Научная статья
УДК 631.547.03:631.559.2
doi:10.35694/YARCX.2022.60.4.007

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРЕДПОСЕВНОГО УВЛАЖНЕНИЯ СЕМЯН КУКУРУЗЫ

Федор Александрович Киприянов[1], Петр Алексеевич Савиных[2]
[1]Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина, Вологда-Молочное, Россия
[2]Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, Киров, Россия
[1]kipriyanovfa@bk.ru, ORCID 0000-0001-5974-4934
[2]peter.savinyh@mail.ru, ORCID 0000-0002-5668-8479

Реферат. Адаптация возделываемых культур к изменяющимся климатическим условиям является одним из приоритетных направлений исследований в области сельскохозяйственных технологий. В статье приведены результаты исследования по влиянию предпосевного увлажнения семян кукурузы на массу стеблей. Выявлены особенности процесса увлажнения и предпосевной подготовки увлажнённых семян к механизированному посеву. В результате эксперимента установлено, что при длительном погружном увлажнении происходит угнетение жизненных функций семян, что отрицательно сказывается на урожайности. Для повышения эффективности процесса увлажнения, во избежание кислородного голодания, необходимо обеспечивать дыхательный режим семян. Для механизированного посева предварительно увлажнённых семян необходимо удаление поверхностной влаги, затрудняющей механизированный процесс. Исследования показали, что наиболее эффективным является контактное удаление влаги с поверхности за счёт контакта семени с влаговпитывающим материалом. Увлажнение семян проводилось путём их полного погружения в чистую воду и водный раствор гумата калия с концентрацией 10 мл/л. Интервалы увлажнения составляли 6 часов, с максимальным замачиванием семян на 36 часов. В результате двухгодичного эксперимента установлено, что максимальное увеличение средней массы стеблей (до 15%) даёт замачивание семян в растворе гумата калия с концентрацией 10 мл/л в течение 24 часов, а также в воде в течение 18 часов. А для реализации механизированного посева увлажнённых семян необходима разработка установки для удаления поверхностной влаги и установки для увлажнения семян с обеспечением дыхательного режима.

Ключевые слова: *зелёная масса, механизированный посев, поверхностная влага, замачивание семян, урожайность кукурузы*

IDENTIFICATION OF FEATURES OF PRESOWING MOISTENING OF CORN SEEDS

Fedor A. Kipriyanov[1], Petr A. Savinykh[2]
[1]Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin, Vologda-Molochnoe, Russia
[2]Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russia
[1]kipriyanovfa@bk.ru, ORCID 0000-0001-5974-4934
[2]peter.savinyh@mail.ru, ORCID 0000-0002-5668-8479

Abstract. Adaptation of cultivated crops to changing climatic conditions is one of the priority areas of research in the field of agricultural technologies. The article provides the results of a study on the effect of presowing moistening of corn seeds on stem weight. Features of moistening process and presowing preparation of humidified seeds for mechanized sowing were revealed. As a result of the experiment it was found that with long-term submersible moistening the vital functions of the seeds are inhibited, which negatively affects the yield. To increase the efficiency of the humidification process, in order to avoid oxygen starvation, it is necessary to ensure the respiratory regime of the seeds. For mechanized sowing of pre-moistened seeds, it is necessary to remove surface moisture, which complicates the mechanized process. Studies have shown that the most effective is contact removal of moisture from the surface due to the contact of the seed with the moisture-absorbing material. The seeds were moistened by completely immersing them in pure water and an aqueous solution of potassium humate with a concentration of 10 ml/l. The humidification intervals were 6 hours with maximum seed soaking for 36 hours. As a result of a two-year experiment, it was found that the

maximum increase in the average mass of stems (up to 15%) gives soaking of seeds in a solution of potassium humate with a concentration of 10 ml/l for 24 hours, as well as in water for 18 hours. And for the implementation of mechanized sowing of moistened seeds it is necessary to develop an installation for removing surface moisture and an installation for moistening seeds with providing a respiratory regime.

Keywords: *green mass, mechanized sowing, surface moisture, seed soaking, corn yield*

Введение. Возросшая молочная продуктивность крупного рогатого скота требует увеличения энергонасыщенности рационов. Одним из основных компонентов рациона, стимулирующих выработку молока, является качественный силос, позволяющий обеспечить организм животного энергией и питательными элементами. В ведущих сельскохозяйственных предприятиях Вологодской области в последнее десятилетие сформировалась устойчивая тенденция возделывания кукурузы в качестве силосной культуры. Несмотря на то, что климатические условия не позволяют получить семенной материал для его дальнейшего использования, хорошая влагообеспеченность периода вегетации кукурузы позволяет получить хороший урожай зелёной массы. Так, в 2016 году по урожайности кукурузы на зелёную массу Вологодская область заняла второе место с показателем 352,8 ц/га, уступив по этому значению только Калининградской области с урожайностью зелёной массы 379,9 ц/га [1]. Однако стоит отметить, что возделывание такой важной для кормопроизводства силосной культуры в Вологодской области сопряжено с рядом рисков. Несмотря на хорошее обеспечение региона влагой, посевы кукурузы могут быть подвержены воздействию возвратных заморозков даже в начале июня [2]. Кроме этого, нестабильные и изменяющиеся климатические условия, выражающиеся в увеличении температуры летних месяцев до значений, не характерных для Северо-Западного региона, требуют совершенствования технологий возделывания кукурузы в части ускорения её прорастания и формирования корневой системы для противостояния климатическому воздействию.

Анализ трудов ведущих иностранных специалистов позволил выявить сходные выводы о влиянии климатических условий на урожайность кукурузы. Так, например, отмечается, что низкая температура ранней весной является основным фактором, ограничивающим урожайность кукурузы, выращиваемой в Центральной и Северной Европе. Температура от 25 до 30°C оптимальна для роста кукурузы, т. е. прорастания, роста побегов и корней, развития и роста листьев [3; 4; 5].

Всхожесть семян кукурузы значительно снижается при низкой температуре почвы [6]. Развитие всходов во многом зависит от температуры почвы с самого начала. Так, побег остаётся под землей долгое время, рост кукурузы сильно ухудшается при температуре ниже 15°C при стагнации роста растения кукурузы при низкой температуре корневой зоны 9°C [7; 8; 9].

Одним из наиболее простых и известных способов воздействия на прорастание семян является их увлажнение перед замачиванием, которое чаще всего осуществляется погружением семян в воду или питательные растворы.

Увлажнение семян перед посевом может быть эффективно в тех случаях, когда низкая температура прикорневой зоны ранней весной является основным препятствием для выращивания кукурузы, в частности, на севере и северо-западе России. Поглощение питательных веществ и особенно рост корней серьёзно снижаются при низкой температуре почвы, при этом последствия посевного стресса, ввиду низкой температуры корневой зоны, часто не до конца компенсируются дальнейшим развитием растений, отрицательно влияя на урожай [10].

На предварительном этапе исследования были получены положительные результаты воздействия предпосевного увлажнения на всходы кукурузы [11]. Однако, несмотря на положительные стороны, данный способ воздействия на посевной материал не получил широкого распространения. Это в первую очередь связано со сложностью механизированного посева предварительно увлажнённых семян.

Цель эксперимента – оценка перспективы осуществления механизированного посева предварительно увлажнённых семян. В задачи эксперимента входило выявить особенности непосредственно процесса увлажнения, поиск возможного решения по удалению поверхностной влаги с семян, оценка возможности механизированного посева и оценка влияния предпосевного увлажнения семян на урожайность кукурузы с установлением оптимальной продолжительности замачивания.

Материалы и методы. Эксперимент проводился в течение летнего периода в 2021–2022 гг. Предпосевному увлажнению подвергались семена кукурузы гибрида «Росс 140 СВ» урожая 2019 г., гибрид первого поколения F1, возделываемый на силос в хозяйстве «Племзавод-колхоз имени 50-летия СССР». Всхожесть и энергия по ГОСТ 12038-84 составили 100%98% соответственно. Увлажнение семян производилось путём полного погружения

семян в воду и раствор гумата калия с концентрацией 10 мл/л. Максимальная продолжительность замачивания составила 36 часов с интервалом 6 часов. После посева контрольной делянки, делянки с семенами, подвергавшимися замачиванию, высевались в случайном порядке. Посев их осуществлялся 4 июня 2021 года и 2 июня 2022 года. Делянкам присваивалось буквенно-цифровое обозначение: КК, КГ24, КГ30, КГ12, КВ36, КГ6, КВ18, КГ18, КГ30. Где К – кукуруза, Г – гумат калия, В – вода, 6-36 – продолжительность замачивания, КК – кукуруза контроль. Порядок посева делянок в 2022 году: КГ30, КВ6, КВ12, КГ24, КВ30, КГ18, КГ36, КГ12, КВ24, КГ6, КВ18, КК, КВ36, КК2. Ширина междурядий 70 см, посев осуществлялся ручной сеялкой «Винница» со щёточным высевающим механизмом, настроенным на норму высева 72000 семян/га. Общая площадь делянок составляла 20 м^2 при учётной площади, занимаемой растениями, 16,8 м^2, что в фактическом выражении позволяло получить 6 рядков посевов кукурузы. Эксперимент проводился в однократной повторности. Уборка осуществлялась 8 сентября 2021 года и 12 сентября 2022 года, при этом продолжительность выращивания составила в 2021 году 96 дней и 102 дня – в 2022. Оценка зелёной массы проводилась путём взвешивания стеблей кукурузы, срезанных на высоте 15 см. Взвешивание выполнялось электронными весами с точностью 5 грамм. Оценивалась средняя масса стебля кукурузы в каждой партии. Достоверность различия результатов определялась с помощью критерия Стьюдента, реализованного в специализированной программе [12]. При проведении эксперимента в 2021 году контрольная делянка высевалась за 36 часов до посева увлажнённых семян, в 2022 была добавлена вторая контрольная делянка, высевавшаяся одновременно с посевом увлажнённых семян, получившая маркировку КК2.

Результаты и обсуждение. При подведении итогов эксперимента конечные результаты можно разбить на несколько групп: особенности процесса увлажнения семян погружным замачиванием, особенности подготовки увлажнённых семян к посеву и влияние погружного замачивания на зелёную массу. Особенностью практически всех технологий сельскохозяйственного производства является то, что объектом технологического воздействия выступает живой организм, будь то животное в технологии выращивания или получения, например, молока, или растение в различных технологиях возделывания. Указанная особенность отразилась и при замачивании семян, а именно при попадании семян в жидкость. В семенах начинался процесс жизнедеятельности, сопровождавшийся выделением углекислого газа, что проявлялось в появлении на поверхности пузырьков

Рисунок 1 – Выделение углекислого газа на поверхности ёмкости при замачивании семян

(рис. 1). Указанная особенность замачивания позволила сформулировать гипотезу, что чрезмерное увеличение продолжительности замачивания приведёт к угнетению жизнеспособности семян и, в итоге, может оказать отрицательное воздействие на урожайность.

Закономерным результатом замачивания семян явилась их повышенная слипаемость, что делало практически невозможным применение механизированного посева. Низкая воздухопроницаемость влажной массы семян не позволила удалить поверхностную влагу с помощью воздушного потока. В результате поисковых исследований было установлено, что наибольшей эффективностью при удалении поверхностной влаги с семян является контактный способ, заключающийся в обеспечении контакта семян кукурузы с влаговпитывающей поверхностью. В рамках эксперимента удаление поверхностной влаги осуществлялось следующим образом: после слива основного количества жидкости семена кукурузы слоем толщиной в одно зерно укладывались на бумажное полотенце и накрывались вторым бумажным полотенцем, которое для обеспечения лучшего впитывания прижималось с небольшим усилием. Такой способ позволил снизить слипаемость семян до уровня, позволяющего произвести механизированный посев. В результате эксперимента установлено, что поверхностная влага, которая не полностью была удалена с семян после контакта с влаговпитывающей поверхностью, продолжает впитываться семенами после их извлечения из жидкости, тем самым дополнительно снижая поверхностную влажность семян. Проведение исследований позволило сформулировать концепцию и принцип действия установки для удаления поверхностной

влаги с семян после намачивания, позволяющей обеспечить механизированное удаление поверхностной влаги за счёт контакта семян с поверхностью транспортёра, лента которого выполнена из влаговпитывающего материала [13].

Во время проведения эксперимента в 2021 и 2022 годах климатические условия значительно отличались. Так, в 2021 году семена кукурузы были посеяны в более влажную почву, чем в 2022 г., что, несмотря на довольно засушливый период, в дальнейшем позволило сформировать корневую систему и создать базу для дальнейшего развития растений. В 2022 году посев семян осуществлялся в более сухую почву, и отсутствие почвенной влаги привело к некоторому снижению полевой всхожести. Так, из посеянных семян в 2022 году проросло только 80%, в то время как в 2021 году всходы находились на уровне 85% от количества посеянных семян. В то же время в 2021 году была выявлена отчётливая неравномерность всходов, отразившаяся в отставании в развитии некоторых стеблей (поз. А, рис. 2), от давших всходы несколько ранее (поз. Б, рис. 2), что сказалось на степени сформированности стеблей перед уборкой.

Рисунок 2 – Пример различной интенсивности набора массы

В 2022 году различий по степени сформированности стеблей не наблюдалось, однако по результатам обработки данных выявлено, что средняя масса стеблей кукурузы контрольной группы КК 2021 года более чем на 200 г превышала массу стеблей контрольной группы КК в 2022 году. А при замачивании, например, в гумате калия на 30 часов и воде на 36 часов разница в средней массе превышала 300 г, что отразилось и на внешнем виде стеблей кукурузы (рис. 3).

В результате взвешивания стеблей кукурузы в 2021 году установлено, что при замачивании

а)

б)

а) 2021 год; б) 2022 год.

Рисунок 3 – Пример стеблей кукурузы

семян перед посевом в растворе гумата калия в течение 12, 24 и 30 часов с вероятностью 95% средняя масса стебля кукурузы будет выше средней массы стебля растений контрольной группы, посеянных за 36 часов до посева экспериментальных делянок на 14,8, 15 и 12,1% соответственно (рис. 4). В 2022 году достоверное увеличение средней массы стеблей кукурузы было получено при замачивании её семян перед посевом в растворе гумата калия в течение 12, 18, и 24 часов. При этом прирост средней массы стебля растений составил 17, 13,7, 13,8% по отношению к контрольной группе, посеянной за 36 часов до посева подвергавшихся замачиванию семян, и на 36, 31,7

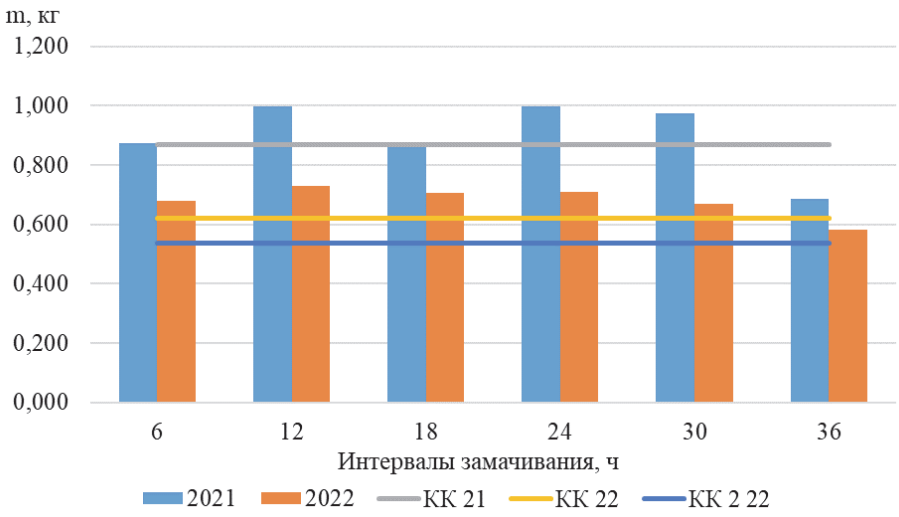

Рисунок 4 – Средняя масса стеблей кукурузы с початками при замачивании в растворе гумата калия

и 31,9% по отношению к контрольной группе, посеянной одновременно с подвергавшимися замачиванию семенами.

Замачивание семян кукурузы в воде дало следующие результаты: относительно контрольной группы, посеянной в 2021 году за 36 часов до посева замоченных семян, получена достоверная разница в группах, подвергавшихся замачиванию в течение 18 и 36 часов, при этом разница в средней массе составила 10,8 и 15,4% соответственно (рис. 5).

В 2022 году достоверное увеличение средней массы стеблей кукурузы относительно контрольной группы, посеянной за 36 часов до посева экспериментальных групп, было получено при замачивании в воде в течение 12, 18 и 24 часов при увеличении средней массы на 14, 15 и 11% соответственно.

По результатам эксперимента можно отметить, что подтвердилась гипотеза, сформировавшаяся в процессе замачивания семян, о снижении жизнеспособности семян при их длительном

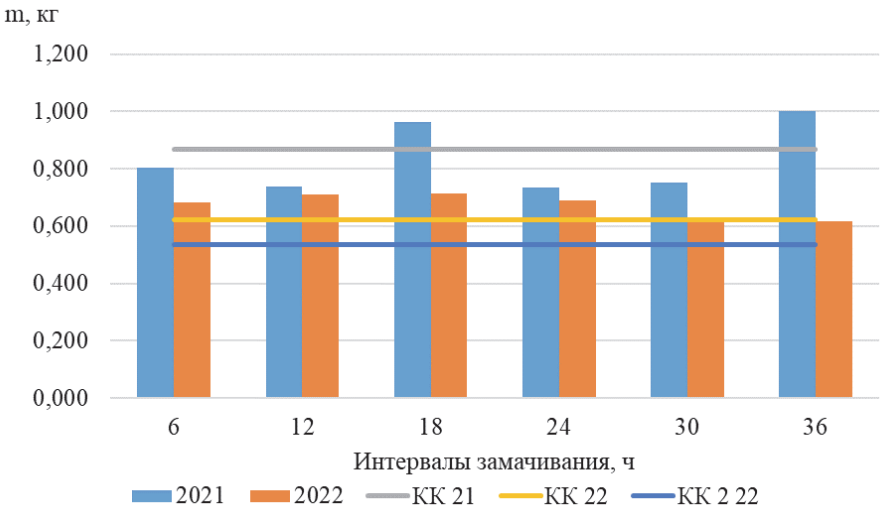

Рисунок 5 – Средняя масса стеблей кукурузы с початками при замачивании в воде

нахождении в жидкости, а именно: длительное замачивание семян в растворе гумата калия в течение 36 часов привело к снижению средней массы растения до 20% (рис. 4) в 2021 году и до 6% – в 2022 году. При этом длительное замачивание в воде не дало столь значительного угнетения жизнеспособности семян, отразившейся в дальнейшем на средней массе растений кукурузы, что может быть обусловлено более низкой биологической активностью воды, по сравнению с раствором гумата калия, и процессы жизнедеятельности идут несколько медленнее.

Выводы. По результатам эксперимента, выполненного на протяжении двух лет, с учётом поставленной цели эксперимента, можно сформулировать следующие предварительные выводы: механизированный посев предварительно увлажнённых семян возможен при удалении с их поверхности избыточной влаги. Наиболее целесообразным способом удаления влаги является обеспечение контакта увлажнённых семян с влаговпитывающей поверхностью. В то же время, непосредственно в процессе увлажнения семян, во избежание угнетения их жизненных функций, семенам необходимо обеспечивать дыхательный режим. Замачивание семян в гумате калия в течение 24 часов или в воде в течение 18 часов даёт увеличение средней массы стеблей до 15%. Полученные выводы делают актуальной разработку установки для предпосевного увлажнения семян с возможностью обеспечения режима дыхания семян и установки для удаления поверхностной влаги с семян.

Список источников

1. Урожайность кукурузы на корм – всего (вес зеленой массы) в 2016 году, ц/га // Агровестник. URL: https://agrovesti.net/lib/industries/forage/urozhajnost-kukuruzy-na-korm-vsego-ves-zelenoj-massy-v-2016-godu-ts-ga.html (дата обращения: 20.05.2022).

2. Киприянов Ф. А., Савиных П. А. Территориально-климатическое районирование Вологодской области и перспективы его использования в земледелии // Пермский аграрный вестник. 2019. № 2 (26). С. 64–71. ISSN 2307-2873.

3. Miedema P., Post J., Groot P. J. The effects of low temperature on seedling growth of maize genotypes // Wageningen: Pudoc. (Agricultural research reports; 926), 1987. ISBN 90-220-0930-0.

4. Duncan W. G., Hesketh J. D. Net photosynthetic rates, relative leaf growth rates, and leaf numbers of 22 races of maize grown at eight temperatures // Crop Science. 1968. Vol. 8. P. 670–674. https://doi.org/10.2135/cropsci1968.0011183X000800060009x.

5. Muldoon D. K., Wheeler J. L., Pearson C.J. Growth, mineral composition and digestibility of maize, sorghum and barnyard millets at different temperatures // Australian Journal of Agricultural Research. 1984. Vol. 35. P. 367–378.

6. Miedema P. The effects of low temperature on Zea mays // Advances in Agronomy. 1982. Vol. 35. P. 93–128. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60322-3.

7. Fortin M. C., Pierce F. J. Timing and nature of mulch retardation of corn vegetative development // Agronomy Journal. 1991. Vol. 83, Is. 1. P. 258–263. https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300010058x.

8. Ritchie S. W., Hanway J. J., Benson G. O. How a corn plant develops? // Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service Ames. Special Report. Iowa. 1986. № 48. P. 1–21.

9. Stone P. J., Sorensen I. B., Jamieson P. D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperature climate // Field Crops Research. 1999. Vol. 63. P. 169–178. ISSN 0378-4290.

10. Imran M., Mahmood A., Römheld V., Neumann G. Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth // European Journal of Agronomy. 2013. Vol. 49. P. 141–148. ISSN 1161-0301.

11. Киприянов Ф. А., Савиных П. А., Устюжанин И. А. Влияние прайминга семян на всходы сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1 (57). С. 5–10. DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.001.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022666109 Российская Федерация. Сравнение независимых выборок и проверка адекватности математической модели / Киприянов Ф. А., Савиных П. А. ; правообладатель ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина». № 2022618795 : заявл. 13.05.2022 ; опубл. 25.08.2022, Бюл. № 9.

13. Заявка на изобретение № 2022105833 от 26.10.2020. Установка для удаления поверхностной влаги с семян после намачивания / Киприянов Ф. А., Савиных П. А., Исупов А. Ю. Решение о выдаче патента РФ на изобретение от 28.10.2022.

References

1. Urozhajnost' kukuruzy na korm – vsego (ves zelenoj massy) v 2016 godu, c/ga // Agrovestnik. URL: https://agrovesti.net/lib/industries/forage/urozhajnost-kukuruzy-na-korm-vsego-ves-zelenoj-massy-v-2016-godu-ts-ga.html (data obrashhenija: 20.05.2022).

2. Kipriyanov F. A., Savinykh P. A. Territorial'no-klimaticheskoe rajonirovanie Vologodskoj oblasti i perspektivy ego ispol'zovanija v zemledelii // Permskij agrarnyj vestnik. 2019. № 2 (26). S. 64–71. ISSN 2307-2873.

3. Miedema P., Post J., Groot P. J. The effects of low temperature on seedling growth of maize genotypes // Wageningen: Pudoc. (Agricultural research reports; 926), 1987. ISBN 90-220-0930-0.

4. Duncan W. G., Hesketh J. D. Net photosynthetic rates, relative leaf growth rates, and leaf numbers of 22 races of maize grown at eight temperatures // Crop Science. 1968. Vol. 8. P. 670–674. https://doi.org/10.2135/cropsci1968.0011183X000800060009x.

5. Muldoon D. K., Wheeler J. L., Pearson C.J. Growth, mineral composition and digestibility of maize, sorghum and barnyard millets at different temperatures // Australian Journal of Agricultural Research. 1984. Vol. 35. P. 367–378.

6. Miedema P. The effects of low temperature on Zea mays // Advances in Agronomy. 1982. Vol. 35. P. 93–128. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60322-3.

7. Fortin M. C., Pierce F. J. Timing and nature of mulch retardation of corn vegetative development // Agronomy Journal. 1991. Vol. 83, Is. 1. P. 258–263. https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300010058x.

8. Ritchie S. W., Hanway J. J., Benson G. O. How a corn plant develops? // Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service Ames. Special Report. Iowa. 1986. № 48. P. 1–21.

9. Stone P. J., Sorensen I. B., Jamieson P. D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperature climate // Field Crops Research. 1999. Vol. 63. P. 169–178. ISSN 0378-4290.

10. Imran M., Mahmood A., Römheld V., Neumann G. Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth // European Journal of Agronomy. 2013. Vol. 49. P. 141–148. ISSN 1161-0301.

11. Kiprijanov F. A., Savinykh P. A., Ustjuzhanin I. A. Vlijanie prajminga semjan na vshody sel'skohozjajstvennyh kul'tur // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2022. № 1 (57). S. 5–10. DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.001.

12. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2022666109 Rossijskaja Federacija. Sravnenie nezavisimyh vyborok i proverka adekvatnosti matematicheskoj modeli / Kipriyanov F. A., Savinykh P. A. ; pravoobladatel' FGBOU VO «Vologodskaja gosudarstvennaja molochnohozjajstvennaja akademija imeni N. V. Vereshchagina». № 2022618795 : zajavl. 13.05.2022 ; opubl. 25.08.2022, Bjul. № 9.

13. Zajavka na izobretenie № 2022105833 ot 26.10.2020. Ustanovka dlja udalenija poverhnostnoj vlagi s semjan posle namachivanija / Kipriyanov F. A., Savinykh P. A., Isupov A. Yu. Reshenie o vydache patenta RF na izobretenie ot 28.10.2022.

Сведения об авторах

Федор Александрович Киприянов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры энергетических средств и технического сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина», spin-код: 8937-8109.

Петр Алексеевич Савиных – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией механизации животноводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», spin-код: 5868-9317.

Information about the authors

Fedor A. Kipriyanov – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Energy Resources and Technical Service, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin", spin-code: 8937-8109.

Petr A. Savinykh – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Chief Research Officer, Head of the Laboratory of Mechanization of Livestock Production, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, spin-code: 5868-9317.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.