
CROP PRODUCTION

DOI: <https://doi.org/10.23649/jae.2022.28.8.006>

Guseva S.A.^{1*}, Bashinskaya O.S.², Nosko O.S.³, Bychkova V.V.⁴, Erokhina A.V.⁵

¹ ORCID: 0000-0001-7006-0429;

² ORCID: 0000-0002-9553-9994;

³ ORCID: 0000-0003-3120-1764;

⁴ ORCID: 0000-0002-0288-663X;

⁵ ORCID: 0000-0002-5874-1931;

¹⁻⁵ Russian Research Institute of Corn and Sorghum, Saratov, Russia

* Corresponding author (s.guseva76[at]mail.ru)

Received: 11.11.2022; Accepted: 14.11.2022; Published: 19.12.2022

USING BIOMETRIC METHODS FOR EVALUATION OF MODEL POPULATION OF SWEET CORN

Research article

Abstract

The creation of new lines of sweet corn with a high combinational ability and the production of high-heterosis hybrids suitable for mechanical harvesting on their basis is associated with the constant search for a new source material and its improvement.

Biometric methods were used to evaluate the gene pool of sweet corn. The variation of the traits of 45 varieties of sweet corn, correlation coefficients and factor loads on variables are examined. During the two years of research, high variability was revealed in the traits of "the height of the fixing of the cob" and "the number of grains on the cob", low variability – "the ear of the cob". According to the number of grains in a row and the diameter of the cob, unstable variability was established. The average coefficient of variation was registered for the traits: plant height, cob length, length of the ear, number of rows.

Two years of research also revealed a significant strong connection (>70%) between the length of the cob and the length of the lacerated part; the length of the cob and the number of grains in a row; the length of the lacerated part and the number of grains in a row, as well as the number of grains on the cob; between the number of grains in a row and the number of grains on the cob.

The following traits made a significant contribution to the first hypothetical factor: the length of the cob, the length of the ear of the cob, the diameter of the cob, the number of grains in a row, the number of grains on the cob. The number of rows had a significant impact on the formation of the dispersion of 3 factors in 2021 and the average in 2020. The height of plants in 2020 (the average share of plant height was noted) made an average contribution to the second and third hypothetical factors, and the ear of the cob – the second and fourth. In 2021, the share of the influence of these traits was more than 70% – the height of plants – on the formation of the dispersion of the second hypothetical factor, and the ear of the cob – the fourth.

Keywords: sweet corn, cob length, cob productivity, biometric methods, correlation coefficient, hypothetical factor.

Гусева С.А.^{1*}, Башинская О.С.², Носко О.С.³, Бычкова В.В.⁴, Ерохина А.В.⁵

¹ ORCID: 0000-0001-7006-0429;

² ORCID: 0000-0002-9553-9994;

³ ORCID: 0000-0003-3120-1764;

⁴ ORCID: 0000-0002-0288-663X;

⁵ ORCID: 0000-0002-5874-1931;

¹⁻⁵ Российский научно-исследовательский институт кукурузы и сорго, Саратов, Россия

* Корреспондирующий автор (s.guseva76[at]mail.ru)

Получена: 07.11.2022; Доработана: 21.11.2022; Опубликована: 19.12.2022

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ МОДЕЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ

Научная статья

Аннотация

Создание новых линий сахарной кукурузы с высокой комбинационной способностью и получения на их основе высокогетерозисных гибридов, пригодных к механической уборке, связано с постоянным поиском нового исходного материала и его улучшения.

Для оценки генофонда сахарной кукурузы использовались биометрические методы. Рассмотрены варьирование признаков 45 сортообразцов сахарной кукурузы, коэффициенты корреляции и факторные нагрузки на переменные. За два года исследования высокая изменчивость выявлена у признаков «высота закрепления початка» и «количество зерен на початке», низкая – озерненность початка. По количеству зерен в ряду и диаметру початка отметили нестабильную вариабельность. Средний коэффициент вариации зафиксировали у признаков: высота растений, длина початка, длина озерненной части, количество рядов.

Два года исследования позволили также выявить значимую сильную взаимосвязь (>70%) между длиной початка и длиной озерненной части; длиной початка и количеством зерен в ряду; длиной озерненной части и количеством зерен в ряду, а также количеством зерен на початке; между количеством зерен в ряду и количеством зерен на початке.

Значимый вклад в первый гипотетический фактор внесли следующие признаки: длина початка, длина озерненной части початка, диаметр початка, число зерен в ряду, число зерен на початке. Число рядов оказало существенное влияние на формирование дисперсии 3 фактора в 2021 г. и среднее – в 2020г. Высота растений в 2020 г. (отметили среднюю долю участия высоты растений) внесла средний вклад во второй и третий гипотетические факторы, а озерненность початка – второго и четвертого. В 2021 г. доля влияния этих признаков составила более 70% – высота растений – на формирование дисперсии второго гипотетического фактора, а озерненность початка – четвертого.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, длина початка, продуктивность початка, биометрические методы, коэффициент корреляции, гипотетический фактор.

1. Введение

Производство сахарной кукурузы в РФ имеет важное хозяйственное значение. Зерно этой культуры употребляется как в свежем виде, так и в переработанном (консервы, замороженная продукция).

Среди требований, указанных в Государственных стандартах характеристикам сахарной кукурузы, являются длина початка, его выполненность, озерненность – как признаков, определяющих продуктивность [1]. Высокий спрос на эту культуру определяет также необходимость создания сортов и гибридов, пригодных к механической уборке с оптимальной высотой растений и высотой закрепления початка. Поэтому основными целями исследования являлись оценка количественной характеристики хозяйственно-ценных признаков сахарной кукурузы и выявления взаимосвязи между ними. Для их достижений были использованы статистический анализ с определением нормальности распределения и факторный анализ методом главных компонент, в котором можно выделить следующие этапы: составление матрицы данных, вычисление коэффициентов корреляции, а также оценка факторных нагрузок [2], [3], [4]. Данные методы широко используются в селекционных исследованиях [5], [6], [7], [8].

2. Материалы и методы

Модельная популяция сахарной кукурузы включает 45 сортообразцов коллекции, различного эколого-географического происхождения: к-3151, к-1585, к-4411, к-4462, к-5768, к-23867, Алина, к-295, к-1115, к-4455, к-4468, к-4471, к-4475, к-4593, к-4604, к-5653, к-5811, Забава, Цукерка, Услава, Лакомка, Ранняя лакомка, Краснодарская Сахарная 250, к-103, к-104, к-291, к-4442, к-4444, к-4452, к-4456, к-4472, к-295, к-4840, к-4472, к-5467, к-5691, к-5819, к-5835, к-12631, к-12831, к-13804, к-13805, к-13807, РССК87-1, РССК87-5. Она была сформирована на базе ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» и включает 10 образцов отечественной селекции: Сахарная ранняя, Услава, Лакомка, Ранняя Лакомка, Алина, Краснодарский Сахарный 250, РССК 87-1, РССК 87-5, Забава, Цукерка, а также 35 образцов коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова: Россия (4%), США (50,2%), Канада (15%), Германия (4%), Великобритания (2%), Франция (2%), Румыния (2%). Все генотипы, кроме образцов селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (Цукерка, Забава, линия РССК 87-1, линия РССК 87-5) были предоставлены Федеральным исследовательским центром «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова».

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ РОСНИИСК «Россорго» в 2020 – 2021 гг. Посев – рендомизированный, повторность – трехкратная. Учетная площадь делянки 7,7 м². Агротехника – зональная, разработанная в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Измерения проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [9]. Статистическая обработка материала проводилась в соответствии с методическими указаниями при помощи программы Agros 2/09 [10]. Для характеристики изменчивости хозяйственно-ценных признаков модельной популяции сахарной кукурузы были использованы следующие статистические параметры: среднее значение – \bar{x} , ошибка средней – $s_{\bar{x}}$, дисперсия – s^2 , стандартное отклонение – s , коэффициент вариации – V , коэффициент асимметрии – As , лимиты средних значений признака – $x(\min)$, $x(\max)$. Асимметрия считается незначительной, если $As \leq 0,2$. При $As > 0,5$ скошенность распределения является сильной. В случае, если распределение средних значений признака значимо отличалось от нормального, расчет корреляционной взаимосвязи не проводился [10].

3. Результаты и обсуждение

Анализ хозяйственно-ценных признаков модельной популяции сахарной кукурузы за 2020 – 2021 гг. исследования позволил выявить статистические показатели выборки. Частота распределения всех исследуемых признаков – нормальная.

В 2020 г. выявлены признаки с высокой изменчивостью ($V > 20\%$): высота закрепления початка, количество зерен в ряду и количество зерен на початке (таблица 1). У признака «озерненность початка» отмечена низкая вариабельность ($V = 3,76\%$), у остальных – средней степени ($V = 10-20\%$).

Таблица 1 – Общая характеристика изменчивости хозяйственно-ценных признаков модельной популяции сахарной кукурузы, 2020 г.

Признак	Лимиты		Среднее, \bar{x}	Ошибка средней, $s_{\bar{x}}$	Коэффициент вариации, V	Коэффициент асимметрии, A_s
	$x(\min)$	$x(\max)$				
Высота растений	105,30	179,40	142,53	2,43	11,43	-0,16
Высота закрепления початка	16,70	58,90	38,26	1,63	28,52	-0,16
Длина початка	9,30	18,70	13,81	0,30	14,41	-0,05
Длина озерненной части	8,00	18,20	12,82	0,31	16,07	-0,02
Озерненность початка	83,20	97,90	92,72	0,52	3,76	-0,41
Диаметр початка, см	2,47	4,33	3,43	4,33	12,21	0,14
Кол-во рядов	8,53	16,13	11,33	0,27	15,77	0,42
Кол-во зерен в ряду	14,43	41,00	25,82	0,89	23,08	0,03
Кол-во зерен на початке	137,31	503,12	286,92	11,25	26,02	0,44

В 2021 г. высокий коэффициент вариации ($V > 20\%$) зафиксирован у признаков: высота закрепления початка, количество зерен на початке; низкий ($V < 10\%$) – озерненность початка и диаметр початка (таблица 2). У остальных изучаемых признаков отмечено среднее варьирование ($V = 10-20\%$).

Таблица 2 – Общая характеристика изменчивости хозяйственно-ценных признаков модельной популяции сахарной кукурузы, 2021 г.

Признак	Лимиты		Среднее, \bar{x}	Ошибка средней, $s_{\bar{x}}$	Коэффициент вариации, V	Коэффициент асимметрии, A
	$x(\min)$	$x(\max)$				
Высота растений	103,90	168,60	141,958	2,23	10,55	-0,44
Высота закрепления початка	20,10	53,60	35,64	1,28	24,02	-0,24
Длина початка	9,30	16,60	12,92	0,22	11,64	0,10
Длина озерненной части	8,57	14,97	11,90	0,21	11,67	-0,14
Озерненность початка	84,45	96,60	92,35	0,41	2,93	-0,44
Диаметр початка, см	2,90	4,07	3,55	0,04	8,16	-0,16
Кол-во рядов	8,83	14,27	11,08	0,18	11,02	0,16
Кол-во зерен в ряду	17,10	35,30	26,38	0,65	16,51	-0,19
Кол-во зерен на початке	162,40	452,30	294,45	9,92	22,59	0,17

В 2020 г. значимая взаимосвязь выявлена между длиной початка, длиной его озерненной части ($r = 0,96$), длиной початка и количеством рядов ($r = 0,75$); между длиной озерненной части и количеством рядов ($r = 0,81$); между количеством зерен на початке и длиной озерненной части ($r = 0,71$); между количеством зерен на початке и диаметром ($r = 0,74$), а также количеством рядов ($r = 0,73$), количеством зерен в ряду ($r = 0,89$) (таблица 3).

Существенная умеренная взаимосвязь выявлена между высотой закрепления початка и длиной початка ($r = 0,52$), высотой закрепления и длиной озерненной части ($r = 0,50$), а также диаметром початка ($r = 0,46$), количеством зерен в ряду ($r = 0,43$) и количеством зерен на початке ($r = 0,49$); между длиной початка, его диаметром ($r = 0,49$) и количеством зерен на початке ($r = 0,63$); между длиной озерненной части, и диаметром початка ($r = 0,57$), между диаметром початка и количеством рядов ($r = 0,57$), диаметром початка и количеством зерен в ряду ($r = 0,65$).

Таблица 3 – Матрица коэффициентов корреляции основных хозяйственно-ценных признаков сахарной кукурузы, 2020 г.

Признак	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,00								
2	0,49**	1,00							
3	0,05	0,52**	1,00						
4	0,03	0,50*	0,96**	1,00					
5	-0,12	-0,09	-0,13	0,15	1,00				
6	0,03	0,46**	0,49**	0,57**	0,32*	1,00			
7	-0,02	0,34*	0,15	0,23	0,28	0,57**	1,00		
8	-0,10	0,43**	0,75**	0,81**	0,26	0,65**	0,34*	1,00	
9	-0,06	0,49**	0,63**	0,71**	0,30*	0,74**	0,73*	0,89**	1,00

Примечание 1: * Значимо на 5% уровне, ** Значимо на 1% уровне (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента корреляции); критические значения коэффициента корреляции на 5 % уровне составляют 0,29 и на 1 % уровне – 0,37;

Примечание 2: 1 - Высота растений; 2 - высота крепления початка; 3 - длина початка; 4 - длина озерненной части; 5 - озерненность початка; 6 - диаметр початка; 7 - количество рядов; 8 - количество зерен в ряду; 9 - количество зерен на початке

В результате анализа корреляционных связей между хозяйственно-ценными признаками сортообразцов сахарной кукурузы в 2021 г. была выявлена сильная значимая взаимосвязь между высотой растений и высотой закрепления початка ($r=0,79$); длиной початка и длиной озерненной части ($r=0,98$); длиной початка и количеством зерен в ряду ($r=0,78$) и количеством зерен на початке; длиной озерненной части и числом зерен в ряду ($r=0,82$), а также числом зерен на початке ($r=0,74$); между количеством зерен в ряду и количеством зерен на початке ($r=0,84$) (таблица 4).

Значимая умеренная взаимосвязь выявлена между высотой растений и длиной початка ($r=0,43$), высотой и длиной его озерненной части ($r=0,44$); длиной початка и его диаметром ($r=0,61$), длиной озерненной части и озерненностью ($r=0,55$), а также диаметром початка ($r=0,55$); между озерненностью початка, количеством зерен в ряду и количеством зерен на початке ($r=0,52$, $r=0,50$ соответственно); диаметром початка, количеством зерен в ряду и количеством зерен на початке ($r=0,57$ и $r=0,60$ соответственно), количеством рядов и количеством зерен на початке ($r=0,55$).

Таблица 4 – Матрица коэффициентов корреляции основных хозяйственно-ценных признаков сахарной кукурузы, 2021 г.

Признак	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,00								
2	0,79**	1,00							
3	0,43**	0,40**	1,00						
4	0,44**	0,39*	0,98**	1,00					
5	0,24	0,17	0,35	0,55**	1,00				
6	0,33*	0,34	0,61**	0,55**	0,05	1,00			
7	0,21	0,15	0,06	0,08	0,12	0,28	1,00		
8	0,21	0,16	0,78**	0,82**	0,52**	0,57**	0,04**	1,00	
9	0,30*	0,23	0,70**	0,74**	0,50**	0,60**	0,55**	0,84**	1,00

Примечание 1: * Значимо на 5% уровне, ** значимо на 1% уровне (отсутствие символа * указывает на незначимость коэффициента корреляции) критические значения коэффициента корреляции на 5 % уровне составляют 0,29 и на 1 % уровне – 0,37;

Примечание 2: 1 - высота растений; 2 - высота крепления початка; 3 - длина початка; 4 - длина озерненной части; 5 - озерненность початка; 6 - диаметр початка; 7 - количество рядов; 8 - количество зерен в ряду; 9 - количество зерен на початке

Для более точной оценки исходного материала по ряду показателей был выполнен факторный анализ методом главных компонент (таблица 5). Показатели, сильно взаимосвязанные между собой, объединили внутри одной группы, а слабо связанные и с несущественными корреляционными связями, также объединенные внутри одной группы, и, входящие в другой фактор, исключили из анализа.

В 2020 и 2021 гг. факторы Z-5...Z-9 были исключены из анализа, так как их вклад в накапливаемую дисперсию составил менее 10%, и всего были выделены четыре гипотетических фактора (таблица 5, 6). Накапливаемая дисперсия первого фактора (>50%) два года исследования определялась длиной початка, длиной озерненной части початка, диаметром початка, количеством зерен в ряду и количеством зерен на початке.

Во второй гипотетический фактор существенный вклад внесли следующие признаки: высота растений и высота крепления початка, а в третий – количество рядов на початке (2020 г.) и количество зерен в ряду (2021 г.). Озерненность початка и суммарный эффект других признаков формировали дисперсию четвертого фактора.

Таблица 5 – Факторные нагрузки переменных на главные компоненты коллекции сахарной кукурузы, 2020 гг.

Признак	Гипотетический фактор			
	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4
Высота растений	-0,570	0,725	-0,142	0,136
Высота крепления початка	-0,517	0,767	-0,187	0,051
Длина початка	-0,899	-0,102	-0,222	-0,208
Длина озерненной части	-0,932	-0,149	-0,226	-0,009
Озерненность початка	-0,549	-0,237	-0,132	0,739
Диаметр початка	-0,700	0,057	0,223	-0,547
Число рядов	-0,301	0,206	0,898	0,190
Число зерен в ряду	-0,853	-0,416	-0,107	-0,054
Число зерен на початке	-0,875	-0,225	0,371	0,064
Дисперсия	4,65	1,47	1,18	0,95
Дисперсия, %	51,61	16,34	13,09	10,60
Накопленная дисперсия, %	51,61	67,95	81,04	91,63

В первый гипотетический фактор наибольший вклад (>50,71%) внесли следующие признаки: длина початка, длина озерненной части початка, диаметр початка, количество зерен в ряду и количество зерен на початке. Высота растений и высота крепления початка внесли значимый вклад в дисперсию второго гипотетического фактора (>17,62%). Количество зерен в ряду и суммарный эффект других признаков формировали дисперсию третьего фактора, а озерненность початка – четвертого.

Таблица 6 – Факторные нагрузки переменных на главные компоненты коллекции сахарной кукурузы, 2021 гг.

Признак	Гипотетический фактор			
	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4
Высота растений	-0,061	0,660	0,619	0,312
Высота крепления початка	-0,638	0,523	0,379	-0,033
Длина початка	-0,811	0,364	-0,413	0,011
Длина озерненной части	-0,878	0,183	-0,339	0,181
Озерненность початка	-0,250	-0,683	0,240	0,623
Диаметр початка	-0,805	-0,193	0,204	-0,030
Число рядов	-0,577	-0,390	0,507	-0,439
Число зерен в ряду	-0,897	-0,083	-0,252	0,102
Число зерен на початке	-0,936	-0,219	0,067	-0,145
Дисперсия	4,564	1,586	1,237	0,745
Дисперсия, %	50,71	17,624	13,742	8,276
Накопленная дисперсия, %	50,71	68,331	82,073	90,349

За 2 года проведения опыта значимый вклад в первый гипотетический фактор внесли следующие признаки: длина початка, длина озерненной части початка, диаметр початка, число зерен в ряду, число зерен на початке. Число рядов оказало существенное влияние на формирование дисперсии 3 фактора в 2021 г. и среднее – в 2020 г. Высота растений в 2020 г. (отметили среднюю долю участия высоты растений) внесла средний вклад во второй и третий гипотетические факторы, а озерненность початка – второго и четвертого. В 2021 г. доля влияния этих признаков составила более 70%: высота растений – на формирование дисперсии второго гипотетического фактора, а озерненность початка – четвертого.

4. Заключение

Высокий коэффициент вариации за два года исследования выявили у признаков «высота закрепления початка» и «количество зерен на початке».

Сильная значимая взаимосвязь выявлена между длиной початка и длиной озерненной части, длиной початка и количеством зерен в ряду; между длиной озерненной части и количеством зерен в ряду, а также количеством зерен на початке; между количеством зерен в ряду и количеством зерен на початке.

Признаки, внесшие значимый вклад в первый и второй гипотетические факторы определяют >60% накапливаемой дисперсии, что следует учитывать при выведении новых гибридов и сортов сахарной кукурузы: длина початка, длина озерненной части початка, диаметр початка, количество зерен в ряду, количество зерен на початке, высота растений.

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

References

1. ГОСТ 32882-2014. Кукуруза свежая в початках для промышленной переработки. – Введ. 2016-01-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 5 с.
2. Лиєпа И.Я. Математические методы в биологических исследованиях. Факторный и компонентный анализы / И.Я. Лиєпа. – Рига : Издательство Латвийского государственного университета, 1980. – 194 с.
3. Sokal R.R. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research / R.R. Sokal, F.J Rolf. – NY, USA, 1995. – 347 p.
4. Бююль А. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных восстановление скрытых закономерностей / А. Бююль, П. Цефель. – СПб. : Техническая книга, 2005. – 603 с.
5. Бебякин В.М. Корреляционно-факторный анализ показателей состояния углеводно-амилазного комплекса и хлебопекарных качеств озимой ржи / В.М. Бебякин, Т.Б. Кулеватова, Н.М. Великанова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 12. – С. 29-32
6. Гудова Л.А. Использование методов многомерной статистики для оценки модельной популяции кукурузы / Л.А. Гудова, С.А. Зайцев, В.И. Жужукин и др. // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 7. – С. 9-15.
7. Вишнякова М.А. Местные сорта нута из центров происхождения: разнообразие и различия / М.А. Вишнякова, М.О. Буляева, С.В. Булынец и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 5. – С. 976-985.
8. Жужукин В.И. Оценка исходного материала для селекции нута / В.И. Жужукин, Ж.Н. Мухатова, А.Г. Субботин и др. // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 4 – С.14-20.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть // ФГБУ «Госсорткомиссия». – М., 2019. – 329 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. : Книга по требованию, 2012. – 352 с.

References in English

1. GOST 32882-2014. Kukuruzna svezhaja v pochatkah dlja promyshlennoj pererabotki [Fresh corn on the cob for industrial processing]. – Input. 2016-01-01. – М. : Standartinform, 2018. – 5 p. [in Russian]
2. Liepa I.Ya. Matematicheskie metody v biologicheskikh issledovaniyah. Faktornyj i komponentnyj analizy [Mathematical methods in biological research. Factor and component analyses]. – Riga : Publishing House of the Latvian State University. – 1980. – 194 p. [in Russian]
3. Sokal R.R. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research / R.R. Sokal, F.J Rolf. – NY, USA, 1995. – 347 p.
4. Bühl A. SPSS: iskusstvo obrabotki informacii. Analiz statisticheskikh dannyh vosstanovlenie skrytyh zakonornostej [SPSS: the art of information processing. Analysis of statistical data, restoration of hidden patterns] / A. Bühl, P. Zöfel // St. Petersburg. : Technical book, 2005. – 603 p. [in Russian]
5. Bebyakin V.M. Korreljacionno-faktornyj analiz pokazatelej sostojanija uglevodno-amilaznogo kompleksa i hlebopekarnyh kachestv ozimoy rzhi [Correlation factor analysis of indicators of the state of the carbohydrate-amylase complex and baking qualities of winter rye] / V.M. Bebjakin, T.B. Kulevatova, N.M. Velikanova // Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja. [Storage and processing of agricultural raw materials]. – 2004. – №. 12. – P. 29-32 [in Russian]
6. Gudova L.A. Ispol'zovanie metodov mnogomernoj statistiki dlja ocenki model'noj populjicii kukuruzy [The use of multivariate statistics methods for assessing a model maize population] / L.A. Gudova, S.A. Zajcev, V.I. Zhuzhukin et al. // Agrarian scientific journal. – 2021. – №. 7. – P. 9-15. [in Russian]
7. Vishnyakova M.A. Mestnye sorta nuta iz centrov proishozhdenija: raznobrazие i razlichija [Local varieties of chickpeas from centers of origin: diversity and differences] / M.A. Vishnjakova, M.O. Burljaeva, S.V. Bulyncev et al. // Agricultural biology. – 2017. – №. 5. – P. 976-985. [in Russian]
8. Zhuzhukin V.I. Ocenka ishodnogo materiala dlja selekcii nuta [Evaluation of the source material for chickpea breeding] / V.I. Zhuzhukin, Zh.N. Muhatova, A.G. Subbotin et al. // Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya [Successes of modern natural science]. – 2022. – №. 4 – P. 14-20. [in Russian]
9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Methods of state variety testing of agricultural crops]. No 1. General part // "Gossortkomissiya" – М., 2019. – 329 p. [in Russian]
10. Dospеhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dospеhov. – М. : Book on demand, 2012. – 352 p. [in Russian]