DOI 10.33775/1684-2464-2021-53-4-30-35
УДК: 633.15.631.527

Перевязка Д.С.,
Перевязка Н.И.,
Супрунов А.И. д-р с.-х. наук
г. Краснодар, Россия

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАННЕСПЕЛЫХ И СРЕДНЕРАННИХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

Создание и последующее изучение исходного материала занимает важную роль в селекции растений. Только использование качественного исходного материала по фенологическим, биометрическим и генетическим признакам позволит создать высокопродуктивные гибриды и сорта культурных растений. В настоящее время существует большое количество различных методов изучения исходного материала. Одним из таких методов является кластерный анализ. Применение данного метода исследования позволяет из изучаемого множества различных показателей, сначала выделить, а затем и обобщить необходимые селекционеру. В работе использование кластерного анализа позволило выделить различные группы исходного материала для создания новых раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы. Дигаплоидные линии кукурузы, использующиеся в исследовании, были разделены на сходные группы, по таким основным биометрическим характеристикам початка, как масса 1000 зёрен, масса зерна с початка и масса початка. Данные биометрические характеристики напрямую влияют на урожайность как исходного материала, так и впоследствии новых гибридов кукурузы, создаваемых с их участием. В результате работ был систематизирован по различным группам исходный материал, а именно, новые раннеспелые и среднеранние дигаплоидные линии кукурузы, что позволит нам определить дальнейшую схему их использования в дальнейшей селекционной работе.

Ключевые слова: *кукуруза, гибриды, исходный материал, дигаплоидные линии.*

CLUSTER ANALYSIS OF A NEW INITIAL MATERIAL FOR THE CREATION OF EARLY AND MEDIUM CORN HYBRIDS

The creation and subsequent study of the source material plays an important role in plant breeding. Only the use of high-quality starting material based on phenological, biometric and genetic characteristics will make it possible to create highly productive hybrids and varieties of cultivated plants. Currently, there are a large number of different methods of studying source material. One of these methods is cluster analysis. The application of this research method allows, from the set of different indicators being studied, to first isolate and then generalize the necessary ones for the breeder. In this work, the use of cluster analysis made it possible to distinguish various groups of initial material for the creation of new early-maturing and mid-early maize hybrids. The dihaploid maize lines used in this study were divided into similar groups based on the main biometric characteristics of the ear of corn, such as 1000 grains weight, corn weight per ear, and ear weight. These biometric characteristics directly affect the yield of both the initial material and subsequently of new corn hybrids created with their participation. As a result of the work, we have systematized the source material according to various groups, namely, new early-maturing and mid-early dihaploid lines of maize, which will allow us to determine the further scheme of their use in further breeding work.

Key words: *corn, hybrids, starting material, dihaploid lines.*

Введение

Кукуруза – одна из важнейших зерновых культур в мире, которая в нашей стране в основном используется для производства кормов для сельскохозяйственных животных и продуктов питания человека. Также кукуруза может с успехом применяться в промышленной составляющей жизнедеятельности человека и служить хорошим сырьём для получения крахмала, спирта и масла из её зерна [1, 4, 13, 14]. В современной селекции гибридов кукурузы используется множество методов создания нового исходного материала, одним из основных является метод гаплоидии, служащий для создания дигаплоидных линий. Использование метода позволяет в короткие сроки получить гомозиготный материал, что достаточно важно для гетерозисной селекции данной культуры [11, 12, 15].

На территории Российской Федерации большое распространение получили раннеспелые и среднеранние гибриды кукурузы. За счёт своего периода вегетации гибриды данных групп спелости могут с успехом возделываться как в условиях Северного Кавказа, так и в зонах с ограниченной тепло обеспеченностью, таких как Воронежская, Липецкая, Белгородская и многие другие области нашей страны, где период вегетации играет важную роль в возделывании кукурузы. Также немаловажная ценность кукурузы заключается в том, что она является хорошим предшественником для посевов озимых культур, таких как пшеница и ячмень [2, 7, 8].

В настоящее время потребность в качественных сортах и гибридах культурных растений очень высока. В связи с этим ключевую роль в данном направлении занимает работа селекционера по созданию и оценке исходного материала, отвечающего самым высоким требованиям, предъявляемым сельхоз товаропроизводителями. Существует множество различных методов изучения исходного материала: изучение комбинационной способности по хозяйственно-ценным признакам, изучение его биохимических и генетических особенностей и т.д. Однако, одним из основных и самых доступных методов селекции остаётся изучение фенологических и биометрических характеристик исходного материала. В связи с большим количеством информации, получаемой при изучении фенологических и биометрических характеристик, возникает необходимость статистической обработки полученных результатов. В качестве одного из методов статистической обработки может выступать кластерный анализ. Применение данного метода в селекции позволяет провести анализ большого количества изучаемых признаков на близкие по значению группы [3, 5, 6, 9].

Цель исследований

Провести кластерный анализ по основным, отличающимся наибольшими значениями коэффициента вариации, морфобиологическим признакам новых раннеспелых и среднеранних дигаплоидных линий кукурузы.

Материалы и методы

Работа по изучению биометрических характеристик нового исходного материала проводилась в течение двух лет на опытных полях НЦЗ им. П.П. Лукьяненко в 2018–2019 годах. В качестве исходного материала для создания новых линий использовали 6 линий из генетической коллекции института - КР 802 МВ, КР 768/914-1-2, КР 733/6 МВ, КР 244 МВ, КР 801 МВ, КР 3070 МВ. С целью создания нового исходного материала на начальном этапе было создано 5 гибридных комбинаций с участием лучших исходных линий кукурузы с широкой генетической основой: КР 244 МВ х КР 802 МВ, КР 733/6 МВ х КР 802 МВ, КР 244 МВ х КР 76891/4-1-1, КР 3070 МВ х КР 802 МВ, КР 801 МВ х КР 733/6 МВ. Эти линии являются компонентами 12 районированных гибридов кукурузы селекции НЦЗ им. П.П. Лукьяненко. На получившихся гибридных комбинациях был заложен опыт по получению дигаплоидных линий, разработанный Шацкой О.А. с соавторами [10]. Далее производился анализ 10 растений в 2-х кратной повторности нового исходного материала. Полученные результаты обрабатывали в программах Microsoft Office Excel и Statistica 10.

Результаты и обсуждение

Первым этапом работы было изучение биометрических характеристик початка новых раннеспелых и среднеранних линий кукурузы. Результаты работы представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Морфологические признаки новых раннеспелых и среднеранних линий кукурузы, Краснодар (2018 год)

Признак	Значение признака			
	X±Sx	CV, %	X±Sx	CV, %
Год исследования	2018 год			
Количество линий, шт.	33, раннеспелые		28, среднеранние	
Длина початка, см	14,6 ± 1,6	11,1	14,5 ± 1,8	12,1
Диаметр стержня, см	2,3 ± 0,2	9,3	2,3 ± 0,3	12,2
Кол-во рядов, шт	14,0 ± 1,9	13,3	14,0 ± 2,0	14,0
Кол-во зёрен в ряду, шт	26,0 ± 3,6	14,0	24,9 ± 4,9	19,7
Масса початка, г	77,8 ± 17,0	21,8	76,1 ± 22,4	29,4
Масса зерна с початка, г	60,5 ± 15,5	25,6	59,6 ± 19,8	33,2
Масса 1000 зёрен, г	219,7 ± 30,7	14,0	226,0 ± 32,0	14,2

Таблица 2. Морфологические признаки новых раннеспелых и среднеранних линий кукурузы, Краснодар 2019 год)

Признак	Значение признака			
	X±Sx	CV, %	X±Sx	CV, %
Год исследования	2019 год			
Количество линий, шт.	33, раннеспелые		28, среднеранние	
Длина початка, см	14,0 ± 1,5	10,6	14,8 ± 1,6	11,1
Диаметр стержня, см	2,3 ± 0,2	8,9	2,3 ± 0,3	12,0
Кол-во рядов, шт	13,2 ± 1,9	14,0	13,6 ± 1,9	13,6
Кол-во зёрен в ряду, шт	22,9 ± 4,2	18,5	24,9 ± 4,4	17,9
Масса початка, г	67,3 ± 15,4	22,9	78,6 ± 31,0	39,4
Масса зерна с початка, г	51,5 ± 14,2	27,6	62,6 ± 27,3	43,5
Масса 1000 зёрен, г	234,4 ± 39,7	17,0	240,0 ± 44,4	18,5

Наибольший коэффициент вариации (CV, %) отмечался у следующих изучаемых признаков новых линий кукурузы как в 2018, так и в 2019 гг.: количество зёрен в ряду, масса початка, масса зерна с початка и масса 1000 зёрен. Поскольку, такой признак, как количество зёрен, в ряду достаточно сильно зависим от биотических и абиотических условий среды. Поэтому дальнейший анализ проводился по признакам: масса початка, масса зерна с початка и масса 1000 зёрен.

Для дальнейшей статистической обработки нами было решено применить кластерный анализ для выделения близких групп по значениям изучаемых признаков. Кластеризация приведённых биометрических характеристик проводилась методом Варда с применением эвклидовой метрики расстояния между исследуемыми объектами. Результаты работы представлены на рисунках 1 и 2.

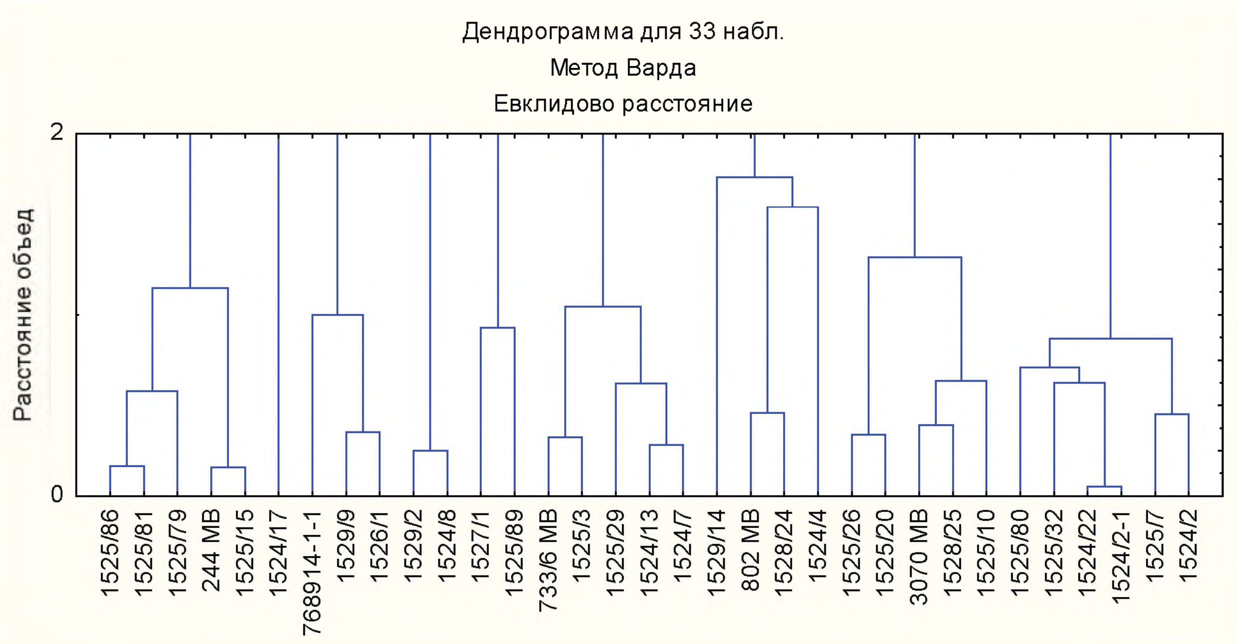

Рисунок 1. Дендрограмма новых раннеспелых линий кукурузы

По результатам проведения кластерного анализа можно сделать следующие выводы: раннеспелые дигаплоидные линии кукурузы на расстоянии объединения равном двум сформировали 9 кластеров.

Далее для простоты восприятия дендрограммы и более детального изучения кластеров была сформирована таблица со средними значениями изучаемых признаков по каждому из образовавшихся кластеров. Результаты проведённой работы представлены в таблице 3 для раннеспелых линий кукурузы.

Таблица 3. Средние значения выделившихся кластеров раннеспелых линий

Номер кластера	Наименование линии	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с початка, г	Масса початка, г
1 кластер	1525/86, 1525/81, 1525/79, 244 MB, 1525/15	230,3	72,6	89,4
2 кластер	1524/17	278,3	84,3	101,6
3 кластер	76891/4-1-1, 1529/9, 1526/1	259,2	57,5	77,2
4 кластер	1529/2, 1524/8	284,3	55,6	70,6
5 кластер	1527/1, 1525/89	242,2	34,0	53,3
6 кластер	733/6 MB, 1525/3, 1525/29, 1524/13, 1524/7	242,5	49,6	64,6
7 кластер	1529/14, 802 MB, 1528/24, 1524/4	180,4	42,0	54,3
8 кластер	1525/26, 1525/20, 3070 MB, 1528/25, 1525/10	202,8	52,6	69,5
9 кластер	1525/26, 1525/80, 1525/32, 1524/22, 1524/2-1, 1525/7, 1524/2	211,0	61,4	79,0

Линии, отличающиеся наилучшими показателями изучаемых признаков, сосредоточены во втором кластере, представленной одной линией – 1524/17, которая имеет следующие значения: масса 1000 зёрен - 278,3 г, масса зерна с початка - 84,3 г и масса початка - 101,6 г.

Далее аналогичные исследования проводились в блоке среднеранних дигаплоидных линий кукурузы. Кластеризация приведённых биометрических характеристик проводилась методом Варда с применением эвклидовой метрики расстояния между исследуемыми объектами. Результаты работы представлены на рисунке 2.

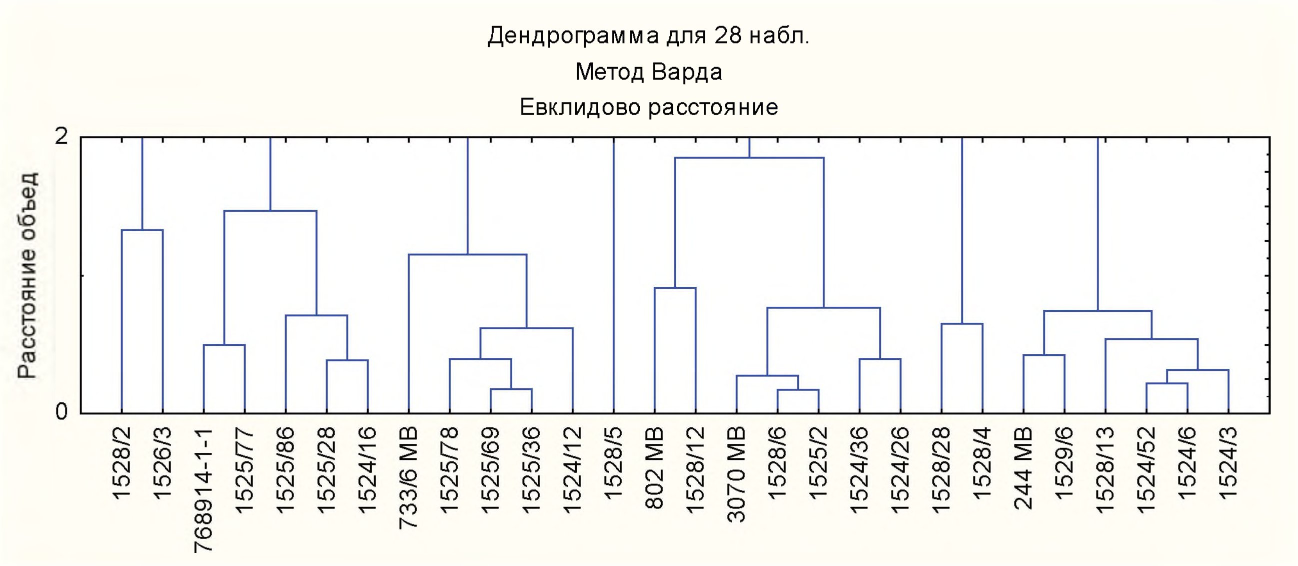

Рисунок 2. Дендрограмма новых среднеранних линий кукурузы

По результатам проведения кластерного анализа можно сделать следующие выводы: среднеранние дигаплоидные линии кукурузы на расстоянии объединения равном двум сформировали 7 кластеров. Далее была сформирована таблица со средними значениями изучаемых признаков каждого кластера среднеранних линий. Результаты работы представлены в таблице 4.

Таблица 4. Средние значения выделившихся кластеров среднеранних линий

Номер кластера	Наименование линии	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с початка, г	Масса початка, г
1 кластер	1528/2, 1526/3	257,98	123,28	150,14
2 кластер	76891/4-1-1, 1525/77, 1525/86, 1525/28, 1524/16	282,33	63,40	81,38
3 кластер	733/6 МВ, 1525/78, 1525/69, 1525/36, 1524/12	259,07	53,29	69,62
4 кластер	1528/5	158,05	59,89	74,17
5 кластер	802 МВ, 1528/12, 3070 МВ, 1528/6, 1525/2, 1524/36, 1524/26	199,24	46,32	60,54
6 кластер	1528/28, 1528/4	221,45	75,19	90,96
7 кластер	244 МВ, 1529/6, 1528/13, 1524/52, 1524/6, 1524/3	216,28	58,06	72,77

Как видно из таблицы 4 линии с наиболее высокими значениями таких изучаемых признаков как масса 1000 зёрен (257,98 г), масса зерна с початка (123,28 г) и масса початка (150,14 г) представлены в первом кластере.

Выводы

Таким образом, нами был проведен кластерный анализ новых раннеспелых и среднеранних линий кукурузы по таким биометрическим характеристикам початка как: масса 1000 зёрен, масса початка и масса зерна с початка. Полученные результаты помогут нам выделить, систематизировать и подобрать дальнейшие варианты использования новых линий для проведения топ–кроссных скрещиваний и построению работы в питомнике исходного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васин, В.Г. Продуктивность и кормовая ценность гибридов кукурузы при применении минеральных удобрений и стимуляторов роста в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Васин В.Г., Кошелева И.К. // Кормопроизводство. - 2017 - № 9 - С. 40-43.
2. Горбачева, А. Г. Реакция гибридов кукурузы на температурный режим в период прорастания / А. Г. Горбачева, И. А. Ветошкина, А. Э. Панфилов, Е. С. Иванова // Кукуруза и сорго. – 2014 – № 2 – С. 20-25.
3. Гудова, А.А. Кластерный анализ по минимуму Евклидовых расстояний в селекции кукурузы / А.А. Гудова // Эффективные решения в приоритетных отраслях АПК в засушливых регионах. - 2020 - С. 30 – 35
4. Дронов, А.В. Адаптивность и урожайность гибридов кукурузы различных по скороспелости в условиях Брянской области / А.В. Дронов, С.А. Бельченко, В.В. Ланцев // Вестник Брянской сельскохозяйственной академии. - 2018 - С. 30 – 37
5. Казыдуб, Н.Г. Отбор перспективных образцов для селекции фасоли с использованием кластерного анализа в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, Т.В. // Маркаева, М.М. Коробейникова, М.В. Епачинцев / Вестник ОмГАУ. - 2014 - № 4. - С. 8 – 14
6. Кузьмина, С.П. Применение кластерного анализа в селекции гороха // С.П. Кузьмина, Н.Г. Казыдуб, Е.В. Бондаренко / Вестник НГАУ. - 2018 - № 1. - С. 35 – 417.
7. Сотченко, В.С. Перспективы производства зерна и семян кукурузы в Российской Федерации на период до 2020 года / Сотченко В.С. // Кукуруза и сорго. - 2010 - №4. - С. 3-11
8. Сотченко, В.С. Перспективы производства зерна кукурузы в России / Сотченко В.С. // Кукуруза и сорго. - 2002. - №6. - С. 2-5.
9. Харитонов, Е.М. Применение кластерного анализа для разделения сортов риса по реакции на изменение условий среды / Е.М. Харитонов, Ю.К. Гончарова, А.И. Иванов // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. - 2014. - № 6. - С. 32 - 35.
10. Шацкая, О.А. Результаты использования метода гаплоидии в селекции кукурузы / О.А.Шацкая // Кукуруза и сорго. – 2001 - № 4 – С. 14 - 17
11. Doubled haploid technology for line development in maize: technical advances and prospects / V. Chaikam, W. Molenaar, A.E. Melchinger, P.M. Boddupalli // Theoretical and Applied Genetics. 2019. - № 132. - P. 3227 - 3243.
12. Dwivedi, S.I. Haploid: constraints and opportunities in plant breeding / S.I. Dwivedi, A.B. Britt, L. Tripathi // Biotechnology Advances. 2015. - № 33. - P. 812 - 829.
13. Hallauer, A. Evolution of plant breeding / A. Hallauer // Crop breeding and applied biotechnology. - 2011 - №11. - p. 197 – 206.
14. Modern Corn Hybrids' Nutrient Uptake Patterns / R.R. Bender, J.W. Haegele, M.L. Ruffo, F.E. Below // Better crops. – 2013. - № 97. - P. 7 - 10.
15. Novel technologies in doubled haploid line development / J. Ren, P. Wu, B. Trampe, X. Tian, T. Lübberstedt, S. Chen // Plant Biotechnology Journal. – 2017. - № 15. - P. 1361 - 1370.

REFERENCES

1. Vasin, V.G. Productivity and fodder value of corn hybrids when using mineral fertilizers and growth stimulants in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region / Vasin V.G., Kosheleva I.K. // Feed production. - 2017. - № 9. - P. 40-43.
2. Gorbacheva, A.G. Reaction of corn hybrids to the temperature regime during germination / A.G. Gorbacheva, I. A. Vetoshkina, A. E. Panfilov, E. S. Ivanova // Corn and sorghum. - 2014. - № 2. - P. 20-25.
3. Gudova, AA Cluster analysis on the minimum of Euclidean distances in corn breeding / A.A. Gudova. Gudova // Effective solutions in priority sectors of the agro-industrial complex in arid regions. - 2020. - P. 30 - 35.
4. Dronov, A.V. Adaptability and productivity of corn hybrids of different early maturity in the conditions of the Bryansk region / A.V. Dronov, S.A. Belchenko, V.V. Lantsev // Bulletin of the Bryansk Agricultural Academy. - 2018. - P. 30 - 375.
5. Kazydub, N.G. Selection of promising samples for breeding beans using cluster analysis in the southern forest-steppe of Western Siberia // N.G. Kazydub, T.V. Markaeva, M.M. Korobeynikova, M.V. Epachintsev / Bulletin of OmGAU. - 2014. - № 4. - P. 8 - 14.
6. Kuzmina, S.P. Application of cluster analysis in pea breeding / S.P. Kuzmina, N.G. Kazydub, E.V. Bondarenko // Bulletin of NSAU. - 2018. - № 1. - P. 35 - 41.
7. Sotchenko, V.S. Prospects for the production of grain and corn seeds in the Russian Federation for the period up to 2020 / Sotchenko V.S. // Corn and sorghum. - 2010. - № 4. - P. 3 - 11.
8. Sotchenko, V.S. Prospects for the production of corn grain in Russia / Sotchenko V.S. // Corn and sorghum. - 2002. - № 6. - P. 2-5.
9. Kharitonov, E.M. The use of cluster analysis for the separation of rice varieties by reaction to changes in environmental conditions / E.M. Kharitonov, Y.K. Goncharova, A.I. Ivanov // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2014. - № 6. - P. 32 - 35.
10. Shatskaya, O.A. Results of using the haploidy method in corn breeding / O.A. Shatskaya // Corn and sorghum. - 2001. - № 4. - P. 14 - 17.
11. Doubled haploid technology for line development in maize: technical advances and prospects / V. Chaikam, W. Molenaar, A.E. Melchinger, P.M. Boddupalli // Theoretical and Applied Genetics. – 2019. - № 132. – P. 3227–3243.
12. Dwivedi, S.I. Haploid: constraints and opportunities in plant breeding / S.I. Dwivedi, A.B. Britt, L. Tripathi // Biotechnology Advances. - 2015. - № 33. - P. 812 - 829.
13. Hallauer, A. Evolution of plant breeding / A. Hallauer // Crop breeding and applied biotechnology. - 2011. - №11. - P. 197 – 206.
14. Modern Corn Hybrids' Nutrient Uptake Patterns / R.R. Bender, J.W. Haegele, M.L. Ruffo, F.E. Below // Better crops. – 2013. - № 97. – P. 7 – 10.

15. Novel technologies in doubled haploid line development / J. Ren, P. Wu, B. Trampe, X. Tian, T. Lübberstedt, S. Chen // Plant Biotechnology Journal. – 2017. - № 15 – P. 1361 - 1370.

Дмитрий Сергеевич Перевязка
Научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы
E-mail: dmitriy_perevyazka@mail.ru
Phone. +79286645814

Наталья Игоревна Перевязка
Аспирант, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы

Анатолий Иванович Супрунов
Заведующий отделом селекции и семеноводства кукурузы

Все: ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»
350012, Краснодарский край,
г. Краснодар, Центральная Усадьба КНИИСХ

Dmitry Sergeevich Perevyazka
Researcher of the department of selection and seed production of corn
E-mail: dmitriy_perevyazka@mail.ru
Phone. +79286645814

Natalia Igorevna Perevyazka
Post-graduate student, junior researcher of the department of selection and seed production of corn

Anatoly Ivanovich Suprunov
Head of the department of selection and seed production of corn

All: National Center of Grain named after
P.P. Lukyanenko
Central Estate KNIISH, Krasnodar, Krasnodar region,
350012, Russia