor of agricultural sciences, chief researcher.