

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.43>**ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ И СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОДУКТИВНОСТИ МАТЕРИНСКИХ ФОРМ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ**

Научная статья

Чеботарёв Д.С.^{1*}, Орлянская Н.А.²¹ ORCID : 0000-0002-0602-2783;² ORCID : 0000-0002-9456-6640;^{1,2} Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vf-nauka[at]mail.ru)

Аннотация

Представлены результаты испытаний родительских компонентов гибридов кукурузы с целью определения влияния параметров технологии выращивания семян на элементы структуры урожая. Исследования проведены в лесостепной зоне Воронежской области в 2022–2024 годах. Установлено, что структурные элементы продуктивности материнских форм формировались под действием условий среды. Лучшие значения длины и диаметра початка, зерен в ряду и початке, выхода зерна и количества початков на 100 растений отмечены в благоприятные годы. Определено, что генотипические особенности влияли на элементы структуры урожая материнских форм первого срока, но не определяли показатели диаметра початка и выхода зерна родительских компонентов второго срока посева. Густота стояния растений не оказывала существенного влияния на выход зерна. При этом загущение посевов до 70 тыс./га уменьшало количество зерен в ряду и початке, длину и диаметр початка и повышало число бесплодных растений. Схема размещения определяла значения выхода зерна обеих групп, а также числа зерен в ряду початка материнских форм первого срока посева. Лучшие показатели признаков отмечены при соотношении материнского и отцовского компонента 4:2 по сравнению со схемой 6:2.

Ключевые слова: кукуруза, родительские формы, схема посева, густота стояния, структура урожая.

INFLUENCE OF DEGREE OF DENSITY AND PLACEMENT PATTERNS ON STRUCTURAL ELEMENTS OF PRODUCTIVITY OF MATERNAL FORMS OF MAIZE HYBRIDS

Research article

Chebotarev D.S.^{1*}, Orlyanskaya N.A.²¹ ORCID : 0000-0002-0602-2783;² ORCID : 0000-0002-9456-6640;^{1,2} All-Russian Research Institute of Corn, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (vf-nauka[at]mail.ru)

Abstract

The results of tests of parental components of maize hybrids to determine the influence of parameters of seed growing technology on the elements of yield structure are presented. The research was conducted in the forest-steppe zone of Voronezh Oblast in 2022-2024. It was found that the structural elements of productivity of maternal forms were shaped under the influence of environmental conditions. The best values of cob length and diameter, grains in the row and cob, grain yield and number of cobs per 100 plants were observed in favourable years. It was determined that genotypic features influenced the elements of yield structure of the maternal forms of the first sowing term, but did not determine the cob diameter and grain yield of the parental components of the second sowing term. Plant stand density had no significant effect on grain yield. At the same time, densification of crops up to 70 thousand/ha reduced the number of grains in the row and cob, cob length and diameter, and increased the number of infertile plants. The placement scheme determined the values of grain yield of both groups, as well as the number of grains in the cob row of the mother forms of the first sowing term. The best trait values were observed at the ratio of maternal and paternal components 4:2 compared to the 6:2 scheme.

Keywords: maize, parental forms, sowing pattern, degree of density, yield structure.

Введение

Кукуруза, наравне с сахарным тростником, пшеницей и рисом, остается наиболее значимой сельскохозяйственной культурой, мировая площадь посева которой в 2023 году составляла 204,98 млн гектар при валовом сборе зерна 1,22 млрд тонн [1]. Распространение кукурузы связано не только с ее адаптивными свойствами, способствующими произрастанию в различных эколого-географических условиях, но и с широким применением в производстве продуктов питания, кормов и промышленных товаров [2]. В России прирост валового сбора зерна культуры составил порядка 14,18 млн тонн, показатель увеличился более чем в 6,5 раз за период с 1993 по 2023 год [3].

Продуктивность посевов кукурузы находится в зависимости от элементов структуры урожая. Литературные данные свидетельствуют о том, что выход зерна и масса початка имеют положительную корреляционную связь с урожайностью [4], [5]. Кроме того, продуктивность возрастает при увеличении длины и диаметра початка, а также массы 1000 зерен [6], [7]. Исследования также указывают на положительную взаимосвязь урожайности и количества зерен в ряду початка [8].

Установлено, что существует ряд факторов, определяющих биометрические показатели урожая зерна кукурузы, которые связаны с продуктивностью посевов. Так, общее число зерен початка зависит от климатических условий возделывания [9], [10]. Густота стояния растений влияет на формирование длины и диаметра початка [11], числа зерен в ряду [12], количества початков на 100 растений и их озерненность [13]. Соотношение рядов родительских компонентов гибридов кукурузы способно определять число зерен [14] и вес початков [15].

Цель исследований – установить влияние параметров технологии выращивания семян раннеспелых (ФАО 130–180) гибридов кукурузы на элементы структуры урожая в условиях лесостепи Центрально-Черноземной зоны.

Материалы и методы

Испытания выполнены в Воронежском филиале ФГБНУ ВНИИ кукурузы в 2022–2024 годах. Объектами опытов выступали родительские компоненты гибридов кукурузы Воронежский 130 МВ (В 130 МВ), Воронежский 135 СВ (В 135 СВ), Воронежский 145 МВ (В 145 МВ), Воронежский 150 СВ (В 150 СВ) – с материнскими формами первого срока посева; Воронежский 171 СВ (В 171 СВ), Воронежский 182 МВ (В 182 МВ) – с материнскими формами второго срока посева.

Метеоусловия вегетационного периода (май–сентябрь) были контрастными по увлажнению: влажными в 2022 г. (ГТК = 1,45), достаточно увлажненными в 2023 г. (ГТК = 1,16) и сильно засушливыми в 2024 г. (ГТК = 0,48). Также отмечена различная обеспеченность теплом по годам, сумма эффективных температур выше 10°C находилась на уровне 1203°C (2022 г.), 1252°C (2023 г.), 1542°C (2024 г.), что составляло 93, 96 и 119 % от нормы соответственно.

Почва участка – чернозем выщелоченный, среднемощный, глинистый. Содержание гумуса в пахотном слое (0–20 см) около 5,1–5,4 %. Обеспеченность подвижными формами питательных веществ средняя по фосфору ($P_2O_5 = 80$ мг/кг) и высокая по калию ($K_2O = 126$ мг/кг). Агротехнические мероприятия – общепринятые для зоны.

Основные хозяйственно ценные признаки определяли сплошным методом, а биометрические измерения – по 10 закрепленным растениям и початкам. Размеры учетных площадей делянок составляли 16,8 и 25,2 м² при схемах 4:2 и 6:2. Густоту посева 50 и 70 тыс./га формировали в фазу 4–5 листа, также подсчитывали перед уборкой. Размещение вариантов систематическое при 3-кратной повторности. Отцовский компонент после цветения выкашивали.

Многофакторный дисперсионного анализа с определением наименьшей существенной разности выполнен с использованием программ Microsoft Excel, STATISTICA.

Результаты и их обсуждение

Климатические условия в годы проведения исследований определяли ($p < 0.01$) формирование всех элементов структуры урожая материнских форм первого срока посева (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние факторов опыта на элементы структуры урожая материнских форм гибридов кукурузы первого срока посева, 2022–2024 гг

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.43.1>

Фактор	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Зерен в ряду початка, шт.	Зерен в початке, шт.	Выход зерна, %	Количество початков на 100 растений, шт.
Условия года (фактор А)						
2022	18,63 ^a	4,27 ^a	34 ^a	488 ^a	80,3 ^a	110 ^a
2023	17,54 ^b	4,27 ^a	34 ^a	479 ^a	79,5 ^b	104 ^b
2024	17,68 ^b	3,87 ^b	32 ^b	440 ^b	77,6 ^c	94 ^c
<i>p</i> -значения	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
Генотип (фактор Б)						
В 130 МВ	17,04 ^b	4,01 ^b	32 ^c	429 ^c	77,3 ^c	112 ^a
В 135 СВ	18,91 ^a	4,26 ^a	33 ^b	479 ^b	79,3 ^b	96 ^c
В 145 МВ	16,94 ^b	3,97 ^b	33 ^b	442 ^c	77,5 ^c	107 ^b
В 150 СВ	18,91 ^a	4,29 ^a	35 ^a	525 ^a	82,5 ^a	96 ^c
<i>p</i> -значения	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
Схема размещения рядов (фактор В)						
4:2	17,88 ^a	4,13 ^a	34 ^a	475 ^a	79,6 ^a	103 ^a
6:2	18,02 ^a	4,14 ^a	33 ^b	463 ^a	78,7 ^b	102 ^a
<i>p</i> -значения	0,160	0,873	0,034*	0,127	0,002**	0,564
Густота стояния растений (фактор Г)						
50000	18,29 ^a	4,16 ^a	34 ^a	479 ^a	79,1 ^a	107 ^a
70000	17,61 ^b	4,11 ^b	33 ^b	458 ^b	79,1 ^a	98 ^b
<i>p</i> -значения	0,000**	0,017*	0,000**	0,000**	0,948	0,000**

Фактор	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Зерен в ряду початка, шт.	Зерен в початке, шт.	Выход зерна, %	Количество початков на 100 растений, шт.
Взаимодействие факторов						
А x Б	0,000**	0,003**	0,000**	0,000**	0,001**	0,000**
А x В	0,007**	0,957	0,023*	0,347	0,546	0,882
Б x Г	0,785	0,966	0,678	0,941	0,114	0,000**
А x Б x Г	0,010**	0,443	0,516	0,313	0,772	0,025*

Примечание: * – достоверно при $p < 0,05$, ** – достоверно при $p < 0,01$; средние значения, обозначенные разными буквенными индексами (^{a, b, c}) отличаются при попарном сравнении в соответствии с НСР₀₅; с таблице представлены только взаимодействия, оказавшие влияние на признаки

В неблагоприятном для роста и развития кукурузы 2024 году наименьшими оказались диаметр початка (3,87 см), число зерен в ряду (32 шт.) и початке (440 шт.), выход зерна (77,6%), количество початков на 100 растений (94 шт.). Напротив, лучшие значения длины початка (18,63 см), выхода зерна (80,3%) и числа початков на 100 растений (110 шт.) отмечены в благоприятном 2022 году, существенно превышающем показатели 2023 и 2024 года.

Элементы структуры урожая также зависели ($p < 0,01$) от генотипических особенностей материнских форм. Родительский компонент гибрида Воронежский 150 СВ отличался лучшими показателями длины (18,91 см) и диаметра (4,29 см) початка, числа зерен в ряду (35 шт.), озерненности (525 шт.) и выхода зерна (82,5%). Наибольшее количество сформированных початков на 100 растений отмечено у материнских форм гибридов Воронежский 130 МВ (112 шт.) и Воронежский 145 МВ (107 шт.).

Схема размещения определяла формирование числа зерен в ряду початка ($p = 0,034$) и показателя выхода зерна ($p = 0,002$). Увеличение количества рядов материнской формы по отношению к отцовской приводило к ухудшению условий опыления на участке гибридизации. Вследствие этого при схеме размещения 6:2 наблюдалось существенное снижение числа зерен в ряду початка в среднем с 34 до 33 шт., а выхода зерна с 79,6 до 78,7% по сравнению со схемой 4:2.

Густота стояния растений влияла ($p < 0,01$) на все основные элементы структуры урожая материнских форм первого срока, кроме выхода зерна. Загущение посевов до 70 тыс./га существенно снижало длину и диаметр початка на 0,68 и 0,05 см соответственно. Такая густота способствовала увеличению количества бесплодных растений на 8,41% при сравнении с более разреженным посевом. Кроме того, загущение до 70 тыс./га приводило к меньшему количеству зерен в ряду и снижало общее число зерен початка с 479 до 458 шт.

Формирование элементов структуры урожая материнских форм второго срока посева находилось в зависимости ($p < 0,01$) от складывающихся погодных условий в годы проведения исследований (табл. 2).

Таблица 2 - Влияние факторов опыта на элементы структуры урожая материнских форм гибридов кукурузы второго срока посева, 2022–2024 гг

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.43.2>

Фактор	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Зерен в ряду початка, шт.	Зерен в початке, шт.	Выход зерна, %	Количество початков на 100 растений, шт.
Условия года (фактор А)						
2022	18,27 ^a	4,32 ^b	36 ^a	535 ^a	81,1 ^a	105 ^a
2023	17,70 ^b	4,49 ^a	34 ^b	498 ^b	80,8 ^a	99 ^b
2024	17,31 ^c	4,05 ^c	33 ^c	463 ^c	78,1 ^b	84 ^c
<i>p</i> -значения	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
Генотип (фактор Б)						
В 171 СВ	18,30 ^a	4,31 ^a	35 ^a	506 ^a	79,8 ^a	91 ^b
В 182 МВ	17,21 ^b	4,27 ^a	34 ^b	492 ^b	80,1 ^a	101 ^a
<i>p</i> -значения	0,000**	0,081	0,008**	0,021*	0,514	0,000**
Схема размещения рядов (фактор В)						
4:2	17,63 ^a	4,30 ^a	35 ^a	500 ^a	80,5 ^a	97 ^a
6:2	17,88 ^a	4,28 ^a	34 ^a	497 ^a	79,4 ^b	95 ^a

Фактор	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Зерен в ряду початка, шт.	Зерен в початке, шт.	Выход зерна, %	Количество початков на 100 растений, шт.
<i>p</i> -значения	0,100	0,441	0,207	0,176	0,037*	0,276
Густота стояния растений (фактор Г)						
50000	18,02 ^a	4,34 ^a	35 ^a	509 ^a	79,8 ^a	99 ^a
70000	17,49 ^b	4,24 ^b	34 ^b	489 ^b	80,2 ^a	94 ^b
<i>p</i> -значения	0,001**	0,000**	0,003**	0,000**	0,451	0,000**
Взаимодействие факторов						
А х Б	0,000**	0,001**	0,000**	0,000**	0,000**	0,372
Б х В	0,640	0,950	0,823	0,424	0,032*	0,013*
Б х Г	0,090	0,983	0,024*	0,021*	0,535	0,001**
А х Б х В	0,866	0,005**	0,285	0,101	0,033*	0,000**

Примечание: * – достоверно при $p < 0,05$, ** – достоверно при $p < 0,01$; средние значения, обозначенные разными буквенными индексами (^{a, b, c}) отличаются при попарном сравнении в соответствии с НСР₀₅; в таблице представлены только взаимодействия, оказавшие влияние на признаки

Попарное сравнение показало, что лучшие значения длины початка (18,27 см), зерен в ряду (36 шт.) и початке (535 шт.), количества сформированных початков на 100 растений (105 шт.) отмечены в наиболее благоприятном 2022 году. Лимитированные условия 2024 года способствовали существенному снижению показателей элементов структуры урожая. При этом отмечали самые низкие значения длины (17,31 см) и диаметра (4,05 см) початка, зерен в ряду (33 шт.) и початке (463 шт.), выхода зерна (78,1%) и початков на 100 растений (84 шт.).

Генотипические особенности родительских компонентов влияли на формирование длины початка ($p < 0.01$), зерен в ряду ($p = 0.008$) и початке ($p = 0.021$), початков на 100 растений ($p < 0.01$). Различий между средними показателями диаметра початка и выхода зерна в ходе дисперсионного анализа выявлено не было. Материнская форма гибрида Воронежский 171 СВ характеризовалась существенно большими показателями длины початка (18,30 см), зерен в ряду (35 шт.) и початке (506 шт.), чем родительский компонент гибрида Воронежский 182 МВ, который при этом превосходил ее по количеству початков на 100 растений (101 шт.).

Схема размещения участвовала в формировании значений выхода зерна ($p = 0.037$). Существенно выше данный показатель был при соотношении рядов родительских компонентов 4:2 (80,5%) по сравнению со схемой 6:2 (79,4%).

Длина и диаметр початка, количество зерен в ряду и початке, а также число сформированных початков на 100 растений зависели от густоты посева ($p < 0.01$). Загущение посева с 50 до 70 тыс./га приводило к повышению уровня бесплодных растений на 5,32%. Кроме того, наблюдалось снижение длины (-0,53 см) и диаметра (-0,10 см) початка, а также зерен в ряду (-1 шт.) и початке (- 20 шт.).

Заключение

По результатам исследований 2022-2024 годов установлено влияние климатических условий на элементы структуры урожая материнских форм гибридов кукурузы первого и второго срока посева. Лучшие значения длины и диаметра початка, зерен в ряду и початке, выхода зерна и количества початков на 100 растений отмечены в благоприятные для роста и развития культуры годы. Установлено, что генотипические особенности влияли на элементы структуры урожая материнских форм первого срока, но не определяли показатели диаметра початка и выхода зерна родительских компонентов второго срока посева. Выявлено, что густота стояния не оказывала существенного влияния на выход зерна. Однако, загущение посевов с 50 до 70 тыс./га уменьшало количество зерен в ряду и початке, длину и диаметр початка и повышало число бесплодных растений. Схема размещения определяла значения выхода зерна обеих групп, а также числа зерен в ряду початка материнских форм первого срока посева. Лучшие показатели признаков отмечены при соотношении материнского и отцовского компонента 4:2 по сравнению со схемой 6:2.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. OECD Data Explorer. — URL: <https://data-explorer.oecd.org/> (accessed: 10.01.2025).
2. Erenstein O. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications / O. Erenstein, M. Jaleta, K. Sonder [et al.] // *Food Security*. — 2022. — Vol. 14. — P. 1295–1319. — DOI: 10.1007/s12571-022-01288-7.
3. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство / Федеральная служба государственной статистики. — URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 11.01.2025).
4. Бутовец Е.С. Оценка урожайности и качества зерна различных по происхождению гибридов кукурузы в условиях Приморского края / Е.С. Бутовец, И.Н. Даниленко, Н.А. Красковская // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. — 2023. — № 184 (3). — С. 32–40. — DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-32-40.
5. Кривошеев Г.Я. Параметры гибридов кукурузы, создаваемых для условий недостаточного и неустойчивого увлажнения / Г.Я. Кривошеев, А.С. Игнат'ев // *Зерновое хозяйство России*. — 2017. — № 49 (1). — С. 29–34.
6. Kovačević A. Direct selection parameter estimates and path coefficient analysis for grain yield and quantitative traits in maize (*Zea mays* L.) / A. Kovačević, J. Pavlov, M. Stevanović [et al.] // *Romanian Agricultural Research*. — 2024. — № 41. — P. 3–11. — DOI: 10.59665/rar4101.
7. Ren H. Effects of agronomic traits and climatic factors on yield and yield stability of summer maize (*Zea mays* L) in the Huang-Huai-Hai Plain in China / H. Ren, M. Liu, J. Zhang [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. — 2022. — Vol. 13. — DOI: 10.3389/fpls.2022.1050064.
8. Aman J. Correlation and Path Coefficient Analysis of Yield and Yield Components of Quality Protein Maize (*Zea mays* L.) Hybrids at Jimma, Western Ethiopia / J. Aman, K. Bantte, S. Alamerew [et al.] // *International Journal of Agronomy*. — 2020. — Art. № 9651537. — DOI: 10.1155/2020/9651537.
9. Багринцева В.Н. Число зерен в початках кукурузы в зависимости от погодных условий и агротехники / В.Н. Багринцева // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. — 2015. — № 3. — С. 10–12.
10. Иванова Е.С. Динамика формирования зерновой продуктивности одновременно созревающих гибридов кукурузы в условиях Зауралья / Е.С. Иванова // *Вестник ЧГАА*. — 2015. — № 71. — С. 90–97.
11. Karki T. Tillage and planting density affect the performance of maize hybrids in Chitwan, Nepal / T. Karki, G. KC, J. Shrestha [et al.] // *Journal of Maize Research and Development*. — 2015. — № 1 (1). — P. 10–20. — DOI: 10.5281/zenodo.34285.
12. Abuzar M.R. Effect of plant population densities on yield of maize / M.R. Abuzar, G.U. Sadozai, M.S. Baloch [et al.] // *The Journal of Animal & Plant Sciences*. — 2011. — № 21 (4). — P. 692–695.
13. Шмалько И.А. Густота стояния растений – один из основных факторов высокой урожайности гибридов кукурузы / И.А. Шмалько, В.Н. Багринцева // *Земледелие*. — 2019. — № 1. — С. 21–23. — DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10106.
14. Venkatesh B. Studies on Effect of Planting Ratio on Plant Growth, Yield and Yield Parameters of Drought Tolerant Pre Released Maize Hybrid (*Zea mays* L.) / B. Venkatesh, S.B. Patil, S.N. Vasudevan [et al.] // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. — 2017. — № 6 (8). — P. 1603–1606. — DOI: 10.20546/ijcmas.2017.608.192.
15. Sirih S. Optimization of hybrid corn seed production in pollination systems at various parent seed planting ratios / S. Sirih, W. Tilaar, S. Wanget [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — 2021. — Vol. 911. — DOI: 10.1088/1755-1315/911/1/012084.

Список литературы на английском языке / References in English

1. OECD Data Explorer. — URL: <https://data-explorer.oecd.org/> (accessed: 10.01.2025).
2. Erenstein O. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications / O. Erenstein, M. Jaleta, K. Sonder [et al.] // *Food Security*. — 2022. — Vol. 14. — P. 1295–1319. — DOI: 10.1007/s12571-022-01288-7.
3. Sel'skoe hozjajstvo, ohoti i lesnoe hozjajstvo [Agriculture, hunting and forestry] / Federal State Statistics Service. — URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (accessed: 11.01.2025) [in Russian]
4. Butovets E.S. Otsenka urozhajnosti i kachestva zerna razlichnyh po proishozhdeniju gibridov kukuruzy v uslovijah Primorskogo kraja [Evaluation of grain yield and quality in maize hybrids of various origin under the conditions of Primorsky Territory] / E.S. Butovets, I.N. Danilenko, N.A. Kraskovskaja // *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. — 2023. — № 184 (3). — P. 32–40. — DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-32-40. [in Russian]
5. Krivosheev G.Ja. Parametry gibridov kukuruzy, sozdavaemyh dlja uslovij nedostatochnogo i neustojchivogo uvlazhnenija [Parameters of maize hybrids developed for the conditions of insufficient and unstable humidity] / G.Ja. Krivosheev, A.S. Ignat'ev // *Grain Economy of Russia*. — 2017. — № 49 (1). — P. 29–34. [in Russian]
6. Kovačević A. Direct selection parameter estimates and path coefficient analysis for grain yield and quantitative traits in maize (*Zea mays* L.) / A. Kovačević, J. Pavlov, M. Stevanović [et al.] // *Romanian Agricultural Research*. — 2024. — № 41. — P. 3–11. — DOI: 10.59665/rar4101.
7. Ren H. Effects of agronomic traits and climatic factors on yield and yield stability of summer maize (*Zea mays* L) in the Huang-Huai-Hai Plain in China / H. Ren, M. Liu, J. Zhang [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. — 2022. — Vol. 13. — DOI: 10.3389/fpls.2022.1050064.
8. Aman J. Correlation and Path Coefficient Analysis of Yield and Yield Components of Quality Protein Maize (*Zea mays* L.) Hybrids at Jimma, Western Ethiopia / J. Aman, K. Bantte, S. Alamerew [et al.] // *International Journal of Agronomy*. — 2020. — Art. № 9651537. — DOI: 10.1155/2020/9651537.
9. Bagrintseva V.N. Chislo zeren v pochatkah kukuruzy v zavisimosti ot pogodnyh uslovij i agrotehniki [Number of grains per cob depending on weather conditions and farming equipment] / V.N. Bagrintseva // *Russian Agricultural Sciences*. — 2015. — № 3. — P. 10–12. [in Russian]

10. Ivanova E.S. Dinamika formirovanija zernovoj produktivnosti raznovremenno sozrevajuschih gibridov kukuruzy v uslovijah Zaural'ja [Dynamics of formation of grain productivity of corn hybrids maturing at different times in the conditions of the Trans-Urals] / E.S. Ivanova // Bulletin of the ChGAA. — 2015. — № 71. — P. 90–97. [in Russian]
11. Karki T. Tillage and planting density affect the performance of maize hybrids in Chitwan, Nepal / T. Karki, G. KC, J. Shrestha [et al.] // Journal of Maize Research and Development. — 2015. — № 1 (1). — P. 10–20. — DOI: 10.5281/zenodo.34285.
12. Abuzar M.R. Effect of plant population densities on yield of maize / M.R. Abuzar, G.U. Sadozai, M.S. Baloch [et al.] // The Journal of Animal & Plant Sciences. — 2011. — № 21 (4). — P. 692–695.
13. Shmal'ko I.A. Gustota stojanija rastenij – odin iz osnovnyh faktorov vysokoj urozhajnosti gibridov kukuruzy [Plant density is one of the main factors of high yield of corn hybrids] / I.A. Shmal'ko, V.N. Bagrintseva // Agriculture. — 2019. — № 1. — P. 21–23. — DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10106. [in Russian]
14. Venkatesh B. Studies on Effect of Planting Ratio on Plant Growth, Yield and Yield Parameters of Drought Tolerant Pre Released Maize Hybrid (*Zea mays* L.) / B. Venkatesh, S.B. Patil, S.N. Vasudevan [et al.] // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. — 2017. — № 6 (8). — P. 1603–1606. — DOI: 10.20546/ijcmas.2017.608.192.
15. Sirih S. Optimization of hybrid corn seed production in pollination systems at various parent seed planting ratios / S. Sirih, W. Tilaar, S. Wanget [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — Vol. 911. — DOI: 10.1088/1755-1315/911/1/012084.