

Научная статья/Research Article

УДК 633.491

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-12-19

Татьяна Владимировна Зубкова^{1✉}, Дмитрий Валериевич Виноградов²

¹Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец, Липецкая область, Россия

²Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Рязань, Россия

¹ZubkovaTanua@yandex.ru

²vdv-rz@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЫЛЬЦЫ *BRASSICA NAPUS*²

Цель исследований – сравнительное изучение морфометрических характеристик пыльцы Brassica napus, выращенной на вариантах с различным уровнем питания, и выявление особенностей формирования продуктивности ярового рапса. Выявлено влияние органических удобрений и природного цеолита на морфобиологические характеристики и продуктивность ярового рапса. Работа проведена в течение 2018–2020 гг. на опытном поле Елецкого государственного университета имени Бунина. Также предложены морфологические характеристики пыльцы Brassica napus (полярная ось, экваториальный диаметр, индекс формы, рисунок перфорации экзинов и периметр зон перфорации), которые были исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии JEOL JSM-6390. Показано, что пыльцевые зерна Brassica napus имели продолговато-эллипсоидную форму. При полярном взгляде пыльцевые зерна были круглыми с прямыми сторонами, при экваториальном взгляде – эллиптическими. Для экваториальной оси среди применений удобрений коэффициент вариации варьировался от 8,47 до 12,01 % по сравнению с контролем (18,35 %). Для периметра внешней перфорации пыльцевых зерен минимальные значения варьировались от 1,68 до 1,95 мкм, в то время как максимальные значения варьировались от 4,34 до 7,12 мкм по сравнению с контролем (1,34; 5,68 мкм). Индекс формы пыльцевых зерен Brassica napus варьировал от 1,96 до 2,07 по сравнению с контролем (2,03). В целом при использовании органического удобрения и цеолита морфометрические параметры пыльцевых зерен были значительно улучшены.

Ключевые слова: яровой рапс, микроморфология, пыльцевые зерна, аналитическая сканирующая электронная микроскопия

Для цитирования: Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Влияние органических удобрений и природного цеолита на морфометрические характеристики пыльцы *Brassica napus* // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2. С. 12–19. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-12-19.

Tatyana Vladimirovna Zubkova^{1✉}, Dmitry Valerievich Vinogradov²

¹Yelets State University name after I.A. Bunin, Yelets, Lipetsk region, Russia

²Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ZubkovaTanua@yandex.ru

²vdv-rz@rambler.ru

ORGANIC FERTILIZERS AND NATURAL ZEOLITE INFLUENCE ON THE *BRASSICA NAPUS* POLLEN MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS

The purpose of research is a comparative study of the morphometric characteristics of Brassica napus pollen grown on variants with different levels of nutrition, and the identification of features of the formation of spring rapeseed productivity. The influence of organic fertilizers and natural zeolite on the morphobiological characteristics and productivity of spring rapeseed was revealed. The work was carried

out during 2018–2020 on the experimental field of Yelets State University named after Bunin. Morphological characteristics of *Brassica napus* pollen (polar axis, equatorial diameter, shape index, exine perforation pattern, and perimeter of perforation zones) were also proposed, which were studied using JEOL JSM-6390 scanning electron microscopy. It was shown that the pollen grains of *Brassica napus* had an oblong-ellipsoid shape. Pollen grains were round with straight sides in polar view, elliptical in equatorial view. For the equatorial axis among fertilizer applications, the coefficient of variation ranged from 8.47 to 12.01 % compared to the control (18.35 %). For the outer perforation perimeter of pollen grains, the minimum values ranged from 1.68 to 1.95 μm , while the maximum values ranged from 4.34 to 7.12 μm compared to the control (1.34; 5.68 μm). The pollen grain shape index of *Brassica napus* varied from 1.96 to 2.07 compared to the control (2.03). In general, when using organic fertilizer and zeolite, the morphometric parameters of pollen grains were significantly improved.

Keywords: spring rapeseed, micromorphology, pollen grains, analytical scanning electron microscopy

For citation: Zubkova T.V., Vinogradov D.V. Organic fertilizers and natural zeolite influence on the *Brassica napus* pollen morphometric characteristics // Bulliten KrasSAU. 2023;(2):12–19. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-12-19.

Введение. В течение последних двух десятилетий мировое производство рапса (*Brassica napus* L.) стабильно росло. Основными производителями являются Китай, Индия, Канада и ЕС. Климатические условия России позволяют выращивать рапс во всех регионах. Урожайность рапса привлекала селекционеров на протяжении многих лет. Развитие семян требует постоянного совершенствования технологии выращивания этой культуры в конкретных климатических условиях с учетом особенностей породы и реакций различных технологических элементов, включая как минеральные, так и органические удобрения.

Исследования показывают [1, 2], что наибольшее влияние на продуктивность семян рапса оказывает норма азотных удобрений, предшественник и тип удобрения, а также взаимодействие между этими факторами. Природно-климатические условия центрально-европейской части России благоприятны для выращивания не только раннеспелых генотипов, но и средне-ранних сортов и гибридов рапса, поскольку сумма активных температур составляет 2200–2350 °С при осадках в 510–560 мм.

Многочисленные исследования доказали хорошую отзывчивость сельскохозяйственных культур, в том числе ярового рапса, для получения высокого урожая семян хорошего качества. Внесение удобрений и применение биопрепаратов на плодородных почвах, таких как чернозем, урожайность ярового рапса, может достигать 3,0 т/га и более. Рапс может обеспечить хороший урожай и высококачественные семена при благоприятных условиях выращивания, и роль каждого агротехнического приема в выращивании семян при различных севооборотах жиз-

ненно важна. Основной причиной колебаний урожая является изменение погодных условий в течение вегетационного периода [3–5].

Яровой рапс, в отличие от других зерновых культур, потребляет в 1,5–2,0 раза больше макро- и микроэлементов в течение вегетационного периода, что может быть основной причиной дороговизны растительного масла. Тенденция улучшения качества растительных масел в последнее время обусловлена не только исходным масличным сырьем, но и использованием новейших технологий, внедренных в области нового маслоэкстракционного оборудования и технологии уборки масличных культур [6].

Органические отходы животноводства признаны ценным источником химических веществ для питания растений в системах земледелия и играют определенную роль в улучшении почвы с использованием органических веществ. Поэтому в настоящее время важно дальнейшее развитие технологий возделывания рапса с использованием органических и минеральных удобрений. Применение удобрений на основе цеолита в технологиях производства масличных культур, в том числе при производстве ярового рапса, способствует повышению урожайности и качества семян. Увеличение масличного сырья за счет использования цеолитсодержащего материала происходит за счет аморфного кремния, входящего в состав минеральных удобрений, который активно и быстро усваивается живыми организмами, и в первую очередь растениями.

Кремний, как элемент живой системы, является важным макроэлементом, который играет существенную роль в росте и развитии организма растения. Кремний способствует активному усвоению кальция и фосфора, что стимулирует раз-

витие роста растений и созревание семян. Применение цеолитсодержащих удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур повышает зимостойкость растений, устойчивость к вредителям, болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды. Кремний способствует усвоению витаминов А, С, Е и играет роль антиоксиданта. Этот активный элемент является водорастворимым веществом, эффективно поглощаемым ризосферой растений.

Пыльцевое зерно *Brassica napus* рассматривается с точки зрения описательной палинологии. Реакция пыльцы на различные условия окружающей среды изучена слабо у данных растений. В ЦФО России фаза цветения ярового рапса приходится на конец июня и начало июля, что часто коррелирует с неблагоприятными погодными условиями.

Влияние удобрений на морфологию пыльцевых зерен *Brassica napus* ранее не изучено, в связи с чем настоящее исследование весьма своевременно и актуально.

Цель исследований – провести сравнительное изучение морфометрических характеристик пыльцы *Brassica napus*, выращенной на вариантах с различным уровнем питания.

Задачи: изучить строение пыльцевых зерен *Brassica napus* в разных положениях, размеры полярной оси и экваториального диаметра пыльцевых зерен, морфометрические характеристики растений ярового рапса в зависимости от варианта исследований.

Объекты и методы. Эксперимент в агроценозах ярового рапса по выявлению эффективности минеральных, органических удобрений и природного цеолита проводился в 2018–2020 гг. в Елецком государственном университете имени Бунина. Полевые исследования проведены согласно методике опытного дела в изложении Б.А. Доспехова [7].

Варианты исследований: 1) контроль; 2) НРК 60:60:60; 3) куриный помет (10 т/га); 4) НРК 60:60:60 + цеолит (5 т/га); 5) куриный помет (10 т /га) + цеолит (5 т/га). Объект исследований – яровой рапс сорта Риф.

Указанный сорт рапса создан путем гибридизации двух сортов, то есть Рубежа и Магнума. Сорт рапса Риф является высокоурожайным,

устойчивым к болезням и характеризуется отсутствием эруковой кислоты в семенах. Высота растения достигает 120 см, масса 1000 семян 2,8–3,5 г.

Пыльцевые зерна собирали механически в состоянии бутона с цветков растений рапса, выращенных по вариантам опыта. Для тщательного изучения морфологии пыльцевых зерен были взяты образцы со зрелых цветков. Пыльцевые зерна предварительно высушивали при температуре 30–40 °С, аккуратно растирали пестиком до образования адгезии и наносили на специальный углеродный скотч, размещенный на предметном столе сканирующего электронного микроскопа с помощью тонкого металлического распределительного стержня.

Микроизображения сделаны на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6390. Сравнительное морфологическое изучение пыльцевых зерен проводилось в соответствии с правилами работы на сканирующем электронном микроскопе (SEM) JEOL JSM-6390/LV (JEOL, Япония) в условиях низкого вакуума (P = 60 Па) со следующим увеличением: 500 раз – во время измерений, 1000–10000 раз – во время фотографирования особенностей скульптуры эскины. Характеристика пыльцевых зерен была рассчитана с использованием программы STIMAN для SEM.

Результаты и их обсуждение. Морфология пыльцевых зерен показала, что пыльцевые зерна *Brassica napus* были радиально симметричными, изополярными. Три составных отверстия были расположены в соответствии с распределением на равном расстоянии. Размер, форма пыльцевых зерен и количество отверстий показаны на рисунке 1. Форма пыльцевых зерен продолговато-эллипсоидальная (рис. 1, а–г). Отверстия были длинными, а при полярном взгляде пыльцевые зерна были круглыми, с прямыми сторонами (рис. 1, д, е). На полученных снимках видно, что пыльцевых зерен было 3 штуки. Кольпы с ровными краями и заостренными или затупленными концами почти сходятся на полюсах (рис. 1, д, е). Была обнаружена 4-кольповая пыльца (рис. 1, д), такое явление названо гетероморфизмом пыльцы [8].

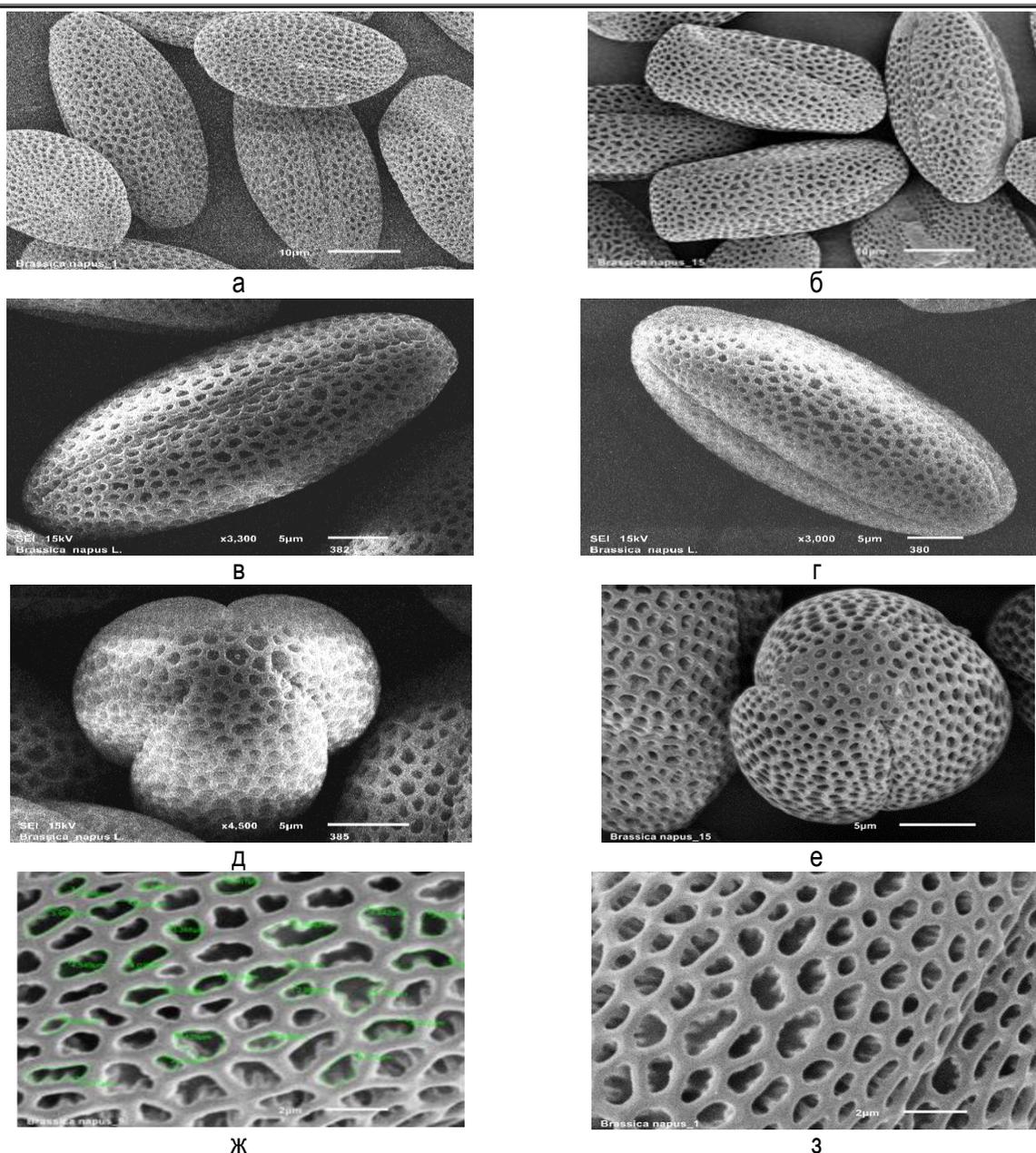


Рис. 1. Пыльцевые зерна *Brassica napus* в разных положениях:
 а, б, в, г – общий вид пыльцы; д, е – вид с полюса; ж – орнаментация пыльцы спородермы;
 з – пример измерения периметра формы перфорации экзины

Гетероморфизм пыльцевых зерен был обнаружен только в вариантах с внесением куриного помета (10 т/га) + цеолита (5 т/га). Установлено, что в этом варианте растения рапса развивались более интенсивно даже на первых стадиях онтогенеза и характеризовался он максимальной урожайностью семян ярового рапса.

Орнамент из пыльцы был сетчатым. Полученные электронные фотографии соответствовали палинологической базе данных и результатам микроструктуры пыльцы *Brassica napus* и гибридов *Brassica oleracea* и *Brassica campestris*, предоставленных в предыдущем исследовании

[9]. Важной морфологической характеристикой является размер пыльцевых зерен. Длина полярной оси (P) пыльцы семян рапса, выращенной в различных агроэкологических условиях, показана на рисунке 2.

В вариантах с минеральным удобрением (NPK 60:60:60) и куриным пометом (10 т /га) размер полярной оси был ниже, чем в контроле. Обработка минеральным удобрением (NPK 60:60:60) + цеолитом (5 т /га) и куриным пометом (10 т /га) с цеолитом (5 т /га) была выше, обеспечивала увеличение полярной оси относительно контроля.

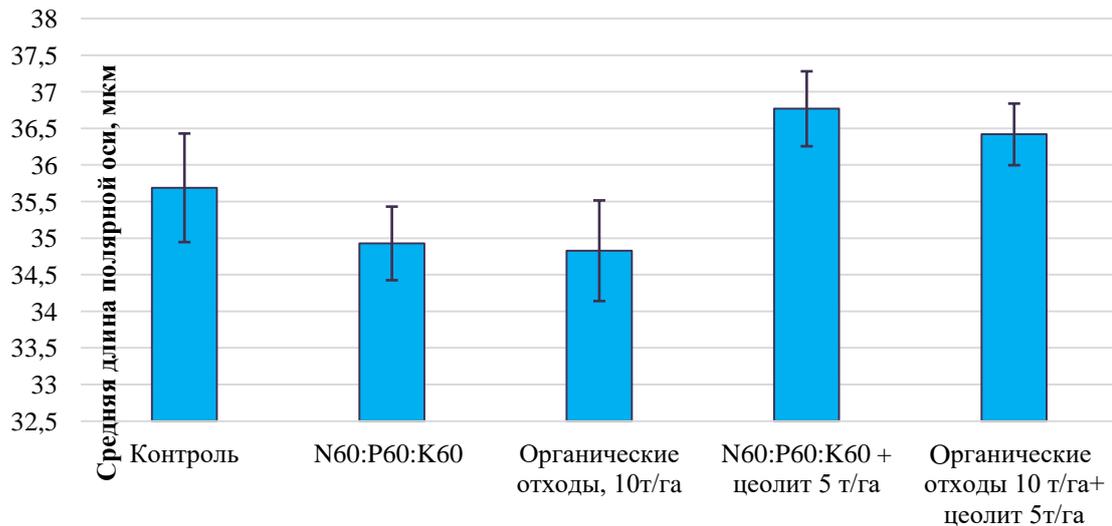


Рис. 2. Размеры полярной оси пыльцевых зерен ярового рапса сорта Риф; вертикальные линии – стандартное отклонение ($\pm SD$) пятидесяти независимых экспериментов

Пределы изменения полярной оси пыльцевого зерна зависят от типа обработки. При применении четырех обработок удобрениями для полярной оси пыльцевых зерен минимальные значения варьировались от 24,59 мкм (куриный помет (10 т/га)) до 27,76 мкм (куриный помет

(10 т/га) + цеолит (5 т/га)), в то время как максимальные показания составили от 40,13 мкм (куриный помет (10 т/га)) до 42,12 мкм (NPK 60:60:60 + цеолит (5 т/га)) по сравнению с контролем (21,56; 41,52 мкм)) (табл.).

Морфометрические характеристики растений ярового рапса, Сорт Риф (n = 200), мкм

Морфометрический показатель	Вариант				
	NPK (60:60:60)	Органические отходы, 10 т/га	NPK (60:60:60) + цеолит 5 т/га	Органические отходы 10 т/га + цеолит 5 т/га	Контроль
Полярная ось (P)					
Min	24,59 \pm 0,14	24,59 \pm 0,21	26,81 \pm 0,22	27,76 \pm 0,15	21,56 \pm 0,11
Max	41,63 \pm 0,22	40,13 \pm 0,35	42,12 \pm 0,33	41,04 \pm 0,28	41,52 \pm 0,21
CV, %	11,28	14,10	9,95	8,86	14,85
Экваториальная ось (E)					
Min	11,61 \pm 0,12	13,93 \pm 0,11	14,44 \pm 0,12	15,63 \pm 0,11	13,63 \pm 0,11
Max	19,74 \pm 0,13	20,62 \pm 0,14	20,56 \pm 0,16	23,96 \pm 0,13	21,88 \pm 0,21
CV, %	10,17	12,01	8,85	8,47	18,35
Периметр внешней перфорации					
Min	1,95 \pm 0,69	1,91 \pm 0,38	1,68 \pm 0,44	1,68 \pm 0,28	1,34 \pm 0,50
Max	7,13 \pm 0,62	4,34 \pm 0,42	5,18 \pm 0,26	5,18 \pm 0,41	5,68 \pm 0,71
CV, %	32,40	33,19	25,31	24,48	34,78
Индекс формы (SI) пыльцевого зерна (P/E)					
SI	2,03	2,11	1,96	2,07	2,02

Коэффициент вариации CV для всех применений удобрений колебался от 8,86 до 14,10 % по сравнению с контролем (14,85 %) для полярной оси пыльцевых зерен. В вариантах, где вносили NPK 60:60:60 + цеолит 5 т/га и куриный помет 10 т/га + цеолит 5 т/га наблюдалась тенденция к увеличению полярной оси пыльцевых зерен и снижению коэффициента вариации. Аналогичная закономерность наблюдалась и в размере экваториальной оси пыльцевых зерен. Для экваториальной оси пыльцевых зерен минимальные значения варьировались от 11,61 мкм (NPK 60:60:60) до 15,63 мкм (куриный помет (10 т/га) + цеолит (5 т/га)), в то время как диапазон максимальных значений составлял от 19,74 мкм (NPK 60:60:60) до 23,96 мкм (куриный помет (10 т/га) + цеолит (5 т/га)) по сравнению с контролем (13,63; 21,88 мкм).

Для экваториальной оси среди всех применений удобрений коэффициент вариации варьировался от 8,47 до 12,01 % по сравнению с контролем (18,35 %). Наши исследования согласуются с ранее проведенными, в которых отмечается влияние обработки растений органическими материалами, а именно наноразмерным кальцитом и экстрактом морских водорослей, на незначительные изменения длин полярной и экваториальной осей пыльцы винограда в направлении увеличения [10].

Для периметра внешней перфорации пыльцевых зерен минимальные значения варьировались от 1,68 мкм (NPK 60:60:60 + цеолит (5 т/га), куриный помет (10 т/га) + цеолит (5 т/га)) до 1,95 мкм (NPK 60:60:60), в то время как максимальные значения варьировались от 4,34 мкм (куриный помет (10 т/га)) до 7,12 мкм (NPK 60:60:60) по сравнению с контролем (1,34; 5,68 мкм). Среди применений удобрений коэффициент вариации варьировался от 24,48 до 33,19 % по сравнению с контролем (34,78 %) для периметра внешней перфорации. Индекс формы (SI) пыльцевых зерен зависит от параметров полярной (P) и экваториальной (E) осей. Индекс формы пыльцевых зерен исследуемых видов рапса варьировал от 1,96 (куриный помет (10 т/га)) до 2,07 (NPK 60:60:60 + цеолит (5 т/га)) по сравнению с контролем (2,03). Пыльца ярового рапса характеризуется высокой степенью перфорации экзины. Пыльца, окруженная скульптурной стеной экзины, играет важную роль в защите ее от различных воздействий окружающей среды и бактериальных атак. Этому также способствуют благоприятные абиотические условия, такие как дополнительная вода и питательные вещества для растений [11].

Дисперсионный анализ подтвердил значительные различия между размерами пыльцевых зерен (рис. 3).

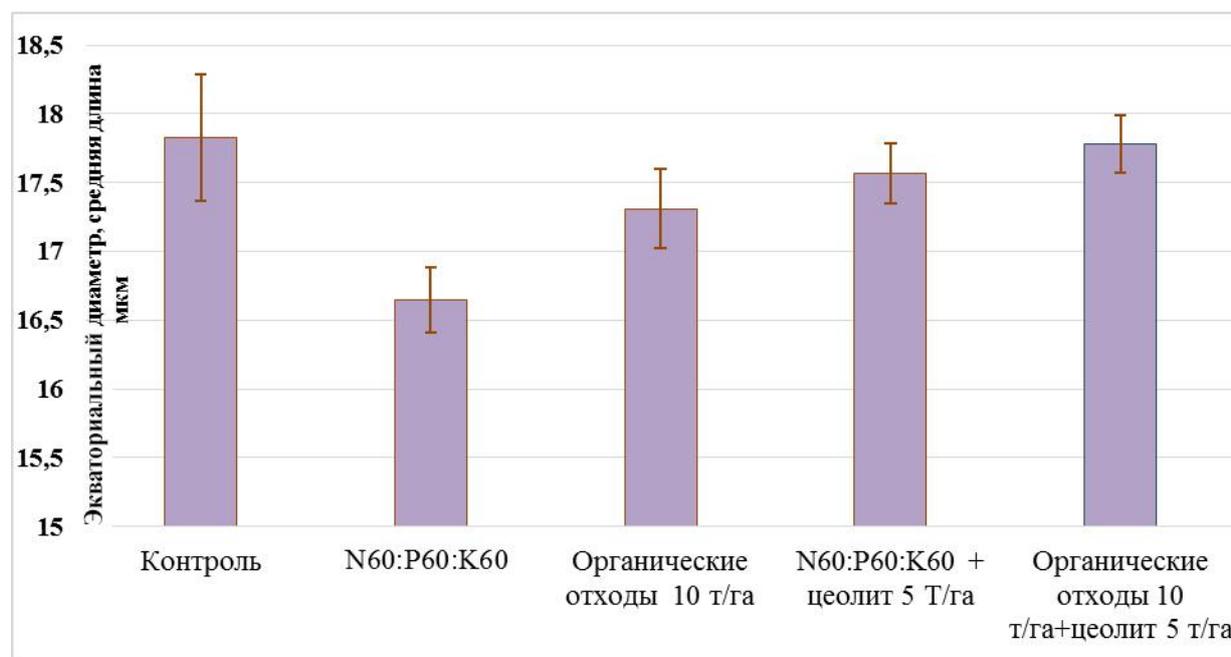


Рис. 3. Размеры экваториального диаметра пыльцевых зерен ярового рапса сорта Риф; вертикальные линии – стандартное отклонение ($\pm SD$) пятидесяти независимых экспериментов

В пыльцевых зернах наблюдаемые морфометрические изменения могут быть связаны с изменением метаболизма растений в зависимости от различных вариантов. Хорошо известно, что производство растительной биомассы является важным показателем для оценки устойчивости растений к стрессовым условиям. Сбалансированный микроэлементный состав обеспечивает полноценные физиологические процессы в растениях, способствует повышению урожайности и качества готовой продукции. Бор, молибден, марганец, цинк и медь являются жизненно важными микроэлементами для посевов рапса. Предыдущие исследования также подтвердили и доказали, что в вариантах, где растения были обеспечены микроэлементами, их развитие было более активным по сравнению с контролем.

Насыщение растений молибденом произошло за счет внесения в удобрения природного минерала, среднее содержание которого в смесях составляло 3,04 мас. %. Молибден как один из микроэлементов, необходимых растениям в очень небольших количествах для нормального роста, также, как было доказано, улучшает параметры роста у различных культурных растений, таких как *Helianthus annuus* L. [12], *Brassica napus* L. и др. Сообщается, что дефицит молибдена оказывает значительное влияние на образование пыльцевых зерен в кукурузе, а пыльцевые зерна были меньше и не содержали крахмала. Действительно, микроскопические исследования выявили увеличение размера пыльцевых зерен при применении NPK 60:60:60 + цеолит (5 т/га) и куриный помет (10 т/га) + цеолит (5 т/га).

Заключение. Морфологические характеристики пыльцевых зерен рапса (*Brassica napus* L.), то есть полярная ось, экваториальный диаметр, индекс формы, характер перфорации экзинов и периметр зон перфорации, были подробно исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии. В вариантах семян рапса, выращенных в контроле и с минеральными удобрениями, различия между этими показателями не были существенными. Однако в вариантах с применением органического удобрения и цеолита изменения морфометрических параметров пыльцы существенно различались. Пыльца рапса характеризуется высокой степенью перфорации экзины. Наибольшее влияние применения цеолита и куриного помета было зафиксировано

по периметру зон перфорации экзины. Таким образом, было установлено влияние цеолита и куриного помета на морфометрические параметры пыльцевых зерен рапса.

Список источников

1. Зубкова Т.В., Виноградов Д.В. Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помета и применение его в технологии ярового рапса на семена // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 46–55.
2. Влияние органоминеральных удобрений на накопление Cu и Zn в растениях ярового рапса / Т.В. Зубкова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9. (174). С. 10–15.
3. Ушаков Р.Н., Виноградов Д.В., Головина Н.А. Физико-химический блок плодородия агросерой почвы // Агрехимический вестник. 2013. № 5. С. 12–13.
4. Фадькин Г.Н., Виноградов Д.В. Зависимость баланса элементов питания в системе «почва-удобрение-растение» от форм азотных удобрений в условиях Нечерноземья // Вестник КрасГАУ. 2015. № 6. С. 13–18.
5. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. № 4. С. 139–148.
6. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник КрасГАУ. 2015. № 7 (106). С. 45–49.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки полевого исследования). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1986. 351 с.
8. The evolution of pollen heteromorphism in *Viola*: A phylogenetic approach / S. Nadot [et al.] // Plant Syst. Evol. 2000. № 223. P. 155–171.
9. Hossain M.M., Inden H., Asahira T. Pollen morphology of interspecific hybrids of *Brassica oleracea* and *B. campestris* // HortSci. 1991. № 25 (1). P. 109–111.
10. Sabir A. Improving pollen quality and germination level of grapes (*Vitis vinifera* L.) by grinding leaves with nanoscale calcite and seaweed extract // JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences. 2015. № 25(6). P. 1599–1605.

11. *Burkle L.A., Irwin R.E.* The effect of nutrient addition on floral patterns and pollination in two subalpine plants, *Ipomopsis aggregata* and *Linum lewisii* // *Plant ecology*. 2009. № 203. P. 83–98.
12. *Skarpa P., Kunzova E., Zupalova H.* Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // *Plant Soil Environ.* 2013. № 59. P. 156–161.
6. *Schur A.V., Vinogradov D.V., Val'ko V.P.* Cellyuloliticeskaya aktivnost' pochv pri razlichnyh urovnayah agrotehnicheskogo vozdejstviya // *Vestnik KrasGAU*. 2015. № 7 (106). S. 45–49.
7. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki polevogo issledovaniya). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1986. 351 s.

References

1. *Zubkova T.V., Vinogradov D.V.* Svoystva organomineral'nogo udobreniya na osnove kurinogo pometa i primeneniye ego v tehnologii yarovogo rapsa na semena // *Vestnik Ul'yanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2021. № 1 (53). S. 46–55.
2. Vliyanie organomineral'nyh udobrenij na nakopleniye Cu i Zn v rasteniyah yarovogo rapsa / *T.V. Zubkova* [i dr.] // *Vestnik KrasGAU*. 2021. № 9. (174). S. 10–15.
3. *Ushakov R.N., Vinogradov D.V., Golovina N.A.* Fiziko-himicheskij blok plodorodiya agroseroj pochvy // *Agrohimicheskij vestnik*. 2013. № 5. S. 12–13.
4. *Fad'kin G.N., Vinogradov D.V.* Zavisimost' balansa `elementov pitaniya v sisteme «pochva-udobrenie-rasteniye» ot form azotnyh udobrenij v usloviyah Nechemozem'ya // *Vestnik KrasGAU*. 2015. № 6. S. 13–18.
5. *Schur A.V., Vinogradov D.V., Val'ko V.P.* Vliyanie razlichnyh urovnej agro`ekologicheskikh nagruzok na biohimicheskie harakteristiki pochvy // *Yug Rossii: `ekologiya, razvitie*. 2016. T. 11. № 4. S. 139–148.
8. The evolution of pollen heteromorphism in *Viola*: A phylogenetic approach / *S. Nadot* [et al.] // *Plant Syst. Evol.* 2000. № 223. P. 155–171.
9. *Hossain M.M., Inden H., Asahira T.* Pollen morphology of interspecific hybrids of *Brassica oleracea* and *B. campestris* // *HortSci*. 1991. № 25 (1). P. 109–111.
10. *Sabir A.* Improving pollen quality and germination level of grapes (*Vitis vinifera* L.) by grinding leaves with nanoscale calcite and seaweed extract // *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*. 2015. № 25(6). P. 1599–1605.
11. *Burkle L.A., Irwin R.E.* The effect of nutrient addition on floral patterns and pollination in two subalpine plants, *Ipomopsis aggregata* and *Linum lewisii* // *Plant ecology*. 2009. № 203. P. 83–98.
12. *Skarpa P., Kunzova E., Zupalova H.* Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // *Plant Soil Environ.* 2013. № 59. P. 156–161.

Статья принята к публикации 14.04.2022 / The article accepted for publication 14.04.2022.

Информация об авторах:

Татьяна Владимировна Зубкова¹, заведующая кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Дмитрий Валериевич Виноградов², заведующий кафедрой агрономии и агротехнологий, доктор биологических наук, профессор

Information about the authors:

Tatyana Vladimirovna Zubkova¹, Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Dmitry Valerievich Vinogradov², Head of the Department of Agronomy and Agrotechnologies, Doctor of Biological Sciences, Professor