

УДК 633.1:631.559:551.5 (470.56)

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ОРЕНБУРЖЬЯ

Максютов Николай Алексеевич, д-р с.-х. наук, проф., главный научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

E-mail: maksyutov.n@mail.ru

Зоров Александр Алексеевич, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заместитель директора – руководитель НИИСХ, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

E-mail: orniish@mail.ru

Скороходов Виталий Юрьевич, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

E-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru

Митрофанов Дмитрий Владимирович, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

E-mail: dvm.80@mail.ru

Ключевые слова: температура, осадки, засуха, севооборот, урожайность.

Цель исследований – обоснование структуры посевных площадей и агротехнических приемов в степной зоне Оренбуржья. Стационарный длительный полевой опыт закладывался на участке опытно-производственного хозяйства «ОПХ им. Куйбышева» Оренбургского района. Применялся полевой метод исследования. Посевной материал – озимая рожь, озимая пшеница, яровая твёрдая пшеница, яровая мягкая пшеница, горох, просо, ячмень. В основу исследований входил анализ данных по метеорологическим условиям и по урожайности сельскохозяйственных культур за 30 лет. За период исследований (1990-2019 гг.) произошли существенные изменения погодных условий. Наибольшее влияние на урожайность оказывала температура воздуха, которая повысилась на 2,0°C за сельскохозяйственный год, в осенний период произошло её уменьшение на 1,4°C, зима стала теплее обычного на 2,6°C, весна и лето – на 1,8 и 0,4°C, соответственно. Максимальное количество осадков выпало в первой ротации – 477 мм, что на 110 мм больше среднемноголетних значений (367 мм), минимальное – в пятой ротации (334 мм), дефицит составил 33 мм. Наиболее благоприятные условия сложились для озимой ржи, уровень урожайности по ротациям севооборотов составил от 2,18-3,26 т с 1 га. Наибольшая урожайность озимой пшеницы наблюдалась в первой ротации – 2,54 т с 1 га. Ячмень более устойчив к локальным изменениям погоды, по урожайности он уступал только озимым культурам, диапазон по ротациям составил от 1,21-2,49 т с 1 га. Для остальных зерновых культур – объектов исследования – погодные условия крайне неблагоприятные.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2020-2021 гг. Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (№ 0761-2019-0003).

Статья посвящается памяти В. А. Корчагина – доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ.

WEATHER CONDITION AFFECT ON ARABLE CROPS IN THE STEPPE ZONE OF ORENBURG REGION

N. A. Maksyutov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences».

460000, Orenburg, January 9 street, 29.

E-mail: maksyutov.v@mail.ru

A. A. Zorov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Deputy Director, Head of Division, Orenburg Research Institute of Agriculture, Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences».

460000, Orenburg, January 9 street, 29.

E-mail: orniish@mail.ru

V. Yu. Skorokhodov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences».

460000, Orenburg, January 9 street, 29.

E-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru

D. V. Mitrofanov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences».

460000, Orenburg, January 9 street, 29.

E-mail: dvm.80@mail.ru

Keywords: temperature, precipitation, drought, crop rotation, yield.

The purpose of the research is substantiation of the structure of crop acreage and cultural practice in the steppe zone of Orenburg Region. Time constant Held trial was carried out on the site of the Kuibyshev's experimental production farm located in Orenburg district. Field investigation method was used. Seed material was the following winter rye, winter wheat, spring durum wheat, spring soft wheat, peas, millet, barley. The research was based on the analysis of data on meteorological conditions and crop yields over 30 years. During the research period (1990-2019) significant changes in weather conditions took place. The greatest impact on productivity was exerted by air temperature, increased by 2.0°C during the agricultural year, in autumn period it decreased by 1.4°C, winter became warmer than usual by 2.6°C, spring and summer – by 1.8 and 0.4°C, respectively. Maximum precipitation period was observed in the first rotation – 477 mm, which is 110 mm more than the long – term average (367 mm), minimum – in the fifth rotation (334 mm), the deficit amounted to 33 mm. The most favorable conditions were for winter rye, the yield level rotation ranged from 2.18-3.26 tons per 1 ha. The highest winter wheat yield was observed in the first rotation – 2.54 ton per 1 ha. Barley is more resistant to local weather changes, it was inferior only to winter crops in yield, and the rotation range was 1.21-2.49 ton per 1 ha. For other grain crops the objects of the study weather conditions were extremely unfavorable.

The research was carried out in accordance with the research plan over 2020-2021, developed by the Federal State Budgetary Scientific Institution titled «Federal Scientific Center for Biological Systems and Agritechnology of the Russian Academy of Sciences» (№0761-2019-0003).

The article is dedicated to the memory of V. A. Korchagin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation.

В мировом пространстве происходят глобальные и локальные изменения климата, которые в первую очередь сводятся к потеплению с резкими среднесуточными перепадами между ночными и дневными температурами воздуха. Одно из объяснений – озоновые дыры. В последние годы также наблюдается выпадение осадков ливневого характера, чаще всего в больших городских населённых пунктах с сильной ветровой деятельностью с быстро меняющимся направлением.

Резкое изменение температурного режима воздуха в течение суток сопровождается изменением его давления и влажности, что негативно сказывается на здоровье человека, животного и растительного мира. В связи с изменением погодных условий участились засухи, и за последние годы проявляется новый их тип – холодные – при дефиците тепла наблюдается быстрое развитие растений и их замедленный рост.

Изучением и анализом изменения метеорологических условий занимаются многие исследователи в Самарской [1, 2] и Оренбургской областях [3, 4]. Исследования погодных факторов и их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур велись некоторыми Оренбургскими учёными – В. Е. Тихоновым, И. Н. Бесалиевым и А. Г. Крючковым [5, 6, 7]. Наблюдения за засухами

разных типов и меры борьбы с ними в Оренбуржье проводились сотрудниками отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий Оренбургского научно-исследовательского института [8, 9]. Локальное изменение погодных условий, которые негативно сказываются на урожайности сельскохозяйственных культур, находит подтверждение и в стационарных исследованиях за последние 30 лет.

Цель исследований – обоснование структуры посевных площадей и агротехнических приемов в степной зоне Оренбуржья.

Задачи исследований – установить влияние основных погодных факторов по ротациям севооборотов и временам года на урожайность сельскохозяйственных культур.

На основании результатов исследований будет впервые установлена реакция сельскохозяйственных культур на локальные изменения погодных условий за 30 лет.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 1990-2019 гг. в «ОПХ им. Куйбышева» Оренбургского НИИСХ в системе многолетнего стационарного опыта. На опытном участке изучались шестипольные севообороты с чёрными кулисными парами под озимую рожь, озимую пшеницу и яровую твёрдую пшеницу. Длительный стационар по севооборотам с площадью 24 га размещается на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья (рис. 1). Эксперимент проводился на многолетнем стационарном опытном поле в окрестностях поселка Крона Оренбургского района Оренбургской области.



Рис. 1. Вид стационарного опытного поля с самолёта

Почва стационара – чернозём южный (террасовый) карбонатный среднемощный тяжёлого гранулометрического состава на жёлто-бурой древнеаллювиальной глине, подстилаемый делювиальной глиной. Почва от соляной кислоты вскипает бурно с поверхности и по профилю. Количество гумуса в пахотном слое почвы до 4,0%, N_a и ёмкости поглощения, соответственно, до 0,180

и 31,9 мг/экв., P_2O_5 – 2,5, K_2O – 38,1 мг на 100 г почвы. Объёмная масса в слое почвы 0-30 см – 1,22 г/см³, максимальная гигроскопичность – 7,68%, влажность устойчивого завядания – 34,5 мм, полевая влагоёмкость – 111,4 мм.

Объект исследований – паровые поля и полевые культуры: озимые (рожь, пшеница), яровая твёрдая пшеница, яровая мягкая пшеница, горох, просо и ячмень.

Исследования велись в шестипольных севооборотах. Озимая рожь и пшеница, яровая мягкая пшеница, просо, горох и ячмень возделывались в зернопаропропашном и зернопаровых с чередованием: пар чёрный кулисный (кулисы из подсолнечника) – озимые (рожь, пшеница) – яровая твёрдая пшеница – сборное поле (кукуруза на силос, горох, просо) – яровая мягкая пшеница – ячмень.

Посевы яровой твёрдой пшеницы располагались в севооборотах с чередованием: пар чёрный кулисный – яровая твёрдая пшеница – яровая мягкая пшеница – сборное поле (кукуруза на силос, горох, просо) – яровая мягкая пшеница – ячмень.

Применялся полевой метод исследования. Схема полевого опыта состояла из семи вариантов посева в шестипольных севооборотах по различным предшественникам: I – посев озимой ржи после чёрного кулисного пара; II – посев озимой пшеницы после чёрного кулисного пара; III – посев яровой твёрдой пшеницы после чёрного кулисного пара; IV – посев яровой мягкой пшеницы после кукурузы на силос; V – посев гороха после яровой твёрдой пшеницы; VI – посев проса после яровой твёрдой пшеницы; VII – посев ячменя после яровой мягкой пшеницы.

Стационарный опыт заложен в пространстве методом простых повторений в четырёхкратной повторности с развёртыванием вариантов на всех полях севооборотов. Размеры делянок первого порядка (пар чёрный, яровая твёрдая пшеница, яровая мягкая пшеница, ячмень) – 14,4 м × 60 м с площадью (S) 864 м², второго (озимая рожь и пшеница) – 7,2 м × 60 м (S = 432 м²) и третьего (горох и просо) – 3,6 м × 60 м (S = 216 м²). Учётная площадь делянок 120 м².

В первой и во второй половине мая высевали яровые ранние и поздние культуры, затем в третьей декаде августа – озимые. Сеялкой СЗП-3,6 проводили посев зерновых культур со следующей нормой высева: озимая рожь (Комсомольская 56), озимая пшеница (Саратовская 5), яровая мягкая пшеница (Саратовская 42) – 4,5 млн шт., яровая твёрдая пшеница (Харьковская 46) – 4,0 млн шт., просо (Оренбургское 9) – 3,0 млн шт., горох (Чишминский 210) – 1,2 млн шт. и ячмень (Донецкий 8) – 3,8 млн шт. всхожих семян на 1 га.

Применялись следующие полевые методы исследования: 1) на каждой делянке паровых полей севооборотов в пахотном слое верхнего горизонта 0-30 см вручную отбирались почвенные образцы с помощью пробоотборников (буры). Почвенные пробы отправлялись в лабораторию для определения содержания гумуса по методике Тюрина; 2) урожайность учитывали, применяя прямой способ уборки комбайнами «Сампо-500» и «Terrior SR2010». С каждой делянки в специальные мешки комбайном отбирались пробы зерна и вручную взвешивались на площадочных весах. По каждой культуре определяли бункерный вес зерна. Рассчитывали урожайность с учётом чистоты и влажности зерна.

Технология возделывания полевых (зерновых) культур, принятая для зоны исследований. Агротехника, принятая в условиях сельскохозяйственного производства.

Результаты исследований. По данным Оренбургского Гидрометцентра в зоне проведения исследований среднемноголетнее количество осадков за сельскохозяйственный год – 367 мм, за вегетационный период – 155 мм.

За годы исследований основным фактором погодных условий, влияющим на урожайность сельскохозяйственных культур, являлся температурный режим воздуха. Значение температуры воздуха сравнивается со среднемноголетним за 50 лет (табл. 1).

Таблица 1

Динамика изменения температуры воздуха по ротациям севооборотов и временам года, °С (1990-2019 гг.)

Ротация	Температура воздуха по временам года				Средняя температура за сельскохозяйственный год
	осень	зима	весна	лето	
Среднемноголетние показатели	7,5	-13,4	4,2	20,5	3,6
Первая (1990-1995 гг.)	<u>5,2*</u>	<u>-11,0</u>	<u>5,9</u>	<u>19,7</u>	<u>4,9</u>
	-2,3	+2,4	+1,7	-0,8	+1,3
Вторая (1996-2001 гг.)	<u>5,2</u>	<u>-10,6</u>	<u>5,2</u>	<u>21,4</u>	<u>5,3</u>
	-2,3	+2,5	+1,0	+0,9	+1,7
Третья (2002-2007 гг.)	<u>6,6</u>	<u>-10,0</u>	<u>5,3</u>	<u>20,7</u>	<u>5,7</u>
	-0,9	+3,4	+1,1	+0,2	+2,1
Четвёртая (2008-2012 гг.)	<u>7,4</u>	<u>-11,8</u>	<u>7,2</u>	<u>22,8</u>	<u>6,4</u>
	-6,1	+1,6	+3,0	+2,3	+2,8
Пятая (2013-2019 гг.)	<u>6,2</u>	<u>-10,7</u>	<u>6,6</u>	<u>21,7</u>	<u>6,0</u>
	+1,3	+2,7	+2,2	+1,2	+2,4
Средняя температура за пять ротаций	<u>6,1</u>	<u>-10,8</u>	<u>6,0</u>	<u>21,2</u>	<u>5,6</u>
	-1,4	+2,6	+1,8	+0,7	+2,0

Примечание. * – над чертой фактические значения температуры воздуха по данным Оренбургского Гидрометцентра, под чертой – отклонение от среднегодовых показателей.

Изменение температуры по ротациям севооборотов и временам года проходило постепенно. В осенний период за пять ротаций произошло похолодание на 1,4°C, потепление: в зимний период – на 2,6°C, в весенний – на 1,8°C и в летний – на 0,7°C. Основной причиной незначительного изменения температуры летом являются резкие перепады температуры воздуха в течение суток – ночью низкая, днём высокая, достигающая в отдельные дни 15-20°C. Потепление происходило медленно, начиная от первой ротации – на 1,3°C, и максимально – в четвёртой ротации – на 2,8°C. В среднем за 30 лет увеличение температуры составило 2,0°C. Такое изменение температуры воздуха привело к участившимся засухам, в первой ротации засуха проявилась 1 год, во второй – 2 года, в третьей и четвёртой – по 3 года, в пятой – 4 года.

В отдельные годы, даже при хороших весенних запасах почвенной влаги, в результате высокой температуры существенно снижалась урожайность, в последние годы – из-за дефицита тепла или холодного вида засухи.

Вторым фактором погодных условий, влияющим на урожайность сельскохозяйственных культур, являлись осадки, но по воздействию они уступали температурному режиму воздуха. Количество выпавших осадков, их неравномерное выпадение по временам года существенно не изменилось за исключением зимнего периода – количество осадков за 30 лет увеличилось на 21 мм (табл. 2).

Таблица 2

Динамика выпадения осадков по ротациям севооборотов и временам года, мм (1990-2019 гг.)

Ротация	Количество осадков по временам года				Среднее количество осадков за сельскохозяйственный год
	осень	зима	весна	лето	
Среднегодовые показатели	100	63	90	114	367
Первая (1990-1995 гг.)	<u>17,3*</u> +7,3	<u>7,6</u> +1,3	<u>8,6</u> -4,0	<u>142</u> +28	<u>477</u> +110
Вторая (1996-2001 гг.)	<u>69</u> -31	<u>108</u> +45	<u>97</u> +7	<u>107</u> -7	<u>381</u> +14
Третья (2002-2007 гг.)	<u>117</u> +17	<u>87</u> +24	<u>100</u> +70	<u>113</u> -1	<u>417</u> +50
Четвёртая (2008-2012 гг.)	<u>101</u> +1	<u>70</u> +7	<u>87</u> -3	<u>98</u> -16	<u>356</u> -11
Пятая (2013-2019 гг.)	<u>97</u> -6	<u>80</u> +17	<u>87</u> -3	<u>3</u> -41	<u>334</u> -33
Среднее количество осадков за пять ротаций	<u>111</u> +11	<u>84</u> +21	<u>91</u> +1	<u>107</u> -7	<u>393</u> +26

Примечание. * - над чертой фактическое количество выпавших осадков по данным Оренбургского Гидрометцентра, под чертой – отклонение от среднегодовых показателей.

Следует отметить, что максимальное количество осадков за сельскохозяйственный год отмечено в 2000 году – 548 мм, минимальное – 250 мм – в 1995 году и за 30 лет – 393 мм (всего на 26 мм больше среднегодового значения).

Самые благоприятные по количеству выпавших осадков – первая и третья ротации севооборотов, здесь превышение нормы, соответственно, составило 110 и 55 мм. В четвёртой и пятой ротациях отмечен недобор осадков. Особенность выпадения осадков в этих ротациях – острый дефицит в первой половине лета, особенно в июне, когда практически решается судьба урожая ранних яровых зерновых культур. Норма в этом месяце – 39 мм, в четвёртой ротации выпало 25 мм осадков, в пятой – 22 мм, 4 года из 12 лет осадки вообще отсутствовали. Дефицит осадков сопровождался резким повышением температуры воздуха. За эти ротации она составила 22,0°C при норме 19,7°C. Примером может быть 2014 год, когда отмечались резкие среднесуточные перепады температуры воздуха, которые достигали следующих значений: между ночными и дневными температурами 20-25°C, 7-10°C – ночью, 30-35°C – днём; в июле и августе выпало 5 и 10 мм при норме, соответственно, 41 и 34 мм. В таких условиях в опыте по экологическому испытанию сортов яровой твёрдой пшеницы, сорта Харьковской и Оренбургской селекции, дали урожайность всего 0,2-0,3 т с 1 га, однако сорта Самарской селекции

сформировали 1,8-2,0 т с 1 га. Такое расхождение в значениях урожайности селекционеры не могли объяснить.

Особенностью летнего периода являлось выпадение осадков в виде ливней, влага которых быстро терялась из-за физического испарения в результате сильной ветровой деятельности. Локальные изменения погодных условий по температуре воздуха и выпадению осадков по ротациям севооборотов имели такую же закономерность и в изменении урожайности полевых культур, за исключением озимой ржи. Наблюдался её одинаковый урожай по всем ротациям, кроме первой. По озимой пшенице эта закономерность не наблюдалась из-за отсутствия сортов, устойчивых к осенне-зимним и весенним заморозкам, и гибели её в отдельные годы.

Урожайность озимой ржи и озимой пшеницы за 30 лет составила соответственно 2,48 и 1,61 т с 1 га (табл. 3). В среднем за пять ротаций севооборотов отмечалась одинаковая урожайность яровой твёрдой и мягкой пшеницы, которая составила 1,16 т с 1 га. Локальное изменение погодных условий, особенно повышение температуры воздуха, явилось следствием низкой урожайности – 0,95 т с 1 га – гороха. Устойчивым к засушливым условиям погоды оказался ячмень, который по урожайности 1,71 т с 1 га находился почти на уровне с озимой пшеницей по чёрному пару.

Максимальная урожайность наблюдалась в первой ротации севооборотов, она составила: озимой ржи – 4,33 т с 1 га, озимой пшеницы – 4,34, яровой твёрдой пшеницы – 4,05, яровой мягкой пшеницы – 2,66, проса – 4,23, гороха – 2,03 и ячменя – 4,29 т с 1 га.

Таблица 3

Урожайность сельскохозяйственных культур по ротациям шестипольных севооборотов, т с 1 га (1990-2019 гг.)

Ротация	Варианты посева и культура*						
	I – озимая рожь	II – озимая пшеница	III – яровая твёрдая пшеница	IV – яровая мягкая пшеница	V – горох	VI – просо	VII – ячмень
Первая (1990-1995 гг.)	3,26	2,54	2,13	2,02	0,93	2,42	2,18
Вторая (1996-2001 гг.)	2,33	1,15	0,98	1,38	1,31	1,60	2,49
Третья (2002-2007 гг.)	2,18	1,41	0,63	0,76	1,11	0,77	1,41
Четвёртая (2008-2012 гг.)	2,37	1,15	1,27	0,86	0,78	0,92	1,27
Пятая (2013-2019 гг.)	2,26	1,95	0,79	0,77	0,62	1,03	1,21
Средняя урожайность за 5 ротаций (1990-2019 гг.)	2,48	1,61	1,16	1,16	0,95	1,35	1,71

Примечание. * – предшественником озимой ржи, озимой пшеницы и яровой твёрдой пшеницы являлся пар чёрный кулисный, яровой мягкой пшеницы – кукуруза на силос, гороха, проса – яровая твёрдая пшеница, ячменя – яровая мягкая пшеница.

При низкой урожайности полевых культур в четвёртой и пятой ротации севооборотов отмечалось наибольшие содержания гумуса в пахотном слое почвы 0-30 см в паровых полях, диапазон значений 4,85-5,10% (табл. 4).

Таблица 4

Содержание гумуса в слое почвы 0-30 см в паровых полях по ротациям севооборотов, %

Пары севооборота	Ротация севооборотов и годы исследований				
	первая (1990-1995 гг.)	вторая (1996-2001 гг.)	третья (2002-2007 гг.)	четвёртая (2008-2012 гг.)	пятая (2013-2019 гг.)
Чёрный пар под озимые культуры	4,65	4,42	4,04	4,88	4,87
Чёрный пар под твёрдую пшеницу	4,71	4,39	4,09	4,85	5,10

В результате проведённых исследований отмечалось снижение содержания гумуса в почве от первой к третьей ротации севооборотов. В пик урожайности полевых культур в первой ротации 2,02-3,26 т с 1 га (табл. 3) происходил наибольший вынос питательных элементов почвы, что приводило к снижению плодородия – содержание гумуса составило 4,71-4,09% по первым трём ротациям (табл. 4). В свою очередь небольшая урожайность полевых культур в третьей и четвёртой ротации позволила сохранить плодородие почвы. Это связано в первую очередь с небольшим

выносом культурами питательных веществ из почвы за счёт повышенной температуры воздуха и меньшего количества выпавших осадков.

Изменение урожайности сельскохозяйственных культур по ротациям шестипольных севооборотов в зависимости от сложившихся метеорологических условий и содержания гумуса в слое почвы 0-30 см за тридцать лет исследований наблюдалось на длительном стационарном опытном поле (рис. 2).

Из рисунка видно, что при наибольшей урожайности полевых культур в первой и во второй ротации севооборотов наблюдалось снижение содержания гумуса почвы к третьей на 0,61 и 0,62% в паровых полях. При наименьшей продуктивности зерновых культур в четвёртой и пятой ротации севооборотов отмечалось увеличение содержания гумуса почвы по сравнению с третьей на 0,83 и 1,01% в чёрных парах. Это происходило за счёт часто повторяющихся засух и наибольшего поступления в почву пожнивно-корневых остатков и соломы.

В результате статистической обработки данных по урожайности полевых культур и погодным факторам (температура воздуха и осадки) с помощью множественной регрессии установлена прямая взаимосвязь между ними. Например, при математической обработке урожайности гороха после яровой твёрдой пшеницы по ротациям севооборотов наблюдалась зависимость выхода зерна от температуры воздуха и количества выпавших осадков. Доля влияния фактора составила по температуре 38,25% и по осадкам 48,58% (табл. 5).

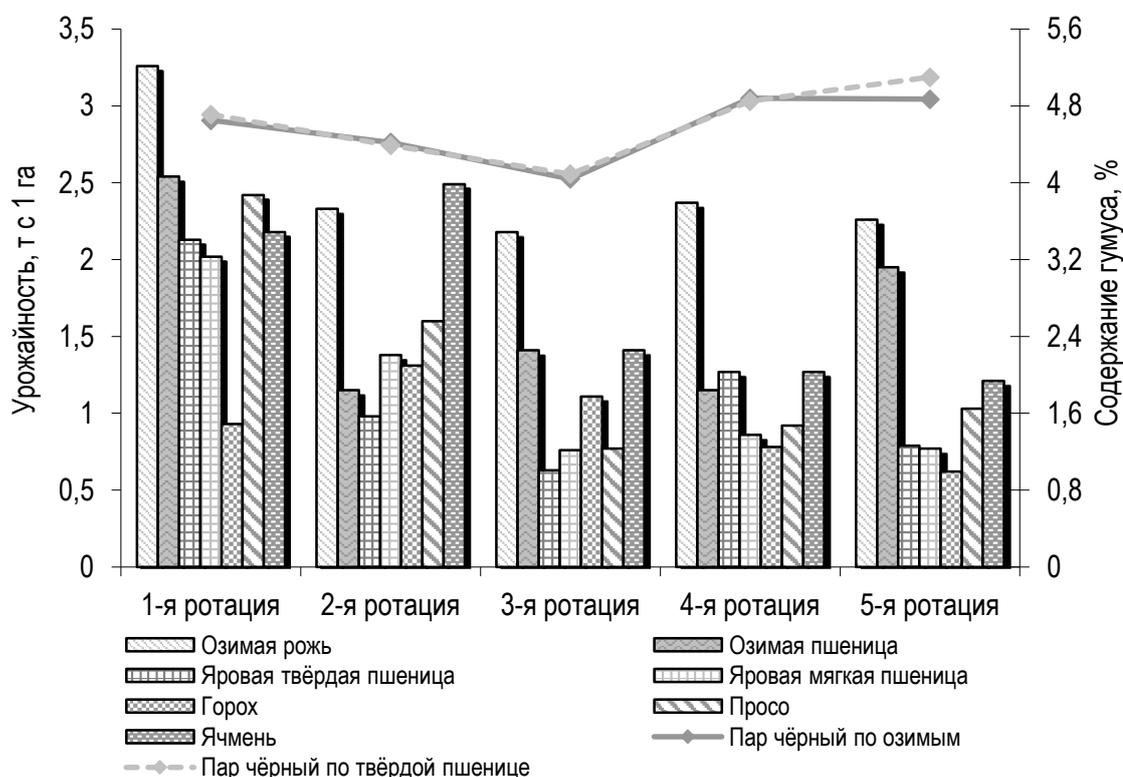


Рис. 2. Урожайность сельскохозяйственных культур по ротациям севооборотов в зависимости от сложившихся метеоусловий и содержания гумуса в паровых полях, т с 1 га (1990-2019 гг.)

Таблица 5

Результаты множественной регрессии по урожайности гороха в зернопаровом севообороте в зависимости от температуры воздуха и осадков за 30 лет наблюдений

Вариант	Погодный фактор	Коэффициент				Ошибка уравнения регрессии	Уровень значимости*	Доля влияния фактора, %
		бета	регрессии	детерминации	Стьюдента			
V	Температура	-0,55	-1,06	0,38	-2,60	0,48	0,01	38,25
	Осадки	0,68	0,28	0,48	2,94	0,05	0,00	48,58

Примечание. * – нормативный показатель $p < 0,05$.

Проведённая статистическая обработка показала, что урожайность гороха зависела в основном от количества выпавших осадков и температуры воздуха. Положительные показатели множественной регрессии отмечались по погодному фактору «осадки». Урожайность гороха прямо пропорционально зависела от количества выпавших осадков. Отрицательные значения коэффициентов статистического анализа наблюдалось по фактору «температура». В связи с этим урожайность гороха при высоких температурах воздуха снижалась. Оптимальные температуры влияли на наилучший выход зерна гороха.

В результате неблагоприятных погодных условий за время исследований урожай озимой ржи отсутствовала 2 года, озимой пшеницы – 6 лет, яровой твёрдой пшеницы – 3 года, яровой мягкой пшеницы – 1 год. Урожай отсутствовал в основном в 3, 4 и 5 ротациях севооборотов, в результате существенного изменения метеорологических условий.

Изменение метеоусловий во время проведения исследований оказывало негативное влияние на рост, развитие растений и формирование урожая. Появление засухи нового вида – холодной – существенно снижала урожайность. Более прохладный осенний период, потепление зимой на 2,6°C и увеличение осадков на 21 мм создавало благоприятные условия для озимых, особенно озимой ржи, которые формировали устойчивые урожаи по всем ротациям севооборотов. В результате гибели озимой пшеницы в отдельные годы от осенних и весенних заморозков по урожайности она заметно уступала озимой ржи. Из ранних яровых зерновых культур самым устойчивым к изменению погодных условий оказывался ячмень, уступающий по урожайности только озимой ржи по чёрному пару. Основной причиной низкой урожайности яровой твёрдой, мягкой пшеницы, гороха, проса в четвёртой и пятой ротациях севооборотов явилось повышенная температура воздуха весной, дефицит осадков в мае и летом.

Заключение. За тридцать лет исследований в системе многолетнего стационарного опыта произошли локальные изменения метеорологических условий и урожайности сельскохозяйственных культур. В четвёртой и пятой ротации севооборотов из-за часто повторяющихся засух наблюдалось снижение урожайности по всем зерновым культурам, кроме озимых. На основании этого требуется корректировка, научная проработка структуры посевных площадей и агротехнических приёмов для полевых культур. Рекомендуем сельскохозяйственному производству проводить расширение посевных площадей озимых культур и ячменя в зернопаровых севооборотах степной зоны Оренбуржья.

Библиографический список

1. Шевченко, С. Н. Региональные изменения погодных условий и их влияние на сельскохозяйственное производство / С. Н. Шевченко, В. А. Корчагин, О. И. Горянин // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №3. – С. 10-12.
2. Горянин, О. И. Влияние изменения климата на возделывание сельскохозяйственных культур в Среднем Заволжье / О. И. Горянин, С. Н. Шевченко, В. А. Корчагин // Метеорология и гидрология. – 2018. – №6. – С. 106-110.
3. Тихонов, В. Е. Погода и хлебопекарные качества зерна яровой мягкой пшеницы в Оренбургском Приуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2009. – №2(22). – С. 23-27.
4. Тихонов, В. Е. Влияние погоды на качество зерна яровой твёрдой пшеницы в Оренбургском Приуралье / В. Е. Тихонов, Р. Р. Абдрашитов // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве : сб. науч. тр. – Оренбург. – 2010. – С. 28-36.
5. Тихонов, В. Е. Роль климата в формировании тренда урожайности зерновых культур в лесостепи Оренбургского Предуралья / В. Е. Тихонов, В. В. Федосеев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2009. – №4 (24). – С. 9-12.
6. Бесалиев, И. Н. Погодные условия межфазных периодов вегетации яровой твёрдой пшеницы и её урожайность в Оренбургском Предуралье / И. Н. Бесалиев, А. Г. Крючков // Зерновое хозяйство России. – 2013. – №2. – С. 16-19.
7. Крючков, А. Г. Эволюция основных погодных факторов и урожайности яровой твёрдой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 4. – С. 40-42.
8. Максютов, Н. А. Засуха в Оренбуржье и её последствия / Н. А. Максютов, В. М. Жданов, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 3-4.

9. Максютлов, Н. А. Типы засухи в Оренбуржье и меры борьбы с ней / Н. А. Максютлов, В. М. Жданов, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов // Вестник мясного скотоводства. – 2013. – № 2(80). – С. 121-123.

References

1. Shevchenko, S. N., Korchagin, V. A., & Goryanin, O. I. (2010). Regionalnie izmeneniia pogodnikh uslovii i ih vliianie na seliskohoziaistvennoe proizvodstvo [Regional changes in weather conditions and their impact on agricultural production]. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK – Achievements of Science and Technology of AICis*, 3, 10-12 [in Russian].
2. Goryanin, O. I., Shevchenko, S. N., & Korchagin, V. A. (2018). Vliianie izmeneniia klimata na vozdelivanie seliskohoziaistvennikh kultur v Srednem Zavolzhie [Influence of climate change on the cultivation of agricultural crops in the Middle Volga region]. *Meteorologiya i gidrologiya – Meteorologiya i Gidrologiya*, 6, 106-110 [in Russian].
3. Tikhonov, V. E. (2009). Pogoda i hlebopekarniie kachestva zerna iarovoi miagkoi pshenici v Orenburgskom Priuralie [Weather and baking qualities of spring soft wheat grain in Orenburg Priuralie]. *Izvestiia Orenburgskogo GAU – Izvestia Orenburg SAU*, 2(22), 23-27 [in Russian].
4. Tikhonov, V. E., & Abdrashitov, R. R. (2010). Vliianie pogodi na kachestvo zerna iarovoi tvordoi pshenici v Orenburgskom Priuralie [Influence of weather on the quality of spring hard wheat grain in the Orenburg Urals] // Resource-saving technologies in agricultural production '10: *sbornik nauchnikh trudov – collection of scientific papers*. (pp. 28-36). Orenburg [in Russian].
5. Tikhonov, V. E., & Fedoseev, V. V. (2009). Rol klimata v formirovanii trenda urozhainosti zernovikh kultur v lesostepi Orenburgskogo Preduraliia [The role of climate in the formation of the grain crop yield trend in the forest-steppe of the Orenburg Urals]. *Izvestiia Orenburgskogo GAU – Izvestia Orenburg SAU*, 4 (24), 9-12 [in Russian].
6. Besaliev, I. N., & Kryuchkov, A. G. (2013). Pogodnie usloviia mezhfaznikh periodov vegetatsii iarovoi tvordoi pshenici i eio urozhainost v Orenburgskom Preduraliie [Weather conditions of interphase periods of vegetation of spring durum wheat and its productivity in the Orenburg region]. *Zernovoie hoziaistvo Rossii – Grain Economy of Russia*, 2, 16-19 [in Russian].
7. Kryuchkov, A. G. (2017). Evoliuciia osnovnikh pogodnikh faktorov i urozhainosti iarovoi tvordoi pshenici [Evolution of the main weather factors and productivity of spring durum wheat]. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK – Achievements of Science and Technology of AICis*, 31, 4, 40-42 [in Russian].
8. Maksyutov, N. A., Zhdanov, V. M., Skorokhodov, V. Yu., & Mitrofanov, D. V. (2013). Zasuha v Orenburzhie i eio posledstviia [Drought in Orenburg region and its consequences]. *Zemledelie – Zemledelie*, 8, 3-4 [in Russian].
9. Maksyutov N. A., Zhdanov V. M., Skorokhodov V. Yu., & Mitrofanov D. V. (2013). Tipi zasuhi v Orenburzhie i meri boribi s nei [Orenburg droughts and measures to eliminate it]. *Vestnik miasnogo skotvodstva – The Herald of Beef Cattle Breeding*, 2 (80), 121-123 [in Russian].