

## Биологическая продуктивность ультраранних гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона

А. Э. Панфилов<sup>1</sup>✉, Н. Н. Зезин<sup>2</sup>, П. Ю. Овчинников<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

<sup>2</sup>Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: al\_panfilov@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования – выявление зависимости урожайности и параметров качества кукурузы от условий вегетации и оценка продуктивного потенциала культуры в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона. **Научная новизна.** В контрастных почвенно-климатических зонах на сопоставимом агротехническом фоне определены факторы, лимитирующие величину и качество урожая кукурузы. **Методы.** Исходные данные для анализа получены в 2019–2021 гг. путем закладки модельных площадок в производственных посевах ультраранних гибридов кукурузы. Исследования проведены в 5 почвенно-климатических зонах Южного и Среднего Урала (горно-лесной зоне, лесолуговой, северной лесостепной, южной лесостепной и степной) на территории 4 субъектов федерации в 16 географических пунктах. Учет биологического урожая кукурузы сопровождался его структурным анализом с выделением фракций (стебель, листья, зерно, стержень, обертка, ножка початка) и отбором образцов для зоотехнического анализа. **Результаты.** Максимальную урожайность зерна кукурузы и сбор крахмала с 1 га обеспечили условия южной лесостепной зоны, которые характеризовались значениями гидротермического коэффициента от 0,8 до 1,0. Отрицательное влияние на продуктивность и качество урожая оказали как повышенное увлажнение в условиях дефицита тепла горно-лесной и лесолуговой зон, так и недостаток влаги на фоне высокой теплообеспеченности степной зоны. Условием повышения качества урожая и сбора крахмала кукурузы на севере региона является выращивание гибридов с наиболее ранним созреванием, относящихся к группе ФАО 100–120, а также использование прогрессивных технологий уборки культуры, обеспечивающих заготовку и консервирование влажного зерна и початков без листостебельной массы. Для повышения продуктивности кукурузы в степной зоне необходимы подбор гибридов с пониженной эвапотранспирацией, применение влагосберегающих агротехнологий, обоснование приемов агротехники, позволяющих повысить эффективность использования атмосферной влаги.

**Ключевые слова:** кукуруза, ультра ранние гибриды, почвенно-климатические зоны, ресурсы тепла и влаги, биологическая продуктивность, структура урожая, обменная энергия, крахмал.

**Для цитирования:** Панфилов А. Э., Зезин Н. Н., Овчинников П. Ю. Биологическая продуктивность ультраранних гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 35–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-35-47.

**Дата поступления статьи:** 01.12.2021, **дата рецензирования:** 20.12.2021, **дата принятия:** 20.01.2022.

### Постановка проблемы (Introduction)

Посевы кукурузы на Южном и Среднем Урале размещаются в границах пяти почвенно-климатических зон (степной, южной и северной лесостепной, лесолуговой и горно-лесной) и входят в обширный ареал, имеющий меридиональную протяженность около 650 км. Этим обусловлена контрастность гидротермических условий, на фоне которых формируется урожай культуры: так, средняя многолетняя сумма активных температур выше

10 °С за период вегетации при продвижении с юга на север снижается с 2200–2400 до 1800–1900 °С на фоне увеличения суммы осадков со 162–168 до 230–280 мм и роста средних многолетних значений гидротермического коэффициента с 0,8–0,9 до 1,2–1,7 [1, с. 16–18]. Как следствие, разнообразны и абиотические факторы, лимитирующие продукционный процесс культуры: если на севере региона наиболее вероятная причина низкой урожайности кукурузы заключается в дефиците тепла, то на юге

главным источником риска является периодическая засушливость. Следовательно, необходимое условие адаптации кукурузы в регионе – изучение ее реакции на варьирование ресурсов тепла и влаги во времени и в пространстве.

С точки зрения эффективности кормопроизводства ресурсы тепла важны как фактор, определяющий вероятность созревания зерна до хозяйственно значимых фаз. При этом требования к состоянию зерна к началу уборки мало зависят от вида заготавливаемого корма (зерно, зерно-стержневая смесь, дерть из початков, высокоэнергетический силос), так как целевым компонентом при выращивании кукурузы во всех случаях является крахмал [2, с. 25; 3, с. 15]. Тесная корреляционная зависимость содержания крахмала от уборочной влажности зерна [4, с. 55] определяет высокие требования к подбору адаптированных гибридов по признаку скороспелости [5, с. 57]. Создание образцов кукурузы ранних групп созревания (ФАО 120–170) составляет значительную часть российских селекционных программ [6, с. 34, 36; 7, с. 19; 8, с. 630], результатом реализации которых за последние десятилетия стал ряд гибридов, обеспечивающих стабильное достижение зерном фаз восковой и полной спелости в различных почвенно-климатических условиях Уральского региона (Кубанский 101 МВ, Росс 130 МВ, Обский 140 СВ, Уральский

150 и др.) [9, с. 13]. Отметим, что в зарубежной селекции приоритетными целевыми признаками являются высокая продуктивность и качество (химический состав) растений [10, с. 466; 11, р. 7; 12, р. 5]. Исследования, проведенные в условиях Южного и Северного Зауралья, показывают, что на фоне дефицита тепла любые хозяйственно полезные признаки проявляются лишь в сочетании с достаточной скороспелостью гибридов [5, с. 56; 13, с. 28–29].

Помимо общего дефицита тепла, климат Южного и Среднего Урала характеризуется спорадическими похолоданиями до уровня субоптимальных температур и температур охлаждения в течение периода вегетации, что определяет высокие требования к холодостойкости адаптированных гибридов [16, с. 40]. Механизмы холодостойкости кукурузы связаны с различными биохимическими и физиологическими признаками: с уровнем непредельных жирных кислот в зародыше, с возникающим при охлаждении пулом «стрессовой м-РНК», со способностью к быстрому гидролизу проламинов и др. [14; 15]. Реакция растений кукурузы на длительное воздействие низких температур относится к широко варьирующим признакам, что обеспечивает высокую результативность селекции на холодостойкость [5, с. 57; 16, с. 41].

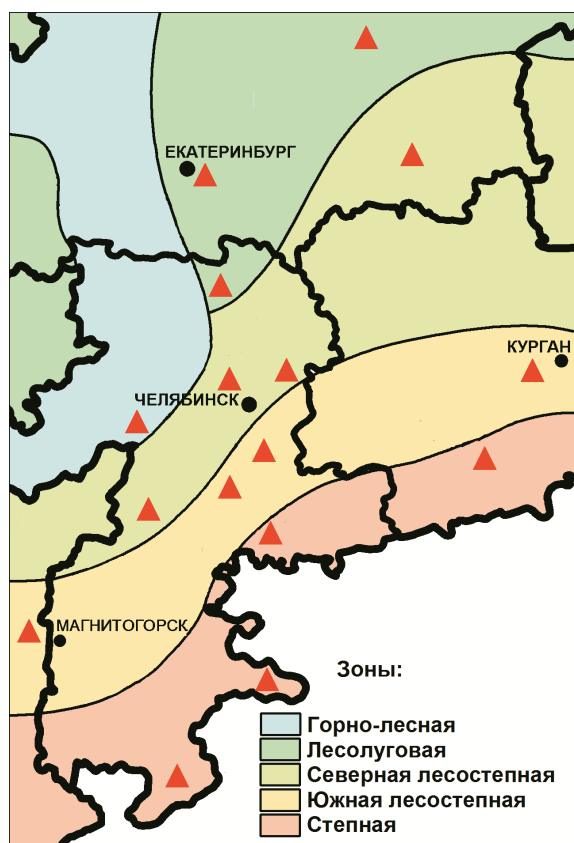


Рис. 1. Расположение географических пунктов исследования

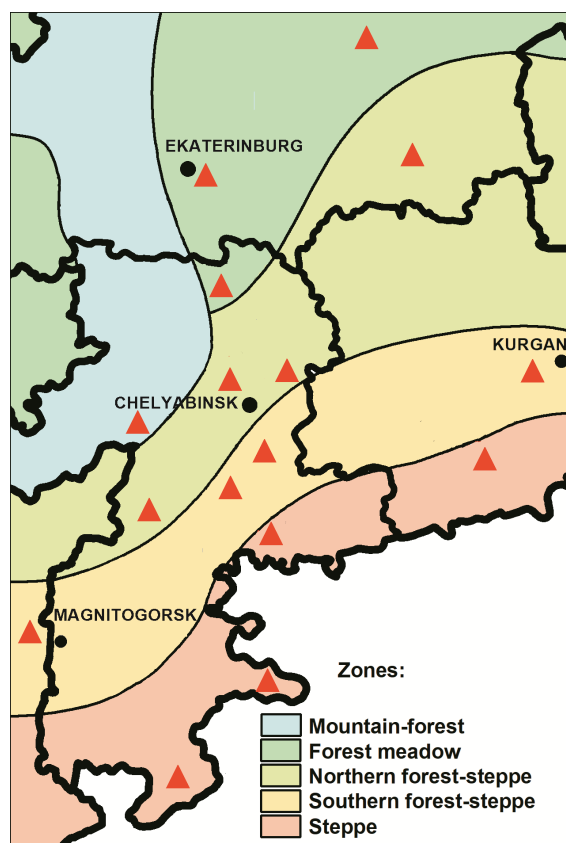


Fig. 1. Location of geographic points of study

Как уже отмечено, в южной части региона основным лимитирующим фактором для кукурузы является дефицит влаги, что делает актуальной задачу создания и подбора засухоустойчивых гибридов кукурузы. Признак засухоустойчивости является полигенным и реализуется через обширный комплекс механизмов, к которым относятся особенности корневой системы, стабильность фотосинтетических и дыхательных процессов, в частности, скорости карбоксилирования, реактивность транспирации, динамика поглощения азота и др. [17, р. 6; 18, с. 269; 19, с. 1604].

Полигенный характер признаков, обеспечивающих адаптацию кукурузы в условиях Южного и Среднего Урала, а также сложный характер взаимодействия генотипа со средой затрудняют прогнозирование реакции гибридов на основные абиотические факторы [20, с. 64]. Поэтому цель представленной работы заключалась в выявлении зависимости урожайности и параметров качества кукурузы от условий вегетации и оценке продуктивного потенциала культуры в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона [20, с. 64].

#### Методология и методы исследования (Methods)

Основной метод исследований – экспедиционно-маршрутный. Экспериментальный материал получен в 2019–2021 гг. в 16 географических пунктах, расположенных в административных границах Свердловской, Челябинской, Курганской областей и Республики Башкортостан и равномерно охватывающих обследуемую территорию: 1 пункт – в горно-лесной зоне, 3 – в лесолуговой, по 4 пункта – в северной лесостепной, южной лесостепной и степной зонах (рис. 1).

Для получения сопоставимых результатов в каждом из пунктов в течение весенне-летнего сезона в производственных посевах ультраанних гибридов кукурузы Кубанский 141 СВ и Росс 130 МВ закладывались модельные участки площадью 84 м<sup>2</sup> в трехкратной повторности. На участках был создан следующий агрофон: дозы азотно-фосфорного удобрения – N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>, густота растений – 60 тыс./га, для контроля засоренности в фазу 4–5-го листа посева обработаны гербицидом «МайсТер Пауэр» с нормой расхода 1,5 л/га. Сроки посева – с 12 по 16 мая, сроки учета урожая – с 16 по 23 сентября.

При учете исследована структура урожая растений с выделением следующих органов (фракций): стебель, листья, зерно, стержень, обертка и ножка початка. После взвешивания и измельчения перечисленных фракций были подготовлены смешанные образцы для проведения следующих анализов: определение влажности гравиметрическим методом (ГОСТ 29305-92); азота – титриметриче-

ским методом по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-93); сырого жира – методом экстракции диэтиловым или петролейным эфиром по Сокслету (ГОСТ 13496.15-2016); сырой клетчатки – по Геннебергу и Штоману (ГОСТ 31675-2012), золы – методом сухого озоления (ГОСТ 32933-2014); содержание крахмала – поляриметрическим методом (ГОСТ ISO 6493-2015); безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – расчетным методом.

Проверку статистических гипотез проводили методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. О достоверности различий между групповыми средними судили по критерию Фишера ( $F$ ) и наименьшей существенной разности (НСР). Значимость коэффициента корреляции оценивали по величине ошибки этого параметра ( $S_r$ ) и критерию Стьюдента ( $t$ ). Уровень значимости критических значений статистических параметров  $p < 0,05$ .

Период и географические пункты исследований отличались контрастностью по гидротермическим условиям (таблица 1). 2017 и 2018 гг. в северной лесостепной зоне, где в этот период проводились исследования, отличались общим дефицитом тепла и небольшим превышением суммы осадков за май – сентябрь по сравнению со средними многолетними показателями.

2019 г. во всех пяти зонах по общей сумме активных температур, которая колебалась от 1963 °С в лесолуговой зоне до 2297 °С в степной, приближался к норме, однако распределение этих ресурсов по периодам роста и развития кукурузы отличалось неравномерностью. Так, с середины мая и практически до конца июня среднесуточные температуры были на 0,5–1,4 °С ниже средних многолетних, что создало локальный дефицит тепла и привело к задержке развития кукурузы на 4–8 суток. Увлажнение в горно-лесной и лесолуговой зонах было достаточным, в северной и южной лесостепной – удовлетворительным, в степной – дефицитным. В 2020 г. по всем зонам наблюдался общий дефицит влаги на повышенном температурном фоне, однако засушливые явления июня – начала июля сменились обильными осадками во второй половине июля, что обеспечило удовлетворительное увлажнение критического периода водопотребления кукурузы, в том числе в степной зоне. Для 2021 г. характерна длительная засуха на всей территории исследований, однако влияние ее на рост и развитие растений в горно-лесной, лесолуговой и северной лесостепной зонах периодически смягчалось выпадением осадков во второй половине лета. Наиболее жесткие условия сложились в южной лесостепи и степи, где эффективные осадки практически не наблюдались до середины августа.

Таблица 1

Гидротермические условия периода вегетации за 2019–2021 г.

Биология и биотехнологии

Годы	Сумма $t > 10$ °C, °C		Сумма осадков, мм		Гидротермический коэффициент Селянинова
	Фактическая	Отклонение от средней многолетней	Фактическая	Отклонение от средней многолетней	
<b>Горно-лесная зона</b>					
2019	1971	-12	379	56	1,92
2020	2131	148	296	-27	1,39
2021	2349	366	142	-181	0,60
<b>Лесолуговая зона</b>					
2019	1963	-35	391	82	1,99
2020	2164	166	282	-27	1,30
2021	2362	364	131	-178	0,55
<b>Северная лесостепная зона</b>					
2019	2116	20	222	-20	1,05
2020	2219	123	160	-82	0,72
2021	2458	362	117	-125	0,48
<b>Южная лесостепная зона</b>					
2019	2236	42	186	-40	0,83
2020	2408	214	149	-77	0,62
2021	2552	358	102	-124	0,40
<b>Степная зона</b>					
2019	2297	74	118	-69	0,51
2020	2490	267	105	-82	0,42
2021	2597	374	76	-111	0,29

Table 1

Hydrothermal conditions of the growing season for 2019–2021

Years	Sum of temperatures $> 10$ °C, °C		Rainfall, mm		Selyaninov's hydrothermal coefficient
	Actual	Deviation from the long-term average	Actual	Deviation from the long-term average	
<b>Mountain forest zone</b>					
2019	1971	-12	379	56	1.92
2020	2131	148	296	-27	1.39
2021	2349	366	142	-181	0.60
<b>Forest meadow zone</b>					
2019	1963	-35	391	82	1.99
2020	2164	166	282	-27	1.30
2021	2362	364	131	-178	0.55
<b>Northern forest-steppe zone</b>					
2019	2116	20	222	-20	1.05
2020	2219	123	160	-82	0.72
2021	2458	362	117	-125	0.48
<b>Southern forest-steppe zone</b>					
2019	2236	42	186	-40	0.83
2020	2408	214	149	-77	0.62
2021	2552	358	102	-124	0.40
<b>Steppe zone</b>					
2019	2297	74	118	-69	0.51
2020	2490	267	105	-82	0.42
2021	2597	374	76	-111	0.29

Анализ погодных условий периода исследований показывает их достаточное разнообразие (до контрастности), что позволяет сделать заключение о типичности гидротермического фона исследований для климата региона. При этом для горно-лес-

ной и лесолуговой зон выявлен в целом удовлетворительный фон увлажнения с периодическим дефицитом тепла, для северной и южной лесостепи – периодическая засушливость, для степной зоны – хронический дефицит влаги.

**Результаты (Results)**

В связи с невозможностью прямых фенологических наблюдений за растениями о темпах созревания кукурузы судили по величине уборочной влажности зерна (таблица 2). Наиболее контрастны различия по данному параметру в 2019 г., когда на фоне дефицита тепла в горно-лесной и лесолуговой зонах влажность зерна составила в среднем 57 %. Достаточная обеспеченность теплом в степной зоне обеспечила снижение влажности до 37 %. Общая амплитуда колебаний влажности по зонам составила 20 процентных пунктов. Исходя из знаний о связи фазы развития кукурузы с содержанием влаги в зерне [4, с. 60], разницу в сроках созревания между степной и лесолуговой зонами можно оценить в 10–12 дней. Высокий температурный фон 2020 г. способствовал ускоренному развитию растений кукурузы, о чем позволяет судить снижение влажности зерна по сравнению с дефицитным фоном на 5 процентных пунктов в степи и на 10–12 пунктов – в остальных зонах. При этом разрыв между контрастными зонами сократился до 13 пунктов.

Воздействие аномально высокой теплообеспеченности 2021 г. на развитие растений и влажность зерна было неоднозначным. В горно-лесной и лесолуговой зонах она стимулировала более раннее созревание зерна и снижение влажности на 3 процентных пункта по сравнению с 2020 г. В остальных зонах, напротив, наблюдалось увеличение влажности зерна: в лесостепи – на 3 пункта, в степи – на 6 пунктов. Это связано с торможением развития растений в результате отрицательного влияния дневных температур выше 30 °С [21, с. 27], которое периодически наблюдалось в течение календарного месяца (со второй декады июня по первую декаду июля). Наибольший стресс растения испытывали в степной зоне, что привело к нелинейной зависимости влажности зерна от суммы активных температур: если в 2019 и 2020 гг. она закономерно снижалась с севера на юг региона, то в 2021 г. минимальные значения выявлены в южной лесостепи.

Таблица 2  
**Распределение уборочной влажности и урожайности зерна кукурузы по почвенно-климатическим зонам, 2019–2021 гг.**

Зона	Год исследований			
	2019	2020	2021	В среднем
<b>Влажность зерна при уборке, %</b>				
Горно-лесная и лесолуговая	56,9	45,2	42,2	48,1
Северная лесостепная	47,1	37,5	40,1	41,5
Южная лесостепная	43,1	32,7	35,3	37,0
Степная	36,8	31,9	38,1	35,6
<b>Урожайность зерна при 14-процентной влажности, т/га</b>				
Горно-лесная и лесолуговая	3,11	3,91	3,83	3,62
Северная лесостепная	4,91	5,68	3,25	4,61
Южная лесостепная	5,63	5,29	3,21	4,71
Степная	3,84	4,80	2,14	3,59
НСР <sub>05</sub>	0,36	0,42	0,29	0,20

Table 2  
**Distribution of grain moisture and corn grain yield by soil and climatic zones, 2019–2021**

Zone	Year of research			
	2019	2020	2021	Average
<b>Grain moisture during harvesting, %</b>				
Mountain-forest & forest-meadow	56.9	45.2	42.2	48.1
Northern forest-steppe	47.1	37.5	40.1	41.5
Southern forest-steppe	43.1	32.7	35.3	37.0
Steppe	36.8	31.9	38.1	35.6
<b>Grain yield at 14% humidity, t/ha</b>				
Mountain-forest & forest-meadow	3.11	3.91	3.83	3.62
Northern forest-steppe	4.91	5.68	3.25	4.61
Southern forest-steppe	5.63	5.29	3.21	4.71
Steppe	3.84	4.80	2.14	3.59
LSD <sub>05</sub>	0.36	0.42	0.29	0.20

Таблица 3

Показатели качества урожая при выращивании кукурузы на корм, 2019–2021 г.

Биология и биотехнологии

Зона	Год исследований			В среднем
	2019	2020	2021	
<b>Содержание сухого вещества в зеленой массе, %</b>				
Горно-лесная и лесолуговая	20,2	31,1	36,2	29,2
Северная лесостепная	26,3	36,9	41,8	35,0
Южная лесостепная	29,9	42,3	42,1	38,4
Степная	34,1	41,7	42,3	39,4
<b>Содержание крахмала в сухом веществе, %</b>				
Горно-лесная и лесолуговая	26,2	29,8	30,9	29,0
Северная лесостепная	30,5	35,3	31,0	32,2
Южная лесостепная	34,2	41,6	32,2	36,0
Степная	34,9	41,0	30,4	35,4
<b>Концентрация обменной энергии в сухой массе, МДж/кг</b>				
Горно-лесная и лесолуговая	10,0	10,5	10,3	10,3
Северная лесостепная	10,2	10,7	10,3	10,4
Южная лесостепная	10,4	11,3	10,4	10,7
Степная	10,4	11,3	10,3	10,7

Table 3

Crop quality indicators for growing corn for fodder 2019–2021

Zone	Year of research			Average
	2019	2020	2021	
<b>Dry matter content in the green mass, %</b>				
Mountain-forest & forest-meadow	20.2	31.1	36.2	29.2
Northern forest-steppe	26.3	36.9	41.8	35.0
Southern forest-steppe	29.9	42.3	42.1	38.4
Steppe	34.1	41.7	42.3	39.4
<b>Starch content in dry matter, %</b>				
Mountain-forest & forest-meadow	26.2	29.8	30.9	29.0
Northern forest-steppe	30.5	35.3	31.0	32.2
Southern forest-steppe	34.2	41.6	32.2	36.0
Steppe	34.9	41.0	30.4	35.4
<b>The concentration of the exchange energy in the dry mass, MJ/kg</b>				
Mountain-forest & forest-meadow	10.0	10.5	10.3	10.3
Northern forest-steppe	10.2	10.7	10.3	10.4
Southern forest-steppe	10.4	11.3	10.4	10.7
Steppe	10.4	11.3	10.3	10.7

Уровень уборочной влажности оказывает прямое влияние на результативность выращивания кукурузы не только на зерно, но и для производства объемистых кормов, так как коррелирует с химическим составом сухого вещества растений, в частности, содержанием в нем транзитного крахмала [10, с. 465]. Как правило, формирование амилопектиновой фракции крахмала завершается с достижением зерном физиологической спелости, которая сопоставляется с влажностью зерна от 40 до 35 % [4, с. 59]. Стабильное созревание до физиологической спелости у гибридов группы ФАО 140 характерно лишь для степной зоны. В северной и южной лесостепи этот результат был получен лишь в два года из трех, при достаточной и высо-

кой теплообеспеченности. В лесолуговой и горно-лесной зонах гибриды указанной группы созревания не способны достичь физиологической спелости даже на высоком температурном фоне.

Урожайность зерна – основного источника крахмала – формировалась под влиянием взаимодействия ресурсов тепла и влаги. Общая закономерность распределения урожайности на территории региона заключалась в следующем: максимум достаточно регулярно наблюдался в северной и южной лесостепных зонах; в горно-лесной и лесолуговой зонах снижение урожайности связано с дефицитом суммы активных температур, препятствующим полноценному наливу зерна; в степной зоне основной лимитирующий фактор – недо-

статок влаги. Эта закономерность в большей или меньшей степени корректировалась колебаниями тепло- и влагообеспеченности по годам. Так, наиболее контрастные различия между зонами в виде отчетливо выраженного максимума в южной лесостепи наблюдались на фоне дефицита тепла 2019 г., характерного в основном для северных районов. Напротив, в условиях аномально высокой теплообеспеченности 2021 г. максимальный урожай был сформирован в горно-лесной и лесолуговой зонах благодаря не только более удовлетворительному увлажнению, но и относительно благоприятному их распределению: в первой декаде июля (начало критического водопотребления кукурузы) выпало 27 мм осадков. В северной и южной лесостепной зонах был сформирован практически одинаковый уровень урожайности зерна – на 0,6 т/га ниже, чем в северных районах; в степной зоне, где сумма осадков за период вегетации составила лишь 76 мм, наблюдалось дальнейшее снижение продуктивности на 1,1 т/га.

Таким образом, максимальная урожайность зерна кукурузы достигается при сбалансированном соотношении ресурсов тепла и влаги, которое соответствует значениям гидротермического коэффициента от 0,8 до 1,0 (рис. 2). Улучшение условий увлажнения на дефицитном температурном фоне, так же как недостаток влаги в условиях высокой обеспеченности теплом, отрицательно сказываются на урожайности.

Фаза развития растений и доля зернового компонента урожая оказали влияние на показатели качества урожая кукурузы при выращивании на корм (таблица 3). Одно из условий получения качественного силоса – содержание сухого веще-

ства в зеленой массе не менее 25 % (оптимум – 30–35 %). Минимальный порог для данного показателя гарантирован для всей территории региона, за исключением горно-лесной и лесолуговой зон. Здесь на фоне дефицита тепла 2019 г. зеленая масса гибрида группы ФАО 140 к середине сентября содержала лишь 20 % сухого вещества. Необходимо отметить, что в лесостепной и степной зонах на повышенном температурном фоне затягивание уборки кукурузы на корм с большой вероятностью приводит к чрезмерной потере влаги растениями, что требует ежегодного мониторинга влажности зеленой массы для выбора оптимальных сроков уборки.

Содержание основного целевого показателя при выращивании кукурузы – крахмала – также тесно связано с урожайностью зерна. Считается, что выращивание кукурузы на корм оправдано при содержании крахмала в целых растениях не менее 35–40 % [22, с. 135]. Как показывает варьирование данного показателя во времени и по территории, риски по нему связаны с дефицитом как тепла (2019 г.), так и влаги (2021 г.). Причины низкого содержания крахмала в различных условиях имеют разную природу: пониженный температурный фон в период вегетации не обеспечивает полноценного налива зерна, тогда как засуха приводит к перераспределению ограниченных ресурсов воды в пользу листостебельной массы. Наиболее стабильное содержание крахмала наблюдается в южной лесостепной и степной зонах: производственный риск здесь связан лишь с аномальной засушливостью, когда дефицит влаги наблюдается не только в первой половине лета, но и в критический период водопотребления кукурузы.

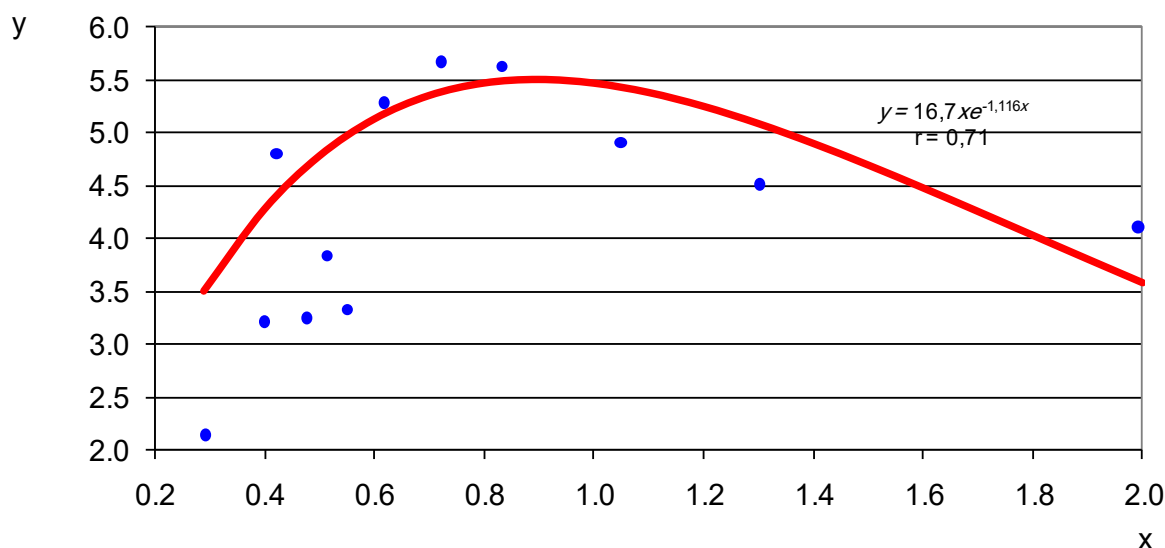


Рис. 2. Зависимость урожайности зерна (y, т/га) от величины гидротермического коэффициента (x), 2019–2021 гг.  
Fig. 2. Dependence of grain yield (y, t/ha) on the value of the hydrothermal coefficient (x), 2019–2021

Функцией содержания крахмала в растения является концентрация обменной энергии в урожае, величина которой распределялась по годам и географическим пунктам в той же закономерности. Учитывая инертность этого показателя, необходимо рассматривать варьирование его средней величины по зонам как значительное. Выявленная тенденция увеличения содержания крахмала и концентрации обменной энергии с севера на юг говорит о том, что оба параметра качества обусловлены в основном ресурсами тепла (рис. 3).

Несмотря на выявленную прямую зависимость параметров качества от суммы активных темпера-

тур, оценка продуктивности кукурузы показывает устойчивое снижение урожайности сухой массы и сбора обменной энергии с 1 га с севера на юг, а также по мере ухудшения условий увлажнения во времени (таблица 4). Во все три года исследований между северной и южной лесостепной зонами различия по продуктивности статистически не доказаны, тогда как для горно-лесной и лесолуговой зон (за исключением 2021 г.) характерен существенный прирост обоих параметров. Напротив, в степной зоне наблюдается достоверное снижение продуктивности.

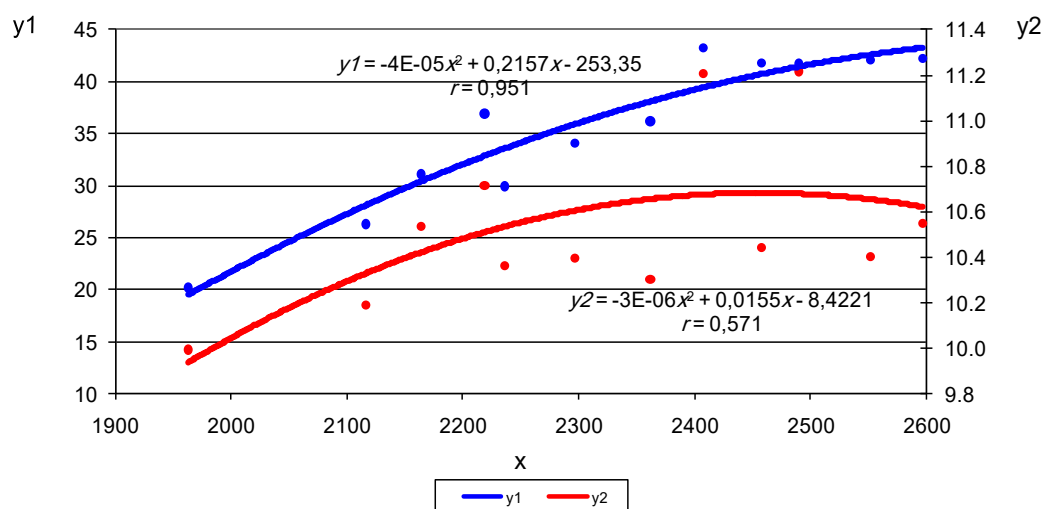


Рис. 3. Зависимость содержания крахмала (y1, %) и концентрации обменной энергии (y2, МДж/кг) в сухом веществе кукурузы от суммы температур выше 10 °С (x), 2019–2021 гг.  
Fig. 3. Dependence of starch content (y1, %) and the concentration of exchange energy (y2, MJ/kg) in the dry matter of corn on the sum of temperatures above 10 °C (x), 2019–2021

Таблица 4  
Продуктивность кукурузы при выращивании на корм, 2019–2021 гг.

Зона	Год исследований			В среднем
	2019	2020	2021	
<b>Урожайность сухой массы, т/га</b>				
Горно-лесная и лесолуговая	10,38	9,37	6,62	8,79
Северная лесостепная	9,29	8,44	6,57	8,10
Южная лесостепная	8,89	7,96	6,47	7,77
Степная	6,04	6,10	4,39	5,51
НСР <sub>05</sub>	0,79	0,71	0,64	0,44
<b>Сбор обменной энергии, ГДж/га</b>				
Горно-лесная и лесолуговая	103,7	98,7	67,1	89,9
Северная лесостепная	94,7	90,4	67,8	84,3
Южная лесостепная	92,1	89,8	65,9	82,6
Степная	62,8	80,4	46,1	63,1
НСР <sub>05</sub>	7,5	6,9	6,5	4,6
<b>Сбор крахмала, т/га</b>				
Горно-лесная и лесолуговая	2,72	2,79	1,81	2,44
Северная лесостепная	2,83	2,72	2,04	2,53
Южная лесостепная	3,04	3,31	2,08	2,81
Степная	2,11	2,46	1,46	2,01
НСР <sub>05</sub>	0,23	0,17	0,14	0,09



Table 4  
Corn productivity when grown for fodder, 2019–2021

Zone	Year of research			
	2019	2020	2021	Average
<i>Yield of dry mass, t/ha</i>				
<i>Mountain-forest &amp; forest-meadow</i>	10.38	9.37	6.62	8.79
<i>Northern forest-steppe</i>	9.29	8.44	6.57	8.10
<i>Southern forest-steppe</i>	8.89	7.96	6.47	7.77
<i>Steppe</i>	6.04	6.10	4.39	5.51
<i>LSD<sub>05</sub></i>	0.79	0.71	0.64	0.44
<i>Collection of exchange energy, GJ/ha</i>				
<i>Mountain-forest &amp; forest-meadow</i>	103.7	98.7	67.1	89.9
<i>Northern forest-steppe</i>	94.7	90.4	67.8	84.3
<i>Southern forest-steppe</i>	92.1	89.8	65.9	82.6
<i>Steppe</i>	62.8	80.4	46.1	63.1
<i>LSD<sub>05</sub></i>	7.5	6.9	6.5	4.6
<i>Starch collection, t/ha</i>				
<i>Mountain-forest &amp; forest-meadow</i>	2.72	2.79	1.81	2.44
<i>Northern forest-steppe</i>	2.83	2.72	2.04	2.53
<i>Southern forest-steppe</i>	3.04	3.31	2.08	2.81
<i>Steppe</i>	2.11	2.46	1.46	2.01
<i>LSD<sub>05</sub></i>	0.23	0.17	0.14	0.09

Вместе с тем сбор основного целевого компонента – крахмала – находится в тесной корреляции с урожайностью зерна ( $r = 0,904$ ), а наиболее благоприятные условия для выращивания кукурузы на корм по данному показателю складываются в южной лесостепной зоне. В северной лесостепи близкие результаты могут быть получены на фоне высокой обеспеченности влагой (2019 г.) или теплом (2021 г.). Для горно-лесной и лесолуговой зон наблюдается регулярное снижение сбора крахмала по сравнению с южной лесостепью на 0,27–0,52 т/га, а дополнительный выход сухого вещества здесь может рассматриваться как увеличение балластной части урожая. Минимальная продуктивность отмечается в степной зоне.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Изложенный материал позволяет заключить, что стабильное созревание ультраранних гибридов группы ФАО 140 до физиологической спелости достигается в южной лесостепи и степи Уральского региона, что обеспечивает преимущества этих

зон по качественным показателям урожая кукурузы. В северной лесостепи аналогичные результаты получены в два года из трех на фоне достаточной и повышенной обеспеченности теплом. Условия горно-лесной и лесолуговой зон не удовлетворяют потребности гибридов указанной группы созревания в тепле. К этим же выводам приводит оценка продуктивности кукурузы при выращивании на корм, включающая учет качественных показателей урожая.

Для повышения качества урожая и сбора крахмала кукурузы в северной части региона необходимы создание и подбор гибридов более ранних групп созревания (ФАО 100–120), а также использование «корнажной» технологии уборки культуры. Повышение урожайности в степной зоне может быть достигнуто за счет подбора засухоустойчивых гибридов с низким удельным водопотреблением и разработку агротехнологий, обеспечивающих эффективное использование почвенной и атмосферной влаги.

#### Библиографический список

1. Нагибин А. Е., Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Травы в системе кормопроизводства Урала. Екатеринбург: ОАО «ИПП «Уральский рабочий», 2018. 784 с.
2. Hartings H., Lazzaroni N., Balconi C. Quality related traits of the maize (*Zea mays* L.) grain: gene identification and exploitation // *Maydica*. 2013. Vol. 58. No. 3-4. Pp. 201–217.
3. Зезин Н. Н., Намятов М. А. Белково-энергетический коэффициент как показатель эффективности отрасли кормопроизводства // *Кормопроизводство*. 2019. № 6. С. 12–17. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187.
4. Berardo N., Mazzinelli G., Valoti P., Lagana P., Redaelli R. Characterization of maize germplasm for the chemical composition of the grain // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. Vol. 57. Pp. 2378–2384. DOI: 10.1021/jf803688t.

5. Panfilov A. E., Zezin N. N., Kazakova N. I., Namyatov M. A. Adaptive approach in maize breeding for the Urals Region // *International Journal of Biology and Biomedical Engineering*. 2020. Vol. 14. Pp. 55–62. DOI: 10.46300/91011.2020.14.9.
6. Губин С. В., Логинова А. М., Гетц Г. В. Новые инбредные линии кукурузы Сибирского филиала Всероссийского НИИ кукурузы // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2021. № 2 (42). С. 33–40. DOI: 10.48136/2222-0364\_2021\_2\_33.
7. Супрунов А. И., Петряков А. П., Перевязка Д. С., Терещенко А. А. Селекция раннеспелых гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании // *Рисоводство*. 2019. № 4 (45). С. 19–24.
8. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы европейской кремнистой плазмы // *АПК России*. 2020. Т. 27. № 4. С. 629–635.
9. Зезин Н. Н., Намятов М. А. Результаты внедрения зерновой технологии возделывания кукурузы на Среднем Урале // *Кормопроизводство*. 2018. № 3. С. 11–15. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.11695.
10. Vancetovic J., Ignjatovic-Micic D., Trbovic D., Delic N., Bozinovic S., Nikolic A., Kostadinovic M. Biochemical and physical kernel properties of a standard maize hybrid in different TopCross™ Blends // *Scientia Agricola*. 2017. Vol. 74. No. 6. Pp. 461–468. DOI: 10.1590/1678-992X-2016-0302.
11. Kahrman F., Akbulut Ş., Düz G., Songur U., Egesel C. Ö. Screening of genetic variability in Turkish maize landraces for protein and starch related traits [e-resource] // *Maydica*. 2020. Vol. 65. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/2035/1266> (date of access: 12.01.2022).
12. Sofy S. O., Hamakareem H. F., Abdulla S. M., Sheikh, Ahmad K. R., Abdulla A. S., Omer D. A., Rahim D. A., Faraj J. M., Trojan V., Tahir N. A. Exploring chemical composition and genetic dissimilarities between maize accessions [e-resource] // *Maydica*. 2020. Vol. 65. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/2050/1271> (date of access: 12.01.2022).
13. Демин Е. А., Еремина Д. В. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на урожайность зеленой массы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 10 (163). С. 27–33. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-27-33.
14. Dar A. A., Choudhury A. R., Kancharla P. K., Arumugam N. The FAD2 gene in plants: Occurrence, regulation, and role [e-resource] // *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article number 1789. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01789/full> (дата обращения: 26.12.2021). DOI: 10.3389/fpls.2017.01789.
15. Zhao X., Wei J., He L., Zhang Y., Zhao Y., Xu X., Wei Y., Ge S., Ding D., Liu M., Gao S., Xu J. Identification of fatty acid desaturases in maize and their differential responses to low and high temperature [e-resource] // *Genes*. 2019. Vol. 10 (6). Article number 445. URL: [https://pdfs.semanticscholar.org/4a01/f613f23b-dd9cde7c19b2177be4ad301cb72a.pdf?\\_ga=2.145849140.1853357814.1647712271-1636624732.1641282245](https://pdfs.semanticscholar.org/4a01/f613f23b-dd9cde7c19b2177be4ad301cb72a.pdf?_ga=2.145849140.1853357814.1647712271-1636624732.1641282245) (date of access: 16.01.2022). DOI: 10.3390/genes10060445.
16. Сотченко В. С., Горбачева А. Г., Панфилов А. Э., Казакова Н. И., Ветошкина И. А. Норма и стабильность реакции раннеспелых гибридов кукурузы на условия вегетации // *Кормопроизводство*. 2020. № 4. С. 39–43. DOI: 10.25685/KRM.2020.2020.63669.
17. Akinwale R. O., Awosanmi F. E., Ogunniyi O. O., Fadoji A. O. Determinants of drought tolerance at seedling stage in early and extra-early maize hybrids [e-resource] // *Maydica*. 2017. Vol. 62. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/1563/1073> (date of access: 19.10.2021).
18. Ao S., Russelle M. P., Varga T., Feyereisen G. W., Coulter J. A. Drought tolerance in maize is influenced by timing of drought stress initiation // *Crop Science*. 2020. Vol. 60 (3). Pp. 1591–1606. DOI: 10.1002/csc2.20108.
19. Nôia Júnior R. D. S., do Amaral G. C., Pezzopane J. E. M., Toledo J. V., Xavier T. M. T. Ecophysiology of c3 and c4 plants in terms of responses to extreme soil temperatures // *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 2018. Т. 30. No. 3. Pp. 261–274. DOI: 10.1007/s40626-018-0120-7.
20. Ильин В. С., Логинова А. М., Губин С. В., Гетц Г. В. Экологическое испытание новых гибридов кукурузы, созданных с участием омских инбредных линий, с использованием селекционных индексов // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 12. С. 61–65.
21. Li Y., Zhou K., Jiang M., Zhang B., Zou H., Aslam M. Assessment of drought tolerance based impacts with over-expression of *zmltp3* in maize (*Zea mays* L.) // *Cereal research communications*. 2019. Vol. 47 (1). Pp. 22–31. DOI: 10.1556/0806.46.2018.062.
22. Демин Е. А., Еремин Д. И. Влияние минеральных удобрений на содержание белка и крахмала в зерне кукурузы, выращиваемой в лесостепной зоне Зауралья // *Вестник АПК Ставрополя*. 2018. № 2 (30). С. 130–133. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-130-133.

**Об авторах:**

Алексей Эдуардович Панфилов<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник инновационного научно-исследовательского центра, ORCID 0000-0001-5026-1274,

AuthorID 404183; +7 909 081-21-141, [al\\_panfilov@mail.ru](mailto:al_panfilov@mail.ru)

Никита Николаевич Зезин<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, исполняющий обязанности директора, ORCID 0000-0002-7208-3904, AuthorID 642213; +7 922 293-36-67, [nikitazezin@yandex.ru](mailto:nikitazezin@yandex.ru)

Павел Юрьевич Овчинников<sup>2</sup>, аспирант, ORCID 0000-0003-0074-3878, AuthorID 1097437; +7 992 015-18-52, [ovchinnikov-paha@mail.ru](mailto:ovchinnikov-paha@mail.ru)

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

<sup>2</sup> Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

## Biological productivity of ultra-early corn hybrids in various soil and climatic zones of the Ural region

A. E. Panfilov<sup>1</sup>✉, N. N. Zezin<sup>2</sup>, P. Yu. Ovchinnikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

<sup>2</sup>Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: [al\\_panfilov@mail.ru](mailto:al_panfilov@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the research is to identify the dependence of corn's yield and quality parameters on its vegetation conditions and assess the crop's productive potential in various soil and climatic zones of the Ural region. **Scientific novelty.** In contrasting soil and climatic zones on a comparable agrotechnical background, the factors limiting the size and quality of the corn harvest are determined. **Methods.** The initial data for the analysis were obtained in 2019-2021 by laying model sites in production crops of ultra-early corn hybrids. The research was carried out in five soil-climatic zones of the Southern and Middle Urals (mountain-forest zone, forest-meadow, northern forest-steppe, southern forest-steppe and steppe) on the territory of four subjects of the Federation in 16 geographical locations. Accounting for the biological harvest of corn was accompanied by its structural analysis with the allocation of fractions: stem, leaves, grain, rod, wrapper, cob leg and sampling for zootechnical analysis. **Results.** The maximum yield of corn grain and starch harvesting from 1 ha were provided by the conditions of the southern forest-steppe zone, which were characterized by the values of the hydrothermal coefficient from 0.8 to 1.0. Both increased moisture in the conditions of heat deficiency of the mountain-forest and forest-meadow zones and lack of moisture against the background of high heat supply of the steppe zone had a negative impact on the productivity and quality of the crop. The condition for improving the quality of the harvest and the collection of corn starch in the north of the region is the cultivation of hybrids with the earliest ripening belonging to the FAO group 100-120, as well as the use of advanced crop harvesting technologies that ensure the harvesting and preservation of wet grain and cobs without leaf-stem mass. To increase the productivity of corn in the steppe zone, it is necessary to select hybrids with reduced evapotranspiration, the use of moisture-saving agricultural technologies, the justification of agricultural techniques that allow to increase the efficiency of the use of atmospheric moisture.

**Keywords:** corn, ultra-early hybrids, soil and climatic zones, heat and moisture resources, biological productivity, crop structure, exchange energy, starch.

**For citation:** Panfilov A. E., Zezin N. N., Ovchinnikov P. Yu. Biologicheskaya produktivnost' ul'trarannikh gibridov kukuruzy v razlichnykh pochvenno-klimaticheskikh zonakh Ural'skogo regiona [Biological productivity of ultra-early corn hybrids in various soil and climatic zones of the Ural region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 35–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-35-47. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 01.12.2021, **date of review:** 20.12.2021, **date of acceptance:** 20.01.2022.

### References

1. Nagibin A. E., Tormozin M. A., Zyryantseva A. A. Travy v sisteme kormoproizvodstva Urala [Grasses in the forage production system of the Urals]. Ekaterinburg: OAO "IPP Uralskiy Rabochiy", 2018. 784 p. (In Russian.)
2. Hartings H., Lazzaroni N., Balconi C. Quality related traits of the maize (*Zea mays* L.) grain: gene identification and exploitation // *Maydica*. 2013. Vol. 58. No. 3-4. Pp. 201–217.

3. Zezin N. N., Namyatov M. A. Belkovo-energeticheskiy koeffitsiyent kak pokazatel' effektivnosti otrasli kor-moproizvodstva [Protein-energy ratio for forage production efficiency] // Fodder Production. 2019. No. 6. Pp. 12–17. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187. (In Russian.)
4. Berardo N., Mazzinelli G., Valoti P., Lagana P., Redaelli R. Characterization of maize germplasm for the chemical composition of the grain // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009. Vol. 57. Pp. 2378–2384. DOI: 10.1021/jf803688t.
5. Panfilov A. E., Zezin N. N., Kazakova N. I., Namyatov M. A. Adaptive approach in maize breeding for the Urals Region // International Journal of Biology and Biomedical Engineering. 2020. Vol. 14. Pp. 55–62. DOI: 10.46300/91011.2020.14.9.
6. Gubin S. V., Loginova A. M., Getts G. V. Novyye inbrednyye linii kukuruzy Sibirskogo filiala Vserossiyskogo NII kukuruzy [New inbred lines of corn created at the Siberian branch of the All-Russian research institute of corn] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. No. 2. (42). Pp. 33–40. DOI: 10.48136/2222-0364\_2021\_2\_33. (In Russian.)
7. Suprunov A. I., Petryakov A. P., Perevyazka D. S., Tereshchenko A. A. Seleksiya rannespelykh gibridov kukuruzy s bystroy ot-dachey vlagi zernom pri sozrevanii [Selection of early maturing maize hybrids with quick return of moisture by grain at maturation] // Rice growing. 2019. No. 4 (45). Pp. 19–24. (In Russian.)
8. Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A. Otsenka kombinatsionnoy sposobnosti novykh liniy kukuruzy yev-ropeyskoy kremnistoy plazmy [Evaluating the combining ability of the new corn lines of european flint plasma] // Agro-industrial complex of Russia. 2020. Vol. 27. No. 4. Pp. 629–635. (In Russian.)
9. Zezin N. N., Namyatov M. A. Rezul'taty vnedreniya zernovoy tekhnologii vzdelyvaniya kukuruzy na Sred-nem Urale [Introduction of maize cultivation technology for grain production in the Middle Urals] // Fodder Production. 2018. No. 3. Pp. 11–15. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.11695. (In Russian.)
10. Vancetovic J., Ignjatovic-Micic D., Trbovic D., Delic N., Bozinovic S., Nikolic A., Kostadinovic M. Bio-chemical and physical kernel properties of a standard maize hybrid in different TopCross™ Blends // Scientia Agricola. 2017. Vol. 74. No. 6. Pp. 461–468. DOI: 10.1590/1678-992X-2016-0302.
11. Kahrman F., Akbulut Ş., Düz G., Songur U., Egesel C. Ö. Screening of genetic variability in Turkish maize landraces for protein and starch related traits [e-resource] // Maydica. 2020. Vol. 65. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/2035/1266> (date of reference: 12.01.2022).
12. Sofy S. O., Hamakareem H. F., Abdulla S. M., Sheikh, Ahmad K. R., Abdulla A. S., Omer D. A., Ra-him D. A., Faraj J. M., Trojan V., Tahir N. A. Exploring chemical composition and genetic dissimilarities between maize accessions [e-resource] // Maydica. 2020. Vol. 65. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/2050/1271> (date of reference: 12.01.2022).
13. Demin E. A., Eremina D. V. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy i srokov poseva na urozhaynost' zelenoy massy kukuruzy v lesostepnoy zone Zaural'ya [The influence of mineral fertilizers and sowing terms on the yield of green mass of corn in the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // Bulletin of KSAU. 2020. No. 10 (163). Pp. 27–33. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-27-33. (In Russian.)
14. Dar A. A., Choudhury A. R., Kancharla P. K., Arumugam N. The FAD2 gene in plants: Occurrence, regula-tion, and role [e-resource] // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. Article number 1789. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01789/full> (date of reference: 26.12.2021). DOI: 10.3389/fpls.2017.01789.
15. Zhao X., Wei J., He L., Zhang Y., Zhao Y., Xu X., Wei Y., Ge S., Ding D., Liu M., Gao S., Xu J. Identifica-tion of fatty acid desaturases in maize and their differential responses to low and high temperature [e-resource] // Genes. 2019. Vol. 10 (6). Article number 445. URL: [https://pdfs.semanticscholar.org/4a01/f613f23bdd9cde7c19b-2177be4ad301cb72a.pdf?\\_ga=2.145849140.1853357814.1647712271-1636624732.1641282245](https://pdfs.semanticscholar.org/4a01/f613f23bdd9cde7c19b-2177be4ad301cb72a.pdf?_ga=2.145849140.1853357814.1647712271-1636624732.1641282245) (date of reference: 16.01.2022). DOI: 10.3390/genes10060445.
16. Sotchenko V. S., Gorbacheva A. G., Panfilov A. E., Kazakova N. I., Vetoshkina I. A. Norma i stabil'nost' reaktsiy rannespelykh gibridov kukuruzy na usloviyakh vegetatsii [Reaction norm and stability of short-sea-son maize hybrids as affected by environment] // Fodder Production. 2020. No. 4. Pp. 39–43. DOI: 10.25685/KRM.2020.2020.63669. (In Russian.)
17. Akinwale R. O., Awosanmi F. E., Ogunniyi O. O., Fadoji A. O. Determinants of drought tolerance at seedling stage in early and extra-early maize hybrids [e-resource] // Maydica. 2017. Vol. 62. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/1563/1073> (date of reference: 19.10.2021).
18. Ao S., Russelle M. P., Varga T., Feyereisen G. W., Coulter J. A. Drought tolerance in maize is influenced by timing of drought stress initiation // Crop Science. 2020. Vol. 60 (3). Pp. 1591–1606. DOI: 10.1002/csc2.20108.
19. Nôia Júnior R. D. S., do Amaral G. C., Pezzopane J. E. M., Toledo J. V., Xavier T. M. T. Ecophysiology of c3 and c4 plants in terms of responses to extreme soil temperatures // Theoretical and Experimental Plant Physiol-ogy. 2018. T. 30. No. 3. Pp. 261–274. DOI: 10.1007/s40626-018-0120-7.

20. Il'in V. S., Loginova A. M., Gubin S. V., Getts G. V. Ekologicheskoye ispytaniye novykh gibridov kukuruzy, sozdannykh s uchastiyem omskikh inbrednykh liniy, s ispol'zovaniyem selektsionnykh indeksov [Ecological testing of new maize hybrids developed with the involvement of Omsk inbred lines and by using selection indexes] // Advances in current natural sciences. 2017. No. 12. Pp. 61–65. (In Russian).

21. Li Y., Zhou K., Jiang M., Zhang B., Zou H., Aslam M. Assessment of drought tolerance based impacts with over-expression of *zmltp3* in maize (*Zea mays* L.) // Cereal research communications. 2019. Vol. 47 (1). Pp. 22–31. DOI: 10.1556/0806.46.2018.062.

22. Demin E. A., Eremin D. I. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na sodержaniye belka i krakhmala v zerne kukuruzy, vyrashchivayemoy v lesostepnoy zone Zaural'ya [Influence of mineral fertilizers on protein and starch content in corn grain grown in forest-steppe zone of Trans-Urals] // Vestnik APK Stavropol'ya. 2018. No. 2 (30). Pp. 130–133. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-130-133. (In Russian.).

**Authors' information:**

Aleksey E. Panfilov<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0001-5026-1274, AuthorID 404183; +7 909 081-21-141, [al\\_panfilov@mail.ru](mailto:al_panfilov@mail.ru)

Nikita N. Zezin<sup>2</sup>, doctor of agricultural sciences, acting director, ORCID 0000-0002-7208-3904, AuthorID 642213; +7 922 293-36-67, [nikitazezin@yandex.ru](mailto:nikitazezin@yandex.ru)

Pavel Yu. Ovchinnikov<sup>2</sup>, postgraduate, ORCID 0000-0003-0074-3878, AuthorID 1097437; +7 992 015-18-52, [ovchinnikov-paha@mail.ru](mailto:ovchinnikov-paha@mail.ru)

<sup>1</sup>South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

<sup>2</sup>Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia