

УДК 635.63:631.527

06.01.05 - Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки)

ПЫЛЬЦЕВОЙ АНАЛИЗ В СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ

Цаценко Людмила Владимировна
д-р. биол. наук, профессор, кафедра генетики, селекции и семеноводства
lvt-lemna@yandex.ru
SPIN-код: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000

Назаров Амбарцум Львович
Аспирант, кафедра генетики, селекции и семеноводства
ambo777@mail.ru

Леденева Анастасия Романовна
Магистрант, кафедра генетики, селекции и семеноводства
ledeneva390@gmail.com
Кубанский государственный аграрный Университет имени И.Т. Трубилина, Россия, Краснодар 350044, Калинина 13

В статье рассматриваются спектры применения пыльцевого анализа в селекционных программах по озимой пшеницы. Обозначены базовые показатели пыльцевого анализа: фертильность, стерильность, нормальная морфология, аномальная морфологии, жизнеспособность, количество пыльцевых зерен в пыльнике, структурно-архитектонические аномалии. В задачу исследования входило проанализировать имеющиеся литературные данные по вопросу пыльцевого анализа у сортов пшеницы с целью понимания спектра использования данного исследования для селекционных задач. Ранее в работах как отечественных, так и зарубежных авторов внимание уделялось количественным характеристикам пыльцевого зерна, т.е. установление количества пыльцевых зерен в пыльнике, в цветке, варьирование по сортам, влияние гибридной природы на величину пыльцевого зерна. В последние годы интерес исследователей направлен на скрининг сортов пшеницы разных лет репродукции по фертильности и жизнеспособность пыльцы, как понимание потенциальных возможностей репродуктивной биологии исследуемых генотипов. Выделены показатели пыльцевого анализа у пшеницы: величина и форма пыльцевых зерен, площадь, объем, размер, фертильность пи стерильность, жизнеспособность. К качеству областей

UDC 635.63:631.527

06.01.05 - Selection and seed production of agricultural plants (agricultural sciences)

POLLEN ANALYSIS IN WHEAT BREEDING

Tsatsenko Luidmila Vladimirovna
Dr.Sci.Biol., professor,
Chair of genetic, plant breeding and seeds
lvt-lemna@yandex.ru
RSCI SPIN-code: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000

Nazarov Ambartsum Lvovich
postgraduate student, Chair of genetic, plant breeding and seeds
ambo777@mail.ru

Ledeneva Anastasia Romanovna
Master's degree, Department of genetics, breeding and seed production
ledeneva390@gmail.com
"Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar 350044, Kalinina 13, Russia

The article reviews the application spectra of pollen analysis in winter wheat breeding programs. The basic indicators of pollen analysis are outlined: fertility, sterility, normal morphology, abnormal morphology, viability, quantity of pollen grains in the pollen, structural and architectural anomalies. The objective of the study was to analyze available literature data on the issue of pollen analysis in wheat varieties in order to understand the range of use of this study for breeding purposes. Previously, in the works of both domestic and foreign authors, attention was paid to quantitative characteristics of pollen grain, i.e. the determination of the number of pollen grains in the pollen, in the flower, variation in varieties, the influence of hybrid nature on the size of pollen grain. In recent years, the interest of researchers has been directed to screening varieties of wheat of different reproductive years by fertility and viability of pollen, as an understanding of the potential reproductive biology of the genotypes under study. The following pollen analysis parameters are distinguished in wheat: pollen grain size and shape, area, volume, size, sterility, viability. As the areas of application of pollen analysis in wheat breeding, we have established: hybrid genotypes analysis and their productivity, the establishment of genotype adaptation to drought under osmotic stress, the density of wheat genomes, comparative analysis of modern and ancient varieties, technology of thermal castration, the establishment of the genotype response to the impact of pollutants

применения пыльцевого анализа в селекции пшеницы установлены: анализ гибридных генотипов и их продуктивность, установление адаптации генотипа к засухе в условиях осмотического стресса, кратность геномов пшеницы, сравнительный анализ современных и стародавних сортов, технологии термокастрации, установление реакции генотипа на воздействие поллютантов

Ключевые слова: ПЫЛЬЦЕВОЙ АНАЛИЗ, ПЫЛЬЦЕВЫЕ ЗЕРНА, ФЕРТИЛЬНОСТЬ, СТЕРИЛЬНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, СЕЛЕКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС

Keywords: POLLEN ANALYSIS, POLLEN GRAINS, FERTILITY, POLLEN STERILITY, WINTER WHEAT, BREEDING PROCESS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-165-016>

Продуктивность зерновых культур, в том числе и пшеницы, во многом определяется продолжительностью отдельных фаз вегетации, аттрагирующей способности колоса и вклада его элементов во время налива зерна.

Качество пыльцевых зерен, по мнению ряда авторов (Петрова Л.Р., 1960; Кругловой Н.Н., 2020; Беспаловой Л.А., 2020) является одним из определяющих факторов репродуктивной биологии, поскольку он тесно связан со способностью растений формировать полноценные семена.

Ранее под пыльцевым анализом мы рассматривали характеристики пыльцевого зерна растений, определяющие следующими показателями: фертильность, стерильность, нормальная морфология, аномальная морфологи, жизнеспособность, количество пыльцевых зерен в пыльнике, структурно-архитектонические аномалии (Круглова Н.Н., 2020; Цаценко Л.В., 2012, 2018).

Проведение пыльцевого анализа для каждой сельскохозяйственной культуры имеет свои задачи, поскольку в одних случаях это связано с вопросами адаптации генотипов, продуктивности, устойчивости к факторам среды, гибридной природой исследуемого объекта.

Для озимой пшеницы знания о характеристиках пыльцевого зерна важны по нескольким вопросам: адаптация генотипа к факторам среды,

<http://ej.kubagro.ru/2021/01/pdf/09.pdf>

устойчивость на действие агрохимикатов, изменение типа цветения в процессе селекции, зерновая продуктивность культуры.

В задачу нашего исследования входило проанализировать имеющиеся литературные данные по вопросу пыльцевого анализа у сортов пшеницы с целью понимания спектра использования данного исследования для селекционных задач.

Строение, величина и форма пыльцевых зерен являются систематическим признаками, как отмечала В.А. Поддубная-Арнольди. Пыльцевые зерна стандартного размера являются диагностическим признаком ряда линий и сортов и в этом связи изучение их морфологии может имеет важное как прикладное, так и теоретическое значение. На примере сортов и линий твердой пшеницы были установлены размеры варьирования в пределах 17% и от 36,8 до 44,4 мкм (В.В.Ульянова, 2010), Поскольку у пшеницы в большинстве случаев наблюдается выравнивание по размеру пыльцевых зерен и диапазон варьирования невелик, исследование этого вопроса имеет интерес при анализе гибридных генотипов или форм возникающих спонтанно, или при различных экспериментальных воздействиях.

Пыльцевой анализ использовался при изучении засухоустойчивости яровой твердой пшеницы в условиях осмотического стресса. В данном случае использование пыльцевого анализа при визуальной оценки реакции пыльцевых зерен на воздействие факторов окружающей среды, гаплоидный геном дает возможность проработать большое количество материала и провести раннюю оценки селекционного образца на уровне одного растения. Для анализа использовалась площадь пыльцевого зерна . Установлено в ходе анализа, что внутренняя адаптация генотипов путем индуцирования осмотического регулирования, может служить резервом для повышения засухоустойчивости сортов твердой пшеницы.

Иво Цетл установил с своих исследованиях на 15 сортах пшеницы следующие позиции: объем пыльцевых зерен не кратен увеличению числа хромосом. Генетически разные геномы А, В, D, G влияют также по разному на размеры пыльцевых зерен. Установлено доля влияние каждого генома на размер пыльцевых зерен, согласно расчетам ранжирование геномов выстраивается в следующей позиции: $A(100\%) > B(62\%) > D(29\%) > G(18\%)$. (Cetl I., 1960)

Ранее в работах как отечественных, так и зарубежных авторов внимание уделялось количественным характеристикам пыльцевого зерна, т.е. установлении количества пыльцевых зерен в пыльнике, в цветке, варьирование по сортам, влияние гибридной природы на величину пыльцевого зерна (таблица 1) (Bennett M. D., Hughes W. G., 1972; Farooq M. et al. 2011; Forlani R., 1953; Nguyen V. et al. 2015; Semenov M. A. et al., 2014).

Таблица 1 – Характеристика пыльцевого зерна пшеницы по De Vries A. P., 1971,1974

Признак	Характеристика	Автор
Размер пыльцевых зерен (п.з.)*	38,7– 69,8 мкм 47,3 – 48,59 мкм 50,0–52,0 мкм	Голубинский, 1974
Диаметр п.з.	в длину 25,1–73,1 мкм в ширину 23,2 –64,2 мкм	Forlani, 1953
Диаметр п.з. диплоидных видов, 2n=14	45,8 мкм	
Диаметр п.з. тетраплоидных видов, 2n=28	50,44 мкм	
Диаметр п.з. гексаплоидных видов, 2n=42	58,87 мкм	
Форма п.з.	яйцевидная, широкояйцевидная, эллипсоидальная, шаровидная	
Размер крупной пыльцы	70,1–75,1 мкм	
	450000	Molnar-Lang, 2000
Количество п.з.	С повышением уровня плоидности число п.з. в цветке снижается	Челак, 1986
Количество пыльцы в пыльнике	3000–5000 581– 3867	Тер-Аванесян, 1949 Горин, 1950
Количество пыльцы в пыльнике в среднем по сортам	1000	Goss J, 1968
Количество пыльцы в пыльнике (в условиях теплицы)	1282–1380	
Количество пыльцы в пыльнике (в полевых условиях)	856–1380 тыс. п.з.	
Диплоидные пшеницы	12– 17 тыс. п.з.	
Тетраплоидные пшеницы	7,6 –12,8 тыс. п.з.	Савченко Н.И., Ластович А.С, 1979
Гексаплоидные пшеницы	5,3 –8,7 тыс. п.з.	
Количество пыльцевых зерен для нормального опыления	Не менее 200 шт. на рыльце	
Скорость передвижения п.з.	Пыльцевое зерно легкое, при безветренной погоде скорость передвижения 55–60см/сек.	Lelley, 1966
Крупные пыльцевые зерна	Выявлена положительная корреляция между высотой растений и размером пыльцевых зерен	LangeW, 1976

п.з.*– пыльцевые зерна

Установлено влияние температуры на фертильность пыльцевых зерен, а именно: высокие температуры и сухость почвы могут привести до 98,2 % стерильности у разных сортов пшеницы (Farooq M. et al., 2011).

В последние годы интерес исследователей направлен на скрининг сортов пшеницы разных лет репродукции по фертильности и жизнеспособность пыльцы, как понимание потенциальных возможностей репродуктивной биологии исследуемых генотипов. В работах Алимуродова А.С. (2013,2015) проведены исследования перспективных сортов пшеницы и стародавних форм. Получены интересные данные о том, что перспективные и районированные сорта пшеницы обладают более высокой жизнеспособностью пыльцы, величина показателя варьирует от 31,2 до 50,1%, по сравнению со стародавними сортами, произрастающими на территориях, принадлежащих Таджикистану и Афганистану. В исследованиях отмечено также, что стародавние сорта делятся на две группы по жизнеспособности пыльцы: стабильные (22-24%) и с существенным варьированием по годам в пределах 22-37%.

Обсуждается вопрос фертильности пыльцевых зерен. Как показывают исследования многих авторов (Агаев Р.А.-О., 2020; Беспалова Л.А., 2020; Боровик А.Н., 2018; Цаценко Л.В., 2016) фертильность у озимой пшеницы колеблется от 80 до 99%. Даже если наблюдается снижение фертильности (ниже 95%) урожайность не снижается, т.к. это компенсируется за счет продуктивных побегов 2 и 3 порядка.

Уникальное, масштабное исследование было проведено Беспаловой Л.А., Агаевым Р.О. (2020). на большом количестве сортов пшеницы и тритикале. Установлено, что полукарликовые сорта имеют самые крупные пыльцевые зерна по сравнению с другими сортами, также это зависит от Pht гаплотипа, группы морозостойкости и индивидуальных особенностей сорта. Так же морозостойкие сорта пшеницы озимой отличаются мелкими

пыльцевыми зернами, т.к. их физиологическая особенность мелкоклеточность, которая распространяется и на размер пыльцы.

Поддерживать однородность и стабильность сортов при их большом количестве и морфологическом сходстве невозможно. В работе Агаева Р.О. был проведен анализ 23 сортов озимой мягкой пшеницы. Автору удалось в ретроспективе показать как менялся характер цветения в пшеницы. На примере сорта Безостой 1, у которого комбинированный тип цветения с преобладанием хазмогамного типа цветения современный генотип данного сорта показывает открытый тип цветения.

Таблица 2 – Области применения пыльцевого анализа в селекции пшеницы

Признак	Область применения
Величина и форма пыльцевых зерен*	Анализ гибридных генотипов и их продуктивность
Площадь пыльцевых зерен	Установление адаптации генотипа к засухе в условиях осмотического стресса
Объем пыльцевых зерен	Кратность геномов пшеницы
Размер пыльцевых зерен	Тип сорта (пример:крупные п.з. у полукарликовых сортов)
Фертильность пыльцевых зерен	Прямая зависимость от температуры, влияние генотипа
Жизнеспособность пыльцевых зерен	Сравнительный анализ современных и стародавних сортов
Фертильность пыльцевых зерен	Технологии термокастрации
Стерильность пыльцевых зерен	Установление реакции генотипа на воздействие поллютантов

* п.з.– пыльцевые зерна

Как видно из данных таблицы 2 применения пыльцевого анализа охватывает несколько спектров реакции генотипа на воздействие факторов среды, агрохимикатов, технологий селекционного процесса.

В меняющихся условиях важным представляются вопросы скрининга и мониторинга пыльцевой продуктивности сортов, взаимосвязь с зерновой

продуктивностью, типом цветения и чистоты семенного материала в семеноводческих посевах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаев Р.А.-О. Посевные и урожайные свойства семян пшеницы мягкой озимой в зависимости от зоны репродукции / Р.А.-О. Агаев, Л.А. Беспалова, Е.В. Агаева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №03(157). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/03/pdf/23.pdf>, 0,750 у.п.л.
2. Алимуродов А.С. Цитоэмбриологический анализ низкой жизнеспособности мужских и женских гаметофитов у гибридов при межвидовой и межродовой гибридизации / А.С. Алимуродов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2013. – №. 1-3. – С. 220-225.
3. Алимуродов А.С. Жизнеспособность и фертильность пыльцы стародавних, районированных и перспективных сортов пшеницы / А.С. Алимуродов // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – №. 4. – С. 13-17.
4. Беспалова Л.А. Морфологические особенности пыльцы у сортов пшеницы и тритикале селекции НИЦЗ им. П.П. Лукьяненко / Л.А. Беспалова, Р.А.-О. Агаев, Е.В. Агаева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №03(157). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/03/pdf/24.pdf>
5. Боровик А.Н. Термокастрация – как метод гаметной селекции на повышение адаптивности / А. Н. Боровик, Л.А. Беспалова // Зерновое хозяйство России. – 2018. – №. 1. – С. 27-36.
6. Козлова Е.В. Качество пыльцы как индикаторный признак последствий гербицидов у культурных растений / Е.В. Козлова, О.В. Злотникова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 11. – С 132–136.
7. Круглова Н.Н. Оценка качества пыльцевых зерен цветковых растений (обзор) / Н.Н. Круглова // Бюллетень ГБНС. –2020. – Вып.135. – С.50-56.
8. Петрова Л.Р. Общие черты мега-и микроспорогенеза пшеницы, выращенной при охлаждении и без охлаждения корневой системы / Л.Р. Петрова // Труды Карельского филиала Академии наук СССР. Вып. XXVIII. –1960. –С.59-68.
9. Цаценко Л.В. Визуальное фенотипирование в селекции растений / Л.В. Цаценко, Д.Л. Савиченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №04(128). С. 1039 – 1051. – IDA [article ID]: 1281704071. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/71.pdf>
10. Цаценко Л.В. Изучение репродуктивного потенциала растений мягкой пшеницы сорта Безостая 1 имеющих дополнительные колоски на уступе колосового стержня / Л.В. Цаценко, С.С. Кошкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №06(120). С. 664 – 674. – IDA [article ID]: 1201606046. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/46.pdf>

11. Цаценко Л.В. Метод пыльцевой оценки в селекционной практике сельскохозяйственных растений / Л.В. Цаценко, Д.Л. Савиченко // Труды КубГАУ, 2018.–№5 –С.51-58. <http://proceedings.kubsau.ru/issue/2018/7>
12. Цаценко Л.В. Пыльцевой анализ в селекции растений / Л.В. Цаценко, А.С. Синельникова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №03(077). С. 88 – 98. – Шифр Информрегистра: 0421200012\0182, IDA [article ID]: 0771203009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/09.pdf>
13. Ульянова В. В. Сравнительный анализ размеров пыльцевых зерен разных линий и сортов твердой пшеницы / В.В. Ульянова //Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. – 2010. – №. 9.–С.34-39.
14. Bennett M. D. Additional mitosis in wheat pollen induced by Ethrel / M.D. Bennett, W.G. Hughes // Nature. – 1972. – Т. 240. – №. 5383. – С. 566-568.
15. Beri S. M. Factors affecting pollen shedding capacity in wheat / S.M. Beri, S.C. Anand // Euphytica. – 1971. – Т. 20. – №. 2. – С. 327-332.
16. Bonet F. J. Structural changes during early embryogenesis in wheat pollen / F.J. Bonet, A. Olmedilla // Protoplasma. – 2000. – Т. 211. – №. 1-2. – С. 94-102.
17. Cetl I. The size of pollen grain of the genus Triticum L / I. Cetl //Biologia Plantarum. – 1960. – Т. 2. – №. 4. – С. 287.
18. De Vries A. P. Flowering biology of wheat, particularly in view of hybrid seed production—a review / A.P. De Vries // Euphytica. – 1971. – Т. 20. – №. 2. – С. 152-170.
19. De Vries A. P. Some aspects of cross-pollination in wheat (*Triticum aestivum* L.). 3. Anther length and number of pollen grains per anther / A.P. De Vries // Euphytica. – 1974. – Т. 23. – №. 1. – С. 11-19.
20. Farooq M. et al. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases / M. Farooq et al. // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2011. – Т. 30. – №. 6. – С. 491-507.
21. Forlani R. Observations on some artificial allopolyploids with particular reference to the size of pollen grain / R. Forlani // Gen.Agr. – 1953 -N 3.– P. 264-272.
22. Goss J. A. Development, physiology, and biochemistry of corn and wheat pollen / J.A. Goss // The botanical review. – 1968. – Т. 34. – №. 3. – С. 333-359.
23. Lange W. The crossing of common wheat (*Triticum aestivum* L.) with cultivated rye (*Secale cereale* L.). I. Crossability, pollen grain germination and pollen tube growth / W. Lange, B. Wojciechowska // Euphytica. – 1976. – Т. 25. – №. 1. – С. 609-620.
24. Nguyen V. et al. Addition of rye chromosome 4R to wheat increases anther length and pollen grain number / V. Nguyen et al. // Theoretical and applied genetics. – 2015. – Т. 128. – №. 5. – С. 953-964.
25. Semenov M. A. et al. Adapting wheat in Europe for climate change / M.A. Semenov et al. // Journal of cereal science. – 2014. – Т. 59. – №. 3. – С. 245-256.
26. Sun Y. Pollen surface sculpture of wheat, rice, maize and five Sorghum species / Y. Sun, G.H. Liang // Cytologia. – 1991. – Т. 56. – №. 4. – С. 659-664.

REFERENCES

1. Agaev R.A.-O. Posevnye i urozhajnye svojstva semjan pshenicy mjagkoj ozimoj v zavisimosti ot zony reproducirovanija / R.A.-O. Agaev, L.A. Bepalova, E.V. Agaeva // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). – Krasnodar: KubGAU, 2020. – No03(157). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2020/03/pdf/23.pdf>, 0,750 u.p.l.

2. Alimurodov A.S. Citojembriologicheskij analiz nizkoj zhiznesposobnosti muzhskih i zhenskikh gametofitov u gibridov pri mezhvidovoj i mezhrodovoj gibridizacii / A.S. Alimurodov // Vestnik Tadzhijskogo nacional'nogo universiteta. Serija estestvennyh nauk. – 2013. – №. 1-3. – S. 220-225.

3. Alimurodov A.S. Zhiznesposobnost' i fertil'nost' pyl'cy starodavnyh, rajonirovannyh i perspektivnyh sortov pshenicy / A.S. Alimurodov // Doklady Tadzhijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. – 2015. – №. 4. – S. 13-17.

4. Bepalova L.A. Morfologicheskie osobennosti pyl'cy u sortov pshenicy i tritikale selekcii NCZ im. P.P. Luk'janenko / L.A. Bepalova, R.A.-O. Agaev, E.V. Agaeva // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). – Krasnodar: KubGAU, 2020. – No03(157). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2020/03/pdf/24.pdf>

5. Borovik A.N. Termokastracija – kak metod gametnoj selekcii na povysenie adaptivnosti / A. N. Borovik, L.A. Bepalova // Zernovoe hozjajstvo Rossii. – 2018. – №. 1. – S. 27-36.

6. Kozlova E.V. Kachestvo pyl'cy kak indikatornyj priznak posledejstvija gerbicidov u kul'turnyh rastenij / E.V. Kozlova, O.V. Zlotnikova // Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – №. 11. – S 132–136.

7. Kruglova N.N. Ocenka kachestva pyl'cevyh zeren cvetkovykh rastenij (obzor) / N.N. Kruglova // Bjulleten' GBNS. –2020. – Vyp.135. – S.50-56.

8. Petrova L.R. Obshhie cherty mega-i mikrosporogeneza pshenicy, vyrashhennoj pri ohlazhdenii i bez ohlazhdenija kornevoj sistemy / L.R. Petrova // Trudy Karel'skogo filiala Akademii nauk SSSR. Vyp.XXVIII. –1960. –S.59-68.

9. Cacenko L.V. Vizual'noe fenotipirovanie v selekcii rastenij / L.V. Cacenko, D.L. Savichenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №04(128). S. 1039 – 1051. – IDA [article ID]: 1281704071. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/71.pdf>

10. Cacenko L.V. Izuchenie reproduktivnogo potenciala rastenij mjagkoj pshenicy sorta Bezostaja 1 imejushhih dopolnitel'nye koloski na ustupe kolosovogo sterzhnja / L.V. Cacenko, S.S. Koshkin // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №06(120). S. 664 – 674. – IDA [article ID]: 1201606046. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/46.pdf>

11. Cacenko L.V. Metod pyl'cevoj ocenki v selekcionnoj praktike sel'skohozjajstvennyh rastenij / L.V. Cacenko, D.L. Savichenko // Trudy KubGAU, 2018.– №5 –S.51-58. <http://proceedings.kubsau.ru/issue/2018/7>

12. Cacenko L.V. Pyl'cevoj analiz v selekcii rastenij / L.V. Cacenko, A.S. Sinel'nikova // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №03(077). S. 88 – 98. – Shifr Informregistra: 0421200012\0182, IDA [article ID]: 0771203009. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/09.pdf>

13. Ul'janova V. V. Sravnitel'nyj analiz razmerov pyl'cevyh zeren raznyh linij i sortov tverdoj pshenicy / V.V. Ul'janova //Bjulleten' Botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2010. – №. 9.–S.34-39.

14. Bennett M. D. Additional mitosis in wheat pollen induced by Ethrel / M.D. Bennett, W.G. Hughes // Nature. – 1972. – T. 240. – №. 5383. – S. 566-568.

15. Beri S. M. Factors affecting pollen shedding capacity in wheat / S.M. Beri, S.C. Anand // Euphytica. – 1971. – T. 20. – №. 2. – S. 327-332.

16. Bonet F. J. Structural changes during early embryogenesis in wheat pollen / F.J. Bonet, A. Olmedilla // *Protoplasma*. – 2000. – Т. 211. – №. 1-2. – S. 94-102.
17. Cetl I. The size of pollen grain of the genus *Triticum* L / I. Cetl // *Biologia Plantarum*. – 1960. – Т. 2. – №. 4. – S. 287.
18. De Vries A. P. Flowering biology of wheat, particularly in view of hybrid seed production—a review / A.P. De Vries // *Euphytica*. – 1971. – Т. 20. – №. 2. – S. 152-170.
19. De Vries A. P. Some aspects of cross-pollination in wheat (*Triticum aestivum* L.). 3. Anther length and number of pollen grains per anther / A.P. De Vries // *Euphytica*. – 1974. – Т. 23. – №. 1. – S. 11-19.
20. Farooq M. et al. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases / M. Farooq et al. // *Critical Reviews in Plant Sciences*. – 2011. – Т. 30. – №. 6. – S. 491-507.
21. Forlani R. Observations on some artificial allopolyploids with particular reference to the size of pollen grain / R. Forlani // *Gen.Agr.* – 1953 -N 3.– P. 264-272.
22. Goss J. A. Development, physiology, and biochemistry of corn and wheat pollen / J.A. Goss // *The botanical review*. – 1968. – Т. 34. – №. 3. – S. 333-359.
23. Lange W. The crossing of common wheat (*Triticum aestivum* L.) with cultivated rye (*Secale cereale* L.). I. Crossability, pollen grain germination and pollen tube growth / W. Lange, B. Wojciechowska // *Euphytica*. – 1976. – Т. 25. – №. 1. – S. 609-620.
24. Nguyen V. et al. Addition of rye chromosome 4R to wheat increases anther length and pollen grain number / V. Nguyen et al. // *Theoretical and applied genetics*. – 2015. – Т. 128. – №. 5. – S. 953-964.
25. Semenov M. A. et al. Adapting wheat in Europe for climate change / M.A. Semenov et al. // *Journal of cereal science*. – 2014. – Т. 59. – №. 3. – S. 245-256.
26. Sun Y. Pollen surface sculpture of wheat, rice, maize and five *Sorghum* species / Y. Sun, G.H. Liang // *Cytologia*. – 1991. – Т. 56. – №. 4. – S. 659-664.