

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СИСТЕМЕ СЕВООБОРОТА И ПРИ БЕССМЕННОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

В.Ю. Скороходов, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

E-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru

Ключевые слова: продуктивность, севооборот, удобрение, суданская трава, кукуруза на силос, ячмень, кормовая единица.

Реферат. В статье рассмотрена продуктивность кормовых культур, полученная в системе севооборота и бессменного возделывания в течение 33 лет (с 1990 по 2022 гг.). Целью исследования является установление потенциальных продуктивных возможностей кормовых культур, возделываемых длительное время в системе шестипольных севооборотов с разными видами занятых паров и в монокультуре на двух фонах (удобренный, неудобренный) почвенного питания в условиях южноуральской степи. Объектами исследований выступают кормовые культуры (суданская трава, кукуруза на силос, ячмень, горох, овес). Место исследования – стационарный полевой опыт, расположенный в Оренбургской области (51.775125° с.ш., 55.306547° в.д.). Полевые культуры возделывались на двух агрофонах питания: удобренном $N_{40}P_{80}K_{40}$ и без удобрений. В статье описываются характерные особенности погодных условий за тридцать три года исследований, из которых десять лет соотносятся с условиями пустыни ($ГТК < 0,4$). Наибольшая продуктивность суданской травы получена в 1990 г. на фоне минеральных удобрений 6,23 тыс. кормовых единиц с 1 га и неудобренном 5,73 тыс. кормовых единиц на 1 га. Кукуруза на силос, возделываемая в севообороте при пролонгированном действии занятого однолетней культурой пара, по сбору кормовых единиц в сумме за годы исследований на фоне минеральных удобрений имела значение 108,52 тыс., на неудобренном – 106,16 тыс. При моновозделывании кукурузы на силос общий сбор кормовых единиц за весь период исследований составил на удобренном фоне 108,53 тыс., на неудобренном – 102,56 тыс. Выход кормовой продукции с 3 га севооборотной площади с почвозащитным паром составил на удобренном 259,80 тыс., с сидеральным паром – 256,26 и 232,49 тыс. кормовых единиц соответственно по фонам. Выращивание кукурузы на силос в бессменных посевах является самым высокопродуктивным вариантом среди изучаемых в опыте. За 33 года исследований по этому варианту получено 325,59 и 307,68 тыс. кормовых единиц соответственно по удобренному и неудобренному фону.

PRODUCTIVITY OF FORAGE CROPS IN THE SYSTEM CROP ROTATION AND PERMANENT CULTIVATION IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS

V.Yu. Skorokhodov, Candidate of Agricultural Sciences

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

E-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru

Keywords: productivity, crop rotation, fertilizer, Sudanese grass, corn for silage, barley, feed unit.

Abstract. This article discusses the productivity of fodder crops obtained in the system of crop rotation and permanent cultivation for a long time (33 years) for the period from 1990 to 2022. The aim of the study is to establish the potential productive capacity of fodder crops cultivated for a long time in the system of six-field crop rotations with different types of employed fallows and in monoculture on two backgrounds (fertilized, unfertilized) of soil nutrition in the conditions of the South Ural steppe. The objects of research are fodder crops (Sudanese grass, corn for silage, barley, peas, oats). The place of study was a stationary field experiment located in the Orenburg region (51.775125° N, 55.306547° E). Field crops were cultivated on two agrob backgrounds of nutrition – fertilized $N_{40}P_{80}K_{40}$ and without fertilizers. The article describes the characteristic features of the weather conditions of 33 years of research, of which 10 correlate with desert conditions ($HTC < 0.4$). The highest productivity of Sudanese grass was obtained in 1990 against the background of mineral fertilizers 6.23 thousand fodder units per 1 ha and unfertilized 5.73 thousand k.u. per 1 ha. Maize for silage cultivated in a crop rotation with prolonged action of a fallow occupied by an annual crop for the collection of fodder units in total over the

years of research against the background of mineral fertilizers had a value of 108.52 thousand, for unfertilized – 106.16 thousand. units for the entire period of research amounted to 108.53 thousand on a fertilized background, 102.56 thousand on an unfertilized background. The yield of fodder products from 3 hectares of crop rotation area with soil-protective fallow was 259.80 thousand on a fertilized background, with green manure fallow 256.26 and 232.49 thousand feed units, respectively, according to backgrounds. Growing corn for silage in permanent crops is the most highly productive option among those studied in the experiment. For 33 years of research on this option, 325.59 and 307.68 thousand feed units were obtained, respectively, on a fertilized and unfertilized background.

Выращивание экологически чистой сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации является приоритетной задачей для агропромышленного комплекса страны. Данная задача решается при научно обоснованном чередовании сельскохозяйственных культур в севооборотах современных систем земледелия. За счет биологизации севооборотов в земледелии решаются проблемы экологии, связанные с ростом нагрузки факторов интенсификации [1–3]. В разных почвенных и климатических условиях совершенствование севооборотов по принципу продуктивности и влияния на почвенное плодородие повышает эффективность земледелия [4, 5]. В зоне южноуральской степи изучение продуктивности полевых культур осуществляется в краткосрочных опытах. Необходимость данного подхода заключается в отсутствии анализа продуктивности в благоприятные и засушливые годы (когда урожайность полностью имеет зависимость от них) [6, 7]. Расширение севооборотов за счет высокопродуктивной культуры суданской травы и разработка научно обоснованных технологий ее возделывания считается одним из направлений укрепления отрасли животноводства [8, 9]. Суданская трава отличается высокой продуктивностью в условиях действия высоких температур воздуха и имеет универсальное использование [10].

Суданская трава является стрессоустойчивой в экстремальных климатических условиях культурой и по суточному приросту зеленой массы среди однолетних кормовых культур значительно превосходит кукурузу. Засухоустойчивость суданской травы обеспечивается благодаря мощной глубокопроникающей корневой системе, использующей влагу глубинных почвенных слоев [11].

Постоянный поиск увеличения объема кормов и улучшения их качества вызывает интерес

к возделыванию суданской травы на сено и зеленую массу.

На 100 кг зеленой массы суданской травы приходится 19,0 кормоединиц и 2,3 кг переваримого протеина [12, 13].

При производстве грубых, сочных и искусственно обезвоженных кормов первостепенное значение имеет возделывание однолетней быстрорастущей культуры суданской травы, сочетающей ценные биологические и хозяйственные качества с высокой продуктивностью [14–16].

Одним из источников увеличения питательности концентрированных кормов является зернофуражная культура ячменя. На территории Оренбургской области доля ячменя в структуре посевных площадей составляет 20–25 % [17]. По мнению Н.А. Максютова, культура ячменя отзывается на внесение минеральных удобрений: во влажные годы на 0,8 т/га увеличивается продуктивность [19]. Зерновые культуры хорошо отзываются на внесение минеральных удобрений и выполнение других агроприемов увеличения продуктивности [21–23].

Высокая потребность в конкретном растениеводческом сырье делает возможным выращивание кормовых монокультур. Длительные опыты с кормовыми монокультурами на фоне изменяющегося климата массово представлены в западных странах (США, Германия, Дания и др.) [24, 25].

Одним из негативных почвенных процессов является снижение содержания в почве гумуса. Этот процесс постоянный и малозаметный. Для повышения почвенного плодородия необходимо вводить в севообороты сидеральные пары и промежуточные культуры с запашкой органической наземной массы. При запашке корнестерневых остатков и сидеральной массы увеличивается почвенное плодородие, превышающее эффект от применения органических удобрений. При этом в

севооборотах с сидеральным паром замедляются процессы минерализации гумуса [26, 27].

Цель исследования: определить потенциальные возможности кормовых культур, возделываемых длительное время в системе шестипольных севооборотов, и монокультуры на двух фонах почвенного питания в степной зоне Южного Урала. Установить влияние пролонгированного действия удобрений и севооборотов на продуктивность кормовых культур.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований выступали полевые культуры кормового назначения (суданская трава Бродская 2, ячмень Натали, кукуруза на силос РОСС-144 МВ, двухкомпонентная смесь гороха Чишминский 210 с овсом Скакун). Исследования проводились в 1990–2022 гг. на опытном участке, расположенном в Оренбургской области (51.775125° с.ш., 55.306547° в.д.). Полевые опыты закладывались согласно методике Б.А. Доспехова [28]. в четырехкратной повторности с систематическим расположением делянок. Общий размер делянок составил 3,6 × 90 м (324 м²). Полевые культуры возделывались на двух агрофонах питания: удобренном N₄₀P₈₀K₄₀ и без удобрений. Почва опытного участка – чернозем южный карбонатный малогумусный тяжелосуглинистый с

содержанием общего азота до 0,31 %, общего фосфора до 0,22 %, обменного калия до 3,8 %, гумуса 3,2–4,0 %. Среднегодовое количество осадков в районе выполнения исследований за год составляет 367 мм. Размер и площадь делянок удобренного фона – 3,6 × 30 м (108 м²), без удобрения – 3,6 × 60 м (216 м² вторая часть делянки). Зерно ячменя учитывалось прямым комбайнированием Сампо 500 на фоне удобрений с 60 м², без них – 120 м². Урожайность парозанимающих культур (суданская трава и горохоовсяная смесь) учитывалась метровыми накладками с десяти мест на двух фонах почвенного питания (учетная площадь 10 м²). Продуктивность кукурузы на силос учитывалась при срезании двух рядков растений в состоянии молочно-восковой спелости по длине делянки 30 м по удобренному фону и одного рядка длиной 60 м по неудобренному фону. Срезанная листостебельная масса кормовых культур взвешивалась на площадочных весах и затем приводилась расчетным способом к урожайности на 1 га. Технология возделывания кормовых культур, принятая для условий Оренбургской области. Посев ячменя, суданской травы, гороха и овса производился сеялкой СЗ-3,6, соответствующей ширине опытной делянки. Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое.

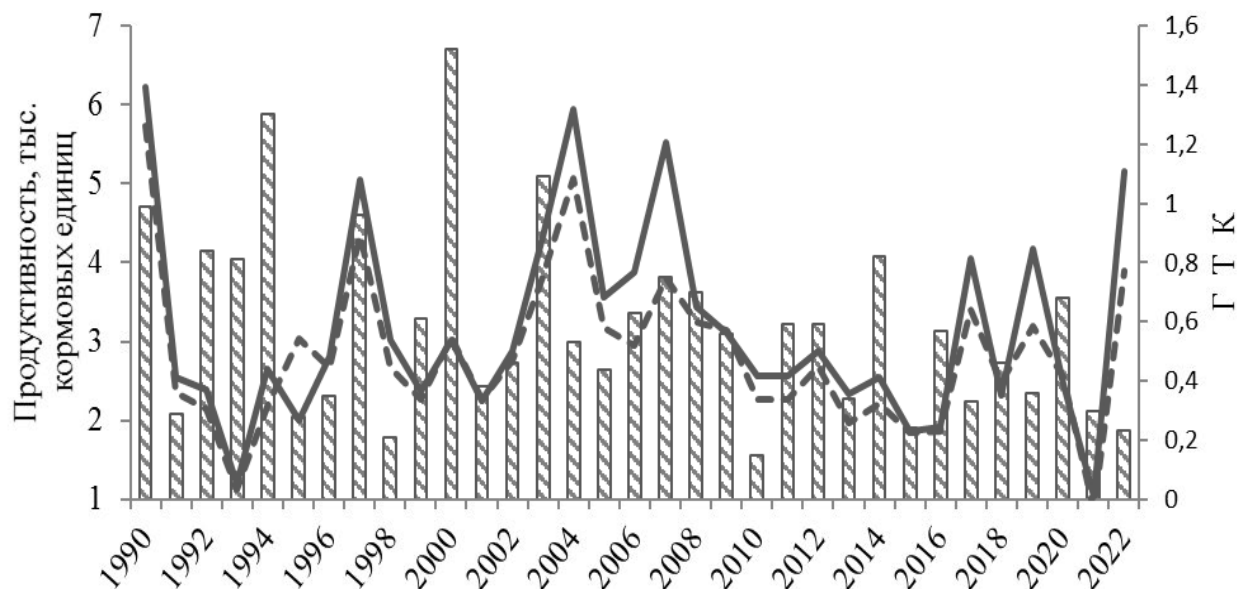
Схема изучения кормовых культур

Севооборот, монопосев	Варианты опыта	Номер поля, культура, пары					
		1	2	3	4	5	6
Шестипольный севооборот	I	Парозанимающая культура суданской травы (почвозащитный)	Твердая пшеница	Мягкая пшеница	Кукуруза	Мягкая пшеница	Ячмень
	II	Парозанимающая смесь горохом с овсом (сидеральный)					
Монокультура	III	Кукуруза					
	IV	Ячмень					

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Годы эксперимента включают все многообразие условий от очень влажных до очень засушливых лет с низким гидротермическим

коэффициентом по Г.Т. Селянинову (ГТК). На рис. 1 представлен показатель ГТК вегетационного периода и продуктивность зеленой массы суданской травы, выраженная в кормовых единицах на двух фонах почвенного питания (удобренном и необудренном).



▨ Средний ГТК за вегетационный период — Удобрённый фон - - - Неудобренный фон

Рис. 1. Гидротермический коэффициент вегетационного периода и продуктивность суданской травы в кормовых единицах на двух агрофонах питания за годы эксперимента (1990–2022 гг.)

Hydrothermal coefficient of the growing season and productivity of Sudan grass in feed units on two agricultural nutrition backgrounds over the years of the experiment (1990–2022)

За 33 года эксперимента слабая засушливость отмечалась в 1994 и 2000 гг. (ГТК составил 1,0–1,3 ед.). Умеренная засушливость (при ГТК = 0,7–1,0) проявлялась в восьми годах: 1990, 1997, 2003, с 2006 по 2008, 2013, 2022 гг. Очень сильной засухе подверглись 1992, 1993, 1999, 2004, 2005, 2009, 2011, 2012, с 2014 по 2017, 2019 гг., при этом ГТК составил 0,4–0,7 ед. В течении десяти лет исследований ГТК был менее 0,4 ед., что соответствовало условиям пустынной местности, к этим годам относятся 1991, 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2010, 2018, 2020 и 2021.

Наибольшая продуктивность суданской травы получена в 1990 г. на фоне минеральных удобрений (6,23 тыс. к. е. с 1 га) и необудренным (5,73 тыс. к.е. на 1 га). Также наибольший

сбор кормовых единиц суданской травы на двух фонах почвенного питания составил в 1997 г. 5,05 и 4,35 тыс., в 2003 г. – 4,33 и 3,83 тыс., в 2004 г. – 5,95 и 5,06 тыс., в 2007 г. – 5,52 и 3,81 тыс., 2022 г. – 5,16 и 3,90 тыс. с удобрением и без его применения соответственно.

Важной составляющей оценки сельскохозяйственных культур, возделываемых бессменно и в севооборотах, является продуктивность. Нами подсчитана продуктивность кормовых культур за длительный промежуток времени (на основании полученной урожайности за 1990–2022 гг.). В табл. 1 представлена продуктивность кормовых культур, возделываемых в севооборотах и монопосевах (выраженная в тысячах кормовых единиц) на двух фонах питания.

Таблица 1

Продуктивность кормовых культур в севообороте и при моновозделывании на двух агрофонах питания, выраженная в тысячах кормовых единиц (в сумме за 1990–2022 гг.)
Productivity of forage crops in crop rotation and during mono-cultivation on two agricultural backgrounds, expressed in thousands of feed units (in total for 1990–2022)

Вариант севооборота, монопосева	Культура	Фон питания	Выход кормовых единиц по культурам (сумма), тыс.	НСР ₀₅		Выход кормовых единиц с 3 га (сумма за 1990–2022 гг.), тыс.	
						А	В
Почвозащитный	Суданская трава	А	104,00	0,36	0,14	276,36	259,80
		В	93,30	0,27			
	Кукуруза	А	108,52	0,87	0,27		
		В	106,16	0,82			
	Ячмень	А	63,84	0,53	0,10		
		В	60,34	0,48			
Сидеральный	Злаково-бобовая смесь	А	80,33	0,51	0,20	256,26	232,49
		В	69,45	0,44			
	Кукуруза	А	110,05	0,89	0,37		
		В	105,37	0,77			
	Ячмень	А	65,88	0,51	0,13		
		В	57,67	0,41			
Бессменная кукуруза		А	108,53	0,86	0,32	325,59	307,68
		В	102,56	0,85			
Бессменный ячмень		А	55,67	0,51	0,13	167,01	158,73
		В	52,91	0,47			

Примечание. А – удобренный фон, В – неудобренный.

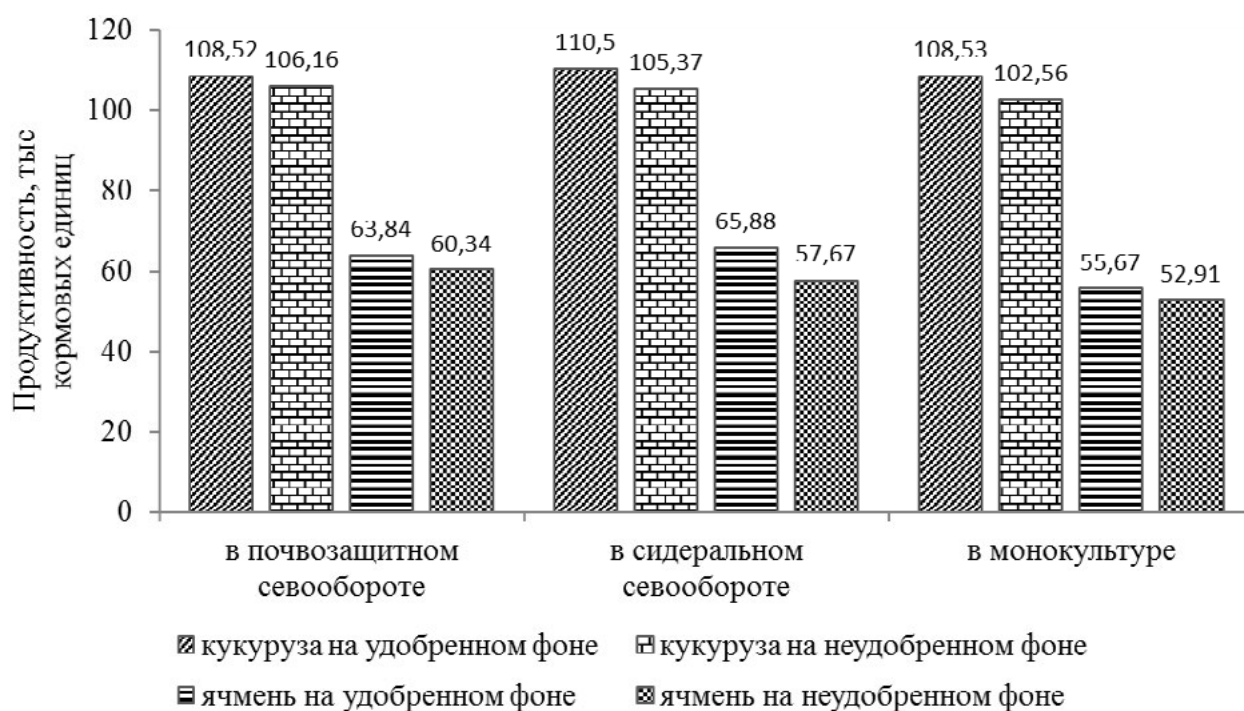


Рис. 2. Продуктивность ячменя, кукурузы на силос, возделываемых в севооборотах и монокультуре на двух агрофонах питания

Productivity of barley and corn for silage, cultivated in crop rotation and monoculture on two agricultural backgrounds

В кормовом отношении наиболее продуктивной культурой является кукуруза на силос, возделываемая в севообороте при пролонгированном действии занятого пара с суданской травой. Сбор кормовых единиц в сумме за годы исследований по этому варианту составил на фоне применения минеральных удобрений 108,52 тыс., на неудобренном 106,16 тыс. (рис. 2).

При моновозделывании кукурузы на силос общий сбор кормовых единиц за весь период исследований составил на удобренном фоне 108,53 тыс., на неудобренном – 102,56 тыс. Для сопоставления продуктивности суммы кормовых культур в севооборотах подсчитан выход кормовых единиц с 3 га. Выход кормовой продукции с 3 га севооборотной площади с почвозащитным паром составил на удобренном фоне 276,36 тыс., на неудобренном 259,80 тыс., с сидеральным паром 256,25 и 232,49 тыс. кормовых единиц соответственно по фонам. Продуктивность монопосевов кукурузы в сумме с 3 га пашни за годы исследований составила на фоне удобрения 325,59 тыс., без удобрения – 307,68 тыс. Выращивание кукурузы на силос в бессменных посевах является самым высокопродуктивным вариантом среди изучаемых в опыте.

На основании полученных данных по севооборотам и бессменному посеву, нами проведена экономическая и энергетическая оценка (в ценах 2022 г.) по двум основным показателям: прибыли и рентабельности производства продукции. Сравнительную оценку проводили на удобренном и неудобренном фонах. Как показало наше исследование, в засушливых условиях Оренбургской области применение минеральных удобрений в посевах кормовых культур низкорентабельно и убыточно. К убыточности вариантов с кормовыми культурами приводит высокая цена самих минеральных удобрений. Также из-за часто повторяющихся засух, особенно во второй половине лета, происходит сильное иссушение корнеобитаемого слоя, что делает минеральные удобрения недоступными для растений. Кроме того, в засушливых условиях региона возрастает почвенная концентрация солей, внесенных с минеральными удобре-

ниями и поднимающихся из глуболежащих слоев почвы, что создает стрессовую ситуацию для растений. Данное засоление почвы во время летних засух препятствует поступлению в растение почвенной влаги. Кормовые культуры в данном случае лишаются возможности использования почвенной влаги и потребления элементов почвенного питания. Макроэлементы в виде минеральных удобрений остаются «законсервированными» в почве до наступления влажных периодов вегетации. В последующем во влажные годы макроэлементы используются сеgetальной растительностью, которая находилась в состоянии покоя семян ввиду их непрорастания в периоды засухи. Во влажные годы, при выпадении дождей в первой половине лета, кормовые культуры формируют корневую систему в верхних почвенных слоях. При наступлении дефицита влажности при использовании минеральных удобрений они сильно угнетаются и снижают свою урожайность на удобренном фоне. Таким образом, формируется поверхностный тип питания кормовых культур, когда при благоприятных условиях корни не проникают в глуболежащие почвенные горизонты. Небольшая прибавка урожайности кормовых культур на удобренном фоне не покрывает затрат на приобретение и использование минеральных удобрений в засушливых условиях. В шестипольных севооборотах при возделывании кормовых культур с почвозащитными и сидеральными парами отсутствует экономический эффект от удобрений. Максимальный убыток от применения удобрения получен в сидеральном севообороте – 3 156,10 руб. на 1 га (табл. 2).

Наибольшая прибыль получена в почвозащитном севообороте на неудобренном фоне. Она составила 5 632,10 руб. на 1 га. Рентабельность севооборота с почвозащитным паром повышается за счет суданской травы, возделываемой в качестве парозанимающей культуры. Бессменный посев ячменя в среднем за 3 года исследований оказался самым рентабельным. На удобренном фоне рентабельность составила 28 %, без использования минеральных удобрений – 209,7 %.

Экономическая и энергетическая оценка возделывания кормовых культур в севооборотах и бессменных посевах (в среднем за 1990–2022 гг.)

Economic and energy assessment of the cultivation of forage crops in crop rotations and permanent crops (average for 1990–2022)

Варианты севооборота, монопосева	Фон питания	Продуктивность, корм. ед.	Прибыль, руб. на 1 га	Рентабельность, %	Э _{эф}
Пар почвозащитный (занятый суданской травой) – твердая пшеница – мягкая пшеница – кукуруза на силос – мягкая пшеница – ячмень	А	8,37	-893,40	-5,30	1,95
	В	7,87	5 632,10	72,70	2,75
Пар сидеральный (горох с овсом) – твердая, пшеница – мягкая пшеница – кукуруза на силос – мягкая пшеница – ячмень	А	7,76	-3 156,10	-20,70	2,15
	В	7,04	3 095,30	42,10	3,98
Кукуруза на силос (монопосев)	А	9,8	3 786,20	3,30	3,79
	В	9,32	6 193,40	21,90	3,99
Ячмень (монопосев)	А	5,06	1 694,50	28,00	2,92
	В	4,81	5 095,80	209,70	3,95

Примечание. А – удобренный фон, В – неудобренный фон; Э_{эф} – коэффициент энергетической эффективности.

ВЫВОДЫ

1. Длительное применение минеральных удобрений в севооборотах и бессменных посевах имеет пролонгированное действие. Так, при возделывании кормовых культур в севообороте с почвозащитным паром (занятым летним посевом суданской травы) на удобренном фоне возрастает сбор кормовых единиц на 6,4 % по сравнению с неудобренным (в сумме за 33 года исследований). Продуктивность кормовых культур в севообороте с сидеральным паром увеличивается при использовании минеральных удобрений на 10,2 %. Что в первую очередь объясняется положительным влиянием на почвенное плодородие запахиваемой сидеральной массы.

2. При бессменном возделывании кукурузы на силос и ячменя на удобренном фоне общий сбор кормовых единиц за 33 года исследований увеличился на 5,8 и 5,2 % соответственно. Продуктивность монопосевов кукурузы является самым высокопродуктивным вариантом среди изучаемых в опыте. Сбор кормовых единиц 3 га пашни составил на удобренном фоне 325,59 тыс., на неудобренном – 307,68 тыс. ед. В хозяйствах, занимающихся молочным направлением, возделывание кукурузы на силос бессменно является перспективным мероприятием, обеспечивающим большой вал сочных кормов. При изучении продуктивно-

сти суданской травы установлен наибольший валовый сбор кормовых единиц (6,23 тыс. к.е. с 1 га) в 1990 г. при использовании минеральных удобрений. Применение почвозащитного пара положительно влияет на рост урожайности ячменя. Выход кормовых единиц ячменя на неудобренном фоне в севообороте с почвозащитным паром (в сумме за 1990–2022 гг.) составил 60,34 тыс. к.е.

3. В засушливых регионах для сельхозтоваропроизводителей, ориентированных на производство молока и мяса, рекомендуются шестипольные севообороты с занятым летним посевом суданской травы паром без применения минеральных удобрений (рентабельность такого севооборота составляет 72,7 %). Наряду с рекомендацией севооборотов с занятым паром возможно возделывание кукурузы на силос и ячменя на зерно в бессменных посевах.

Исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы «Разработка научно обоснованных параметров продуктивности агроценозов с улучшенными показателями качества продукции растениеводства на основе кормовых культур, применения новых технологических приемов совершенствования видов севооборотов, использования методов долгосрочного прогнозирования урожайности для хозяйств степной зоны с различным уровнем интенсификации и специализации в условиях изменяющегося климата и нарастающего антропогенного воздействия (№ FNWZ-2022-0014)» на 2022–2024 гг. ФГБНУ «ФНЦ БСТ РАН».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лошаков В.Г. Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 1. – С. 9–13.
2. Brankatschk G., Finkbeiner M. Modeling crop rotation in agricultural LCAs – challenges and potntial solutions // Agricultural Sustems. – 2015. – № 1 (38). – P. 66–76.
3. Brankatschk G., Finkbeiner M. Crop rotations and crop residues are relevant pfrfmtrs for agricultural Carbon footprints // Agronomy for Sustainable Development. – 2017. – P. 37–58.
4. Почвозащитные мероприятия при возделывании полевых культур в системе контурно-полосной организации эрозионно опасного склона / А.Е. Мищенко, Н.Н. Кисс, Э.А. Гаевая, А.П. Васильченко, А.В. Мищенко // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 2 (30). – С. 49–53.
5. Козлова Л.М., Носкова Е.Н., Попов Ф.А. Совершенствование севооборотов для сохранения плодородия почвы и увеличения их продуктивности в условиях биологической интенсификации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – № 20 (5). – С. 467–477.
6. Чесалин С.Ф., Смольский Е.В., Нечаев М.М. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в условиях запада Брянской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 1 (58). – С. 64–74.
7. Скороходов В.Ю. Урожайность кукурузы на силос в севооборотах и при бессменном возделывании в зависимости от предшественника на двух уровнях интенсификации в степной зоне Южного Урала // Известия ОГАУ (Оренбургский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2 (82). – С. 68–72.
8. Ковтунова Н.А. Биологические особенности роста и развития суданской травы // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 6. – С. 48–51.
9. Влияние факторов биологизации и химизации на фитосанитарное состояние ячменя в лесостепи Западной Сибири / Л.Ф. Ашмарина, Р.Ф. Галеев, О.Н. Шашкова, А.И. Ермохина // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 1 (58). – С. 7–16.
10. Продуктивность и питательная ценность суданской травы при возделывании на зеленый корм / Ю.Н. Плескачев, Ю.А. Лаптина, О.Г. Гриченкова, Н.А. Куликова // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 8. – С. 28–33.
11. Способы посева кукурузы при возделывании на силос в условиях лесостепной зоны Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, А.А. Полищук, А.Н. Лебедев, В.И. Пономарева, М.В. Хазов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 3 (60). – С. 31–36.
12. Фомин В.Н., Нафиков М.М., Медведев В.В. Влияние приемов обработки почвы и удобрений на урожайность и засоренность посевов кукурузы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. – Т. 12, № 4–2 (47). – С. 75–79.
13. Эффективность возделывания зеленой массы гибридов кукурузы на расчетных фонах минерального питания в условиях Предволжья Республики Татарстан / И.П. Таланов, Л.З. Каримова, Л.Т. Вафина, Г.К. Хузина // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 12, № 1 (43). – С. 40–45.
14. Шишова Е.А. Качество зеленой массы суданской травы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 2. – С. 145–151.
15. Лиховцова Е.А., Николайченко Н.В., Норовяткин В.И. Влияние азотно-фосфорных удобрений на плодородие темно-каштановой почвы и продуктивность различных сортов суданской травы // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 1. – С. 26–28.
16. Лаптина Ю.А., Куликова Н.А. Приемы повышения продуктивности суданской травы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 1 (61). – С. 211–221.
17. Тишков Н.И., Тимошенкова Т.А. Результаты и перспективы селекции ярового ячменя в Оренбуржье // Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в степной зоне Урала: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Гос. науч. учреждения «Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства». – Оренбург, 2012. – С. 221–231.
18. Оценка адаптивных свойств сортов ярового ячменя в степных условиях Сибирского Прииртышья / П.Н. Николаев, Н.И. Аниськов, О.А. Юсова, И.В. Сафонова, П.В. Поползухин // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – № 2 (47). – С. 37–44.

19. Максютов Н.А. Оценка эффективности беспаровых севооборотов и бессменных посевов сельскохозяйственных культур // Наука и хлеб. – 1996. – Вып. 4 – С. 136–143.
20. Таланов И.П., Каримова Л.З. Продуктивность ячменя в зависимости от фонов питания и нормы высева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 3 (54). – С. 67–70.
21. Скороходов В.Ю. Урожайность ячменя в шестипольных севооборотах на черноземах южных степной зоны Южного Урала // Известия ОГАУ (Оренбургский государственный аграрный университет). – 2019. – № 5 (79). – С. 93–97.
22. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 30 (3). – С. 19–25.
23. Яровой ячмень – основная кормовая культура в Республике Марий Эл / В.А. Максимов, Г.М. Виноградов, Р.И. Золотарева, Л.И. Иванова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 1 (39). – С. 22–26.
24. Miles R., Drown S., Agron S. The Sanborn field experiment implication for long – term soil organic carbon levels. – 2011. – Vol. 103, N 1. – P. 268–278.
25. Скороходов В.Ю. Продуктивность полевых монокультур и возделываемых в севообороте в зависимости от содержания нитратного азота и биологической активности почвы на черноземах южных степных районов Южного Урала // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1 (53). – С. 60–67.
26. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter / J. Hirte, J. Lefeld, S. Abiven [et al.] // Front Plaht Sci. – 2017. – № 8. – P. 284.
27. Cover crop resiedue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization / B. Ghimire, R. Ghimire, D. Vanleeuwen, A. Mesbah // Sustainability. – 2017. – N 9. – С. 14.
28. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Москва, 2012. – 352 с.

REFERENCES

1. Loshakov V.G., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2016, No. 1, pp. 9–13. (In Russ.)
2. Brankatschk G., Finkbeiner M., Modeling crop rotation in agricultural LCAs – challenges and potential solutions, *Agricultural Sustems*, 2015, No. 1 (38), pp. 66–76.
3. Brankatschk G., Finkbeiner M., Crop rotations and crop residues are relevant pfrfmetrs for agricultural Carbon footprints, *Agronomy for Sustainable Development*, 2017, pp. 37–58.
4. Mishchenko A.E., Kiss N.N., Gaevaya E.A., Vasilchenko A.P. Mishchenko A.V., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2016, No. 2 (30), pp. 49–53. (In Russ.)
5. Kozlova L.M., Noskova E.N., Popov F.A., *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2019, No. 20 (5), pp. 467–477. (In Russ.)
6. Chesalin S.F., Smolsky E.V., Nechaev M.M., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2021, No. 1 (58). – pp. 64–74. (In Russ.)
7. Skorokhodov V.Yu., *Izvestija OGAU*, 2020, No. 2 (82), pp. 68–72. (In Russ.)
8. Kovtunova N.A., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2016, T. 30, No. 6, pp. 48–51. (In Russ.)
9. Ashmarina L.F., Galeev R.F., Shashkova O.N., Ermokhina A.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2021, No. 1 (58), pp. 7–16. (In Russ.)
10. Pleskachev Yu.N., Laptina Yu.A., Grichenkova O.G., Kulikova N.A., *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2021, No. 8, pp. 28–33. (In Russ.)
11. Kashevarov N.I., Polishchuk A.A., Lebedev A.N., Ponomareva V.I., Khazov M.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2021, No. 3 (60), pp. 31–36. (In Russ.)
12. Fomin V.N., Nafikov M.M., Medvedev V.V., *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, Vol. 12, No. 4–2 (47), pp. 75–79. (In Russ.)
13. Talanov I.P., Karimova L.Z., Vafina L.T., Khuzina G.K., *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, Vol. 12, No. 1 (43), pp. 40–45. (In Russ.)
14. Shishova E.A., *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2017, No. 2, pp. 145–151. (In Russ.)

15. Likhovtsova E.A., Nikolaychenko N.V., Norovyatkin V.I., *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2015, No. 1, pp. 26–28. (In Russ.)
16. Laptina Yu.A., Kulikova N.A., *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2021, No. 1 (61), pp. 211–221. (In Russ.)
17. Tishkov N.I., Timoshenkova T.A., *Povyshenie jeffektivnosti sel'skhozajstvennogo proizvodstva v stepnoj zone Urala* (Improving the efficiency of agricultural production in the steppe zone of the Urals), Proceedings of the Conference Title, Orenburg, 2012, pp. 221–231. (In Russ.)
18. Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V., Popolzukhin P.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2018, No. 2 (47), pp. 37–44. (In Russ.)
19. Maksyutov N.A., *Nauka i hleb*, 1996, Is. 4, pp. 136–143. (In Russ.)
20. Talanov I.P., Karimova L.Z., *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, Vol. 14, No. 3 (54), pp. 67–70. (In Russ.)
21. Skorokhodov V.Yu., *Izvestiya OGAU*, 2019, No. 5 (79), pp. 93–97. (In Russ.)
22. Kiryushin V.I., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2016, No. 30 (3), pp. 19–25. (In Russ.)
23. Maksimov V.A., Vinogradov G.M., Zolotareva R.I., Ivanova L.I., *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, Vol. 11, No. 1 (39), pp. 22–26. (In Russ.)
24. Miles R., Drown S., Agron S., The Sanborn field experiment implication for long-term soil organic carbon levels, 2011, Vol. 103, No. 1, pp. 268–278.
25. Skorokhodov V.Yu., *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii*, 2021, No. 1 (53), pp. 60–67. (In Russ.)
26. Hirte J., Leifeld J., Abiven S. [et al.], Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter, *Front Plaht Sci.*, 2017, No. 8, pp. 284.
27. Ghimire B., Ghimire R., Vanleeuwen D., Mesbah A., Cover crop resiedue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization, *Sustainability*, 2017, No. 9, pp. 14.
28. Dospekhov B.A., *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)* (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Book on Demand, 2012, 352 p.