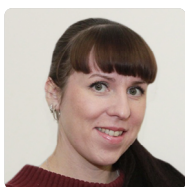


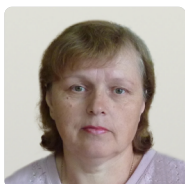
ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИТАТЕЛЬНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

© Прядильщикова Е.Н., Коновалова Н.Ю.,
Вахрушева В.В., Коновалова С.С.



Елена Николаевна Прядильщикова

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация
e-mail: lenka2305@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7410-2013



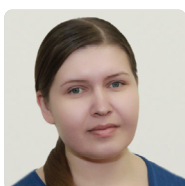
Надежда Юрьевна Коновалова

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация
e-mail: konovalova5858@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8741-2256



Вера Викторовна Вахрушева

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация
e-mail: vvesnina@mail.ru
ORCID: 0000-0002-6331-8812



Светлана Сергеевна Коновалова

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация
e-mail: konovalova5858@mail.ru

В статье приведены данные исследования по изучению влияния минеральных удобрений на развитие гибридов кукурузы при получении кормовой массы. Метод исследования состоял в выполнении полевого эксперимента, включающего 9 вариантов в трехкратной повторности. Почва под опытом осушенная, дерново-подзолистая, среднесуглинистая, средней окультуренности. Место проведения – опытное поле, расположенное у д. Дитятьево Вологодского округа. Высевались три раннеспелых гибрида кукурузы: Золотой початок 147 МВ, Воронежский 158 СВ и Ладожский 191 МВ. Дозы удобрений применялись в соответствии с методикой исследований. Цель работы – раскрыть потенциал урожайности гибридов кукурузы за счет минеральных подкормок, включающих макроэлементы NPK и микроэлемент цинк, в условиях Вологодской области. Новизна научного исследования заключается в том, что впервые в

природно-климатических условиях Вологодской области для разработки системы удобрений кукурузы на силос изучено влияние минеральных удобрений, в том числе сернокислого цинка на урожайность, структуру урожая и питательную ценность зеленой массы. Полученные результаты позволили выявить, что все изучаемые гибриды кукурузы проявили отзывчивость на применение минеральных удобрений. Прибавка к варианту без удобрений составила от 2,8 до 4,6 т/га СВ или на 36,6–54,5%. Применение двухкратной подкормки сернокислым цинком (вар. 3) достоверно повысило урожайность у раннеспелого гибрида Золотой початок 147 МВ – на 1,2 т/га СВ или на 11,5% в сравнении с вар. 2 с внесением удобрений без его использования. Питательность полученной массы по содержанию протеина возростала на 41,5–55,4% у Золотого початка 147 МВ, на 5,3–6,6% у Воронежского 158 СВ и на 41,9–58,1% у Ладожского 191 МВ. Разработка предназначена для условий Европейского Севера России.

Кукуруза, минеральные удобрения, цинк, сроки внесения, продуктивность, питательность.

Введение

Расширение видового состава выращиваемых кормовых культур в условиях Европейского Севера России оказывает значительное влияние на улучшение кормовой базы животноводства. К таким культурам относится кукуруза (*Zea mays L.*). Результаты работы селекционеров позволили получить скороспелые гибриды и сорта кукурузы и за счет их внедрить эту культуру в нетрадиционных для нее северных регионах. Учитывая это, сельскохозяйственные предприятия Вологодской области стали активно высевать кукурузу в качестве кормовой культуры для получения высокопитательного силоса для молочного скотоводства. Интенсивные технологии направлены на обеспечение сбалансированным питанием выращиваемых кормовых культур, в том числе кукурузы (Багринцева, 2013; Коновалова и др., 2018; Чухина, Вахрушева, 2019; Прядыльщикова и др., 2024).

Перспективные гибриды кукурузы, характеризующиеся высокой потенциальной урожайностью, предъявляют повышенные требования к минеральному составу почвы и минеральному питанию. Экспериментально доказана зависимость урожайности от кратности и объемов внесенных минеральных удо-

брений. Схема использования удобрений при выращивании кукурузы состоит из основного допосевого удобрения, припосевого удобрения, подкормок в период роста растений. Установлено, что во вторую половину вегетации происходит наиболее высокое использование растениями питательных веществ (Малышева, Долгополова, 2021; Петрова и др., 2017; Сотченко, Багринцева, 2015; Петренко и др., 2016).

Кукуруза в своем питании использует различные макроэлементы (азот, фосфор, сера, калий, кальций, магний), микроэлементы (железо, марганец, бор, медь, цинк, молибден) и большой ряд дополнительных элементов (алюминий, кремний, никель, кобальт, хром, олово, свинец, серебро, барий, стронций, хлор, йод, натрий). В период вегетации с целью повышения урожайности, уменьшения негативного влияния климатических условий и используемых средств защиты растений рекомендуется применять подкормки водорастворимым комплексным минеральным удобрением с микроэлементами по вегетирующим растениям (Бопп и др., 2021).

Научно обоснованная система удобрений позволяет снизить действие неблагоприятных факторов внешней среды (не-

достатка тепла и света), ускоряя развитие растений, созревание початков, и оказывает существенное влияние на формирование высоких урожаев кукурузы и улучшение питательности полученной биомассы. Используемые удобрения повышают устойчивость растений к заболеваниям, повреждению вредителями (Стулин, 2018; Полянский и др., 2023; Гейгер и др., 2017).

Важно в системе удобрений кукурузы правильно использовать микроэлементы, так как они влияют на жизнедеятельность растений. Такой элемент как цинк действует на рост растений, образование полноценных початков, отвечает за сбалансированный химический состав полученного зерна. Он содержится в природной среде обитания выращиваемых культур в тех формах, которые растения не способны усвоить. Дефицит цинка проявляется в бесцветных жилках на листьях, медленном росте, кривизне стебля у растений кукурузы. На недостаток этого элемента может повлиять переизбыток внесенного фосфора, а также высокая щелочная среда почвы (Дмитриенко и др., 2024; Нестеренко и др. 2021; Полянский и др., 2025; Семина и др., 2020). По отношению к цинку кукуруза является очень чувствительной культурой. Дефицит цинка снижает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды (Волошин, Аветисян, 2018).

Одной из причин неполного раскрытия потенциала продуктивности кукурузы в условиях Вологодской области является нарушение минерального питания растений, в частности недооценка применения микроэлементов, в связи с тем что для почвенно-климатических условий региона отсутствуют научно обоснованные рекомендации по применению макро- и микроудобрений при выращивании кукурузы, т. е. нет системы удобрения для более полного раскрытия потенциала продуктивности культуры.

Таким образом, изучение и установление системы удобрений для кукурузы, обеспечивающей получение высоких урожаев и питательной ценности зеленой массы, является актуальной задачей и имеет большое практическое значение.

Цель исследований – раскрыть потенциал урожайности гибридов кукурузы за счет минеральных подкормок, включающих макро- и микроэлементы (цинк) в условиях Вологодской области.

Научная новизна исследования состоит в том, что впервые в природно-климатических условиях Вологодской области для разработки системы удобрений кукурузы на силос изучено влияние минеральных удобрений, в том числе сернокислого цинка, на урожайность, структуру урожая и питательную ценность зеленой массы.

Материалы и методы

Объектом выполняемого эксперимента являются гибриды кукурузы, предметом исследований – виды и дозы минеральных удобрений. Полевой эксперимент проводился в 2025 году на опытном поле Вологодского научного центра РАН, расположенном у д. Дитятьево Вологодского округа (Новоселов и др., 1987). Для оценки полученных данных используется метод дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

Почва под опытом осушенная, дерново-подзолистая среднесуглинистая, среднеокультуренная. Количество вариантов девять, заложенных в трехкратной повторности. Общая площадь опытной деланки 6 м², учетная 3 м².

Обработка почвы состояла из зяблевой вспашки, двукратной весенней культивации. Посев гибридов кукурузы выполнен 23 мая с шириной междурядий 60 см. Норма высева составляла 20 кг/га всхожих семян. Перед посевом внесены удобрения на вар. 2 и 3 в дозе N₇₀P₆₀K₉₀ кг/га д.в. Уход за посевами состоял в борьбе с сорной

растительностью, однократной листовой подкормке аммиачной селитрой 24 июня в дозе N₃₅ (вар. 2 и 3) и двукратной листовой подкормкой серноокислым цинком по 500 г/га (110 г/га действующего вещества) на вар. 3 в фазу 4–6 и 7–9 листьев, соответственно, 8 и 18 июля.

В опыте дозы удобрений исследовали на трех гибридах кукурузы: очень ранне-спелый Золотой початок 147 МВ (ФАО 140), раннеспелые Воронежский 158 СВ (ФАО 170) и Ладожский 191 МВ (ФАО 190).

Краткая характеристика гибридов кукурузы

Золотой початок 147 МВ – очень ранне-спелый (92–95 дней период вегетации), трехлинейный холодостойкий гибрид. Подходит для ранних сроков сева. Включен в Госреестр с 2021 года, в том числе для Северо-Западного региона, для выращивания на силос и зерно. Средняя урожайность в Северо-Западном регионе 11,9 т/га сухого вещества.

Воронежский 158 СВ – раннеспелый двойной межлинейный гибрид. Включен в Госреестр селекционных достижений с 2005 года, в том числе для Северо-Западного региона, на силос и зерно. Урожайность на силос составляет до 60,0 т/га, сухого вещества до 20,0 т/га. Холодостойкий и засухоустойчивый гибрид.

Ладожский 191 МВ – сложный гибрид, раннеспелый, холодостойкий. Включен в Госреестр по 4, 5, 7, 9 и 10 регионам на силос. Высокоурожайный, до 60 т/га силосной массы.

Зооанализ растительной массы проводили в ЦКП «Центр сельскохозяйственных исследований и биотехнологий» ФГБУН ВолНИЦ РАН.

Климатические условия различались в разрезе периодов развития кукурузы по обеспеченности влагой и теплом. Рост и развитие кукурузы сдерживали неблагоприятные погодные условия (дождливая и холодная погода). К концу июня погода улучшилась по температурному режиму и способствовала лучшему росту кукурузы. С 10 июля установилась жаркая сухая погода. В августе температурные условия снова ухудшились, также наблюдались сильные ветры, что сдерживало развитие растений, особенно у гибридов Воронежский 158 СВ и Ладожский 191 МВ (табл. 1).

Сложившиеся погодные условия отрицательно повлияли на опыляемость и образование семян в початках у раннеспелых гибридов Воронежский 158 СВ и Ладожский 191 МВ.

Погодные условия повлияли на прохождение фаз развития кукурузы. Всходы кукурузы появились 2–4 июня, через 10–12 дней после посева. Гибрид Золотой початок 147 МВ опережал в своем развитии другие гибриды на 7–10 дней. Это позволило ему достичь к уборке фазы начала восковой спелости зерна в початках. Его уборку провели 23 сентября. Гибриды Воронежский 158 СВ и Ладожский 191 МВ отставали в развитии и были скошены 29 сентября в фазу молочной спелости зерна.

Таблица 1. Погодные условия проведения опыта

Показатель	Месяцы и декады											
	Май	Июнь			Июль			Август			Сентябрь	
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Температура, °С	18,2	15,5	14,6	12,8	21,5	19,8	20,7	19,2	15,9	11,7	13,6	+14,1
+/- к норме	+6,0	+2,0	-1,0	-4,0	+5,0	+2,0	+3,0	+3,0	+1,0	-2,0	+2,0	+3,8
Осадки, мм	7	28	12	28	29	0	0,5	29	36	20	13	9
% от нормы	41	156	56	118	102	-	2	145	138	80	69	50

Источник: Вологодский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Результаты исследований

Наблюдения за длиной растений у гибридов кукурузы к уборке позволили установить, что Золотой початок 147 МВ по данному показателю значительно уступал Воронежскому 158 СВ и Ладожскому 191 МВ. Установлено влияние вносимых удобрений на длину растений. По вариантам 2 и 3 увеличение длины растений составило: по гибриду Воронежский – 25–26 см; по гибриду Золотой початок – 14 и 15 см, по гибриду Ладожский – 28 см (табл. 2).

В то же время достоверных различий по длине растений между вариантами 2 и 3 от действия серноокислого цинка не установлено.

Урожайность зеленой массы и выход сухого вещества зависели от внесения минеральных удобрений. У гибрида Золотой початок 147 МВ сбор зеленой массы составил от 31,1 до 46,0 т/га и выход сухого ве-

щества от 7,6 до 11,6 т/га, соответственно у гибрида Воронежский 158 – от 36,3 до 58,7 т/га и от 8,0 до 12,6 т/га СВ и у гибрида Ладожский 191 – от 38,8 до 62,6 т/га и от 8,8 до 13,1 т/га. Наиболее низкую урожайность обеспечил гибрид Золотой початок 147 МВ (табл. 3).

У гибрида Золотой початок 147 МВ выявлен существенный прирост урожайности от применения минеральных удобрений в дозе N70P60K90 + N35 кг/га д.в. (вар. 2) и от применения минеральных удобрений с двумя подкормками серноокислым цинком (вар. 3). Прибавка к контролю у вар. 2 составила 2,8 т/га СВ, или на 36,8 %, у вар. 3 – 4,0 т/га СВ, или 52,6%. Установлено, что по выходу сухого вещества гибрид Золотой початок 147 МВ при использовании серноокислого цинка (вар. 3) превосходил на 1,2 т/га, или на 11,5%, урожайность вар. 2 без его внесения.

Таблица 2. Длина растений кукурузы к уборке, см

№ вар.	Доза удобрений	Гибрид Золотой початок 147МВ		Гибрид Воронежский 158 СВ		Гибрид Ладожский 191 МВ	
		длина	± к контролю	длина	± к контролю	длина	± к контролю
1*	N ₀ P ₀ K ₀ кг/га д.в.	200	-	222	-	219	-
2	N ₇₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₅ (одна подкормка) кг/га д.в.	214	14	248	+ 26	247	+ 28
3	N ₇₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₅ (одна подкормка) кг/га д.в. и 500 г/га + 500 г/га серноокислый цинк (две подкормки)	215	15	247	+ 25	247	+ 28
НСР ₀₅			7		9		4

Примечание: * – контроль.
Источник: результаты исследований авторов.

Таблица 3. Урожайность зеленой массы и выход сухого вещества в зависимости от уровня минерального питания, т/га

№ вар.	Доза удобрений	Золотой початок 147 МВ			Воронежский 158 СВ			Ладожский 191 МВ		
		зеленая масса	СВ	± к вар. 1	зеленая масса	СВ	± к вар. 1	зеленая масса	СВ	± к вар. 1
1*	N ₀ P ₀ K ₀ кг/га д.в.	31,1	7,59		36,3	8,05		38,8	8,77	
2	N ₇₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₅ (одна подкормка) кг/га д.в.	43,1	10,43	2,84	55,9	11,97	+3,92	55,2	12,40	+3,63
3	N ₇₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₅ (одна подкормка) кг/га д.в. и 500 г/га + 500 г/га серноокислый цинк (две подкормки)	46,0	11,59	4,00	58,7	12,62	+4,57	62,6	13,11	+4,34
НСР ₀₅ т/га СВ				0,53			1,86			2,09

Примечание: * – контроль.
Источник: результаты исследований авторов.

Существенная прибавка по урожайности от внесения минеральных удобрений у гибрида Воронежский 158 СВ к контролю составила по вар. 2 4,0 т/га СВ, или 50%, по вар. 3 – 4,6 т/га СВ, или 57,5%. Применение в подкормку сернокислого цинка влияния на урожайность данного гибрида не оказало, отмечается только тенденция к ее повышению (на 0,6 т/га) по сравнению с вар. 2.

У гибрида Ладожский 191 МВ повышение урожайности к контролю от внесения минеральных удобрений по вар. 2 составило 3,6 т/га СВ, или на 40,9%, по вар. 3 – 4,3 т/га СВ, или 48,9%. Использование в подкормку сернокислого цинка в вар. 3 не оказало влияния на урожайность. Можно отметить, что наблюдается тенденция к ее повышению на 0,7 т/га СВ в сравнении с вар. 2.

На снижение действия подкормок сернокислым цинком на гибридах кукурузы Воронежский 158 СВ и Ладожский 191 МВ

оказали влияние погодные условия, которые задержали их развитие и повлияли на формирование зерна.

Соотношение початков к стеблям зависело от спелости кукурузы. По гибриду Золотой початок 147 МВ доля початков была наибольшей и составляла от 43,6 до 53,1% (табл. 4).

По гибриду Воронежский 158 СВ и Ладожский 191 МВ доля початков в урожае была более низкой и составляла от 34,2 до 38,4% и 36,7 до 39,0% соответственно. Использование удобрений снижало долю початков в урожае у всех изучаемых гибридов.

Важным показателем для оценки агротехнического приема является оценка его влияния на питательность полученного растительного сырья. Можно отметить тенденцию повышения содержания протеина в полученном растительном сырье при внесении удобрений (табл. 5).

Таблица 4. Соотношение початков и стеблей в зависимости от уровня минерального питания, т/га СВ

№ вар.	Золотой початок 147 МВ			Воронежский 158 СВ			Ладожский 191 МВ		
	початки	стебли	% початков	початки	стебли	% початков	початки	стебли	% початков
1*	3,1	5,0	53,1	4,0	3,6	38,4	3,2	5,6	36,7
2	4,1	7,9	43,6	4,5	5,9	34,2	4,8	7,6	39,0
3	4,6	8,0	46,1	5,3	6,2	36,2	4,9	8,2	37,4

Примечание: * – контроль.
Источник: результаты исследований авторов.

Таблица 5. Содержание питательных веществ в кукурузе при уборке на корм в 1 кг СВ

№ вар.	Содержание питательных вещества в 1 кг СВ				
	сырой протеин, %	сырой жир, %	сырая клетчатка, %	сахар, %	обменная энергия, ГДж
Золотой початок 147 МВ					
1*	6,5	2,2	24,3	13,5	9,9
2	9,2	2,2	25,1	13,8	9,8
3	10,1	2,5	23,9	12,9	10,0
Воронежский 158 СВ					
1*	7,5	1,2	23,2	23,1	9,9
2	7,9	1,0	22,8	21,4	10,0
3	8,0	1,1	22,2	31,5	10,1
Ладожский 191 МВ					
1*	6,2	1,1	25,9	23,6	9,6
2	8,8	1,3	23,7	23,3	9,9
3	9,8	1,3	22,5	29,1	10,2

Примечание: * – контроль.
Источник: результаты исследований авторов.

У гибрида Золотой початок 147 МВ протеин с 6,5% (контроль) увеличился до 9,2% на фоне удобрений по вар. 2 и до 10,1% при использовании удобрений и цинка по вар. 3, или на 41 и 55,3% соответственно.

У гибрида Воронежский 158 СВ протеин с 7,5% (контроль) возрос до 7,9% на фоне удобрений по вар. 2 и до 8,0% при внесении удобрений и цинка по вар. 3, или на 6 и 7% соответственно.

У гибрида Ладожский 191 МВ протеин с 6,2% (контроль) повысился до 8,8% на фоне удобрений по вар. 2 и до 9,8% при применении удобрений и цинка по вар. 3, или на 42 и 58% соответственно.

Установлено повышение содержания сахара в вар. 3 с подкормкой сернокислым цинком у гибридов Воронежский 158 и Ладожский 191 МВ. В сравнении с первым вариантом содержание сахара возросло на 36,3 и 47%, в сравнении с вар. 2 на 23,3 и 24,8% соответственно.

Наблюдается снижение содержания сырой клетчатки у всех гибридов кукурузы до 22,2–23,9% при совместном применении макро- и микроэлемента цинк (вар. 3).

По другим показателям питательности заметных различий не отмечено.

Проанализировано влияние минерального фона на ряд показателей, характеризующих развитие гибридов кукурузы: количество междоузлий, длину початка. Установлено достоверное влияние внесения удобрений на данные показатели. У гибрида Золотой початок 147 МВ в сравнении с контролем количество междоузлий увеличилось на 0,4 и 1,0 шт., длина початка – на 1,4 и 1,6 см по вар. 2 и 3. Достоверное действие цинка установлено на количество междоузлий +0,4 штуки в вар. 3 по сравнению с вар. 2.

Выявлено достоверное влияние на длину початка и количество междоузлий от внесения удобрений на гибриде Воронежский 158 СВ в сравнении с контролем. Возросло по вар. 2 и 3 количество междоуз-

лий на 0,7–1,0 шт., длина початка – на 1,1–1,6 см в сравнении с контролем. Действия цинка на данные показатели не выявлено.

На гибриде Ладожский 191 МВ применение удобрений по вар. 2 и 3 увеличило длину початка на 1,7–2,0 см, количество междоузлий – на 1,3–1,6 шт. в сравнении с контролем. Внесение цинка (вар. 3) не повлияло на данные показатели в сравнении с вар. 2.

После завершения опыта были отобраны образцы почвы для определения показателей почвенного плодородия и в первую очередь цинка (табл. 6).

Таблица 6. Влияние системы удобрения и гибрида на содержание подвижного цинка в почве, мг/кг

Наименование гибрида	Доза удобрений, на 1 га в д.в.		
	N ₀ P ₀ K ₀ *	N ₇₀₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀ (вар. 2)	N ₇₀₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀ + Zn по 120 г/га д.в., две подкормки (вар. 3)
1. Воронежский 158	0,41	0,36	0,78
2. Золотой початок 147 МВ	0,52	0,85	0,87
3. Ладожский 191	0,32	0,33	0,51
Среднее по гибридам	0,42	0,51	0,72
Примечание: * – контроль. Источник: результаты исследований авторов.			

При применении сернокислого цинка в виде двух подкормок (вар. 3) установлено повышение содержания цинка в почве на 59–90% по всем изучаемым гибридам в сравнении с контролем (вар. 1).

Выводы

Проведенные исследования позволили установить высокую эффективность использования минеральных удобрений при выращивании кукурузы в условиях Вологодской области. Используемые дозы удобрений повысили урожайность по всем гибридам кукурузы (на 2,8–4,6 т/га СВ, или на 36,8–57,5%) в сравнении с кон-

тролем без применения удобрений. Существенная прибавка от внесения сернокислого цинка получена у очень раннеспелого гибрида Золотой початок 147 МВ по вар. 3 на 1,2 т/га, или на 11,5%, по сравнению с вар. 2. Питательная ценность кукурузы при внесении удобрений по содержанию протеина возросла у гибрида Золотой початок 147 МВ на 41,9–58,1%, у гибрида Воронежский 158 СВ на 5,3–6,6% и у гибрида Ладожский 191 МВ на 40,9–48,9%.

Таким образом, полученные результаты исследований позволяют рекомендо-

вать внесение на осушенной среднекультуренной дерново-подзолистой почве под кукурузу минеральных удобрений в дозе $N_{70}P_{60}K_{90}$ (под посев) + N_{35} (листовая подкормка) кг/га д.в., а на очень ранние по скороспелости гибриды применять две листовые подкормки сернокислым цинком (500 г/га с содержанием 20–22% цинка).

Полученные в 2025 году результаты исследований являются промежуточными этапами научно-исследовательской работы, которая будет продолжена в 2026 году.

ЛИТЕРАТУРА

- Багринцева В.Н. (2013). Сортовая агротехника – основа высоких урожаев гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. № 4 (28). С. 43–49.
- Бопп В.Л., Васильев А.А., Васильев И.А. [и др.]. (2021). Современные технологии возделывания кукурузы в Красноярском крае: научно-практическое издание. Красноярск. 70 с.
- Волошин Е.И., Аветисян А.Т. (2018). Применение удобрений при возделывании кукурузы в Средней Сибири: методические указания / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск. 31 с.
- Гейгер Е.Ю., Варламова Л.Д., Семенов В.В. [и др.] (2017). Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования // Агрехимический вестник. № 4. С. 58–60.
- Дмитриенко С.А., Клостер Н.И., Азаров В.Б. [и др.] (2024). Динамика запасов минерального азота под посевами кукурузы при различных уровнях удобренности // Научный журнал КубГАУ. № 201 (07). С. 411–419.
- Доспехов Б.А. (1985). Методика полевого опыта: 5-е издание, дополненное и переработанное. Москва: Агропромиздат. 351 с.
- Коновалова Н.Ю., Безгодова И.Л., Коновалова С.С. (2018). Особенности технологий выращивания кормовых культур и заготовки кормов в условиях Европейского Севера Российской Федерации. Вологда: ВолНЦ РАН. 277 с.
- Малышева Е.В., Долгополова Н.В. (2021). Влияние минеральных удобрений на урожайность и вынос элементов питания кукурузой, возделываемой в условиях ЦЧЗ // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. № 3. С. 45–49.
- Нестеренко О.А., Дронов А.В., Мамеев В.В., Петрова С.Н., Лукашина А.А. (2021). Оценка эффективности применения комплексных удобрений при возделывании кукурузы на зерно // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. № 6. С. 20–27.
- Новосёлов Ю.К. и др. (1987). Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва. 198 с.
- Петрова С.Н., Полухин А.А., Кузмичева Ю.В., Ботуз Н.И., Тычинская И.Л. (2017). Экономическая эффективность применения минеральных удобрений при выращивании кукурузы // Вестник Орловского ГАУ. № 2. С. 3–8.
- Петренко Е.С., Эрнст О.Г., Смолянинова Н.О., Ахалбедашвили Д.В. (2016). Особенности технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 12-7. С. 1266–1269.
- Полянский А.Л., Малышева Е.В., Мязин Н.Г. (2023). Оценка применения минеральных удобрений под кукурузу при возделывании на зерно в Западной части ЦЧР // Вестник Брянской ГСХА. № 6 (100). С. 36–41.

- Полянский А.Л., Сергеев С.В., Малышева Е.В. (2025). Результативность микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях лесостепи Центрального Черноземья // Вестник Курской ГСХА. № 5. С. 25–32.
- Прядильщикова Е.Н., Вахрушева В.В., Чернышева О.О. (2024) Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на показатели продуктивности пастбищных агрофитоценозов // АгроЗооТехника. Т. 7. № 3.
- Сотченко В.С., Багринцева В.Н. (2015). Технология возделывания кукурузы // Вестник АПК Ставрополья. № 2. С. 79–84.
- Стулин А.Ф. (2018). Комплексная оценка длительного применения минеральных удобрений в агроценозах кукурузы в условиях Центрального Черноземья // Кукуруза и сорго. № 1 (4). С. 9–14.
- Семина С.А., Гаврюшина И.В., Семина Ю.А. (2020). Приемы агротехники и биохимический состав кукурузы // Нива Поволжья. № 4 (57). С. 58–64.
- Чухина О.В., Вахрушева В.В. (2019). Применение удобрений и расчет доз их внесения в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в природно-климатических условиях Вологодской области: информационно-справочное издание. Вологда.

Сведения об авторах

Елена Николаевна Прядильщикова – старший научный сотрудник, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: lenka2305@mail.ru)

Надежда Юрьевна Коновалова – старший научный сотрудник, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: konovalova5858@mail.ru)

Вера Викторовна Вахрушева – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: vvesnina@mail.ru)

Светлана Сергеевна Коновалова – лаборант-исследователь, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: konovalova5858@mail.ru)

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL VALUE OF CORN HYBRIDS IN THE VOLOGDA REGION

Pryadilshchikova E.N., Konovalova N.Yu.,
Vakhrusheva V.V., Konovalova S.S.

The article presents research findings on the influence of mineral fertilizers on the development of corn hybrids for forage production. The research method consisted of a field experiment comprising 9 treatments in triplicate. The experimental soil is drained, soddy-podzolic, medium loamy, and moderately cultivated. The study was conducted on an experimental field near the village of Dityatyev, Vologda District. Three earlymaturing corn hybrids were sown: Zolotoy Pochatok 147 MV, Voronezhsky 158 SV, and Ladozhsky 191 MV. Fertilizer application rates were

in accordance with the research methodology. The aim of this study is to unlock the yield potential of corn hybrids through mineral fertilization, including NPK macronutrients and the micronutrient zinc, under the conditions of the Vologda Region. The scientific novelty of the research lies in the fact that, for the first time under the natural and climatic conditions of the Vologda Region, the effect of mineral fertilizers, including zinc sulfate, on yield, yield structure, and the nutritional value of green mass has been studied with a view to developing a fertilization system for silage corn. The results obtained revealed that all studied corn hybrids responded positively to the application of mineral fertilizers. The yield increases over the unfertilized treatment ranged from 2.8 to 4.6 t/ha of dry matter, or 36.6–54.5%. Twofold topdressing with zinc sulfate (Treatment 3) significantly increased the yield of the early maturing hybrid Zolotoy Pochatok 147 MV – by 1.2 t/ha of dry matter, or 11.5%, compared to Treatment 2 with fertilization without zinc. The nutritional value of the obtained mass, in terms of protein content, increased by 41.5–55.4% for Zolotoy Pochatok 147 MV, by 5.3–6.6% for Voronezhsky 158 SV, and by 41.9–58.1% for Ladozhsky 191 MV. The findings are intended for the conditions of the European North of Russia.

Corn (maize), mineral fertilizers, zinc, application timing, productivity, nutritional value.

REFERENCES

- Bagrintseva V.N. (2013). Varietal agricultural techniques are the basis for high yields of corn hybrids. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 4(28), 43–49 (in Russian).
- Bopp V.L., Vasil'ev A.A., Vasil'ev I.A. et al. (2021). *Sovremennye tekhnologii vozdeleyvaniya kukuruzy v Krasnoyarskom krae: nauchno-prakticheskoe izdanie* [Modern Technologies for Cultivating Corn in the Krasnoyarsk Region: Scientific and Practical Publication]. Krasnoyarsk.
- Chukhina O.V., Vakhrusheva V.V. (2019). *Primenenie udobrenii i raschet doz ikh vneseniya v tekhnologiyakh vozdeleyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Vologodskoi oblasti: informatsionno-spravochnoe izdanie* [Application of Fertilizers and Calculation of Their Application Rates in Crop Cultivation Technologies in the Natural and Climatic Conditions of the Vologda Region: Information and Reference Book]. Vologda.
- Dmitrienko S.A., Kloster N.I., Azarov V.B. et al. (2024). Dynamics of mineral nitrogen reserves under corn crops at different levels of fertilization. *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 201(07), 411–419 (in Russian).
- Dospikhov B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta: 5-e izdanie, dopolnennoe i pererabotannoe* [Field Experiment Methodology: 5th Edition, Revised and Expanded]. Moscow: Agropromizdat.
- Geiger E.Yu., Varlamova L.D., Semenov V.V. et al. (2017). Chelated microfertilizers: Experience and prospects of use. *Agrokhimicheskii vestnik*, 4, 58–60 (in Russian).
- Konovalova N.Yu., Bezgodova I.L., Konovalova S.S. (2018). *Osobennosti tekhnologii vyrashchivaniya kormovykh kul'tur i zagotovki kormov v usloviyakh Evropeiskogo Severa Rossiiskoi Federatsii* [Features of Technologies for Growing Fodder Crops and Harvesting Fodder in the European North of the Russian Federation]. Vologda: VolNTS RAN.
- Malysheva E.V., Dolgopolova N.V. (2021). Influence of mineral fertilizers on the yield and removal of nutrients by corn grown in the Central Black Earth Region. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 3, 45–49 (in Russian).
- Nesterenko O.A., Dronov A.V., Mameev V.V., Petrova S.N., Lukashina A.A. (2021). Evaluation of the effectiveness of using complex fertilizers in corn cultivation. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 6, 20–27 (in Russian).
- Novoselov Yu.K. et al. (1987). *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami* [Guidelines for Conducting Field Experiments with Forage Crops]. Moscow.
- Petrenko E.S., Ernst O.G., Smolyaninova N.O., Akhalbedashvili D.V. (2016). Features of corn cultivation technology in the Amur Region. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 12-7, 1266–1269 (in Russian).

- Petrova S.N., Polukhin A.A., Kuzmicheva YU.V., Botuz N.I., Tychinskaya I.L. (2017). Economic efficiency of using mineral fertilizers in corn cultivation. *Vestnik Orlovskogo GAU*, 2, 3–8 (in Russian).
- Polyanskii A.L., Malysheva E.V., Myazin N.G. (2023). Evaluation of the use of mineral fertilizers for corn cultivation for grain in the western part of the Central Black Earth Region. *Vestnik Bryanskoi GSKHA*, 6(100), 36–41 (in Russian).
- Polyanskii A.L., Sergeev S.V., Malysheva E.V. (2025). Effectiveness of micronutrient fertilizers in grain corn cultivation in the forest-steppe zone of the Central Chernozem region. *Vestnik Bryanskoi GSKHA*, 5, 25–32 (in Russian).
- Pryadil'shchikova E.N., Vakhrusheva V.V., Chernysheva O.O. (2024) Influence of mineral fertilizers and biological products on the productivity of pasture agrophytocenoses. *AgroZooTekhnika=Agricultural and Livestock Technology*, 7(3) (in Russian).
- Semina S.A., Gavryushina I.V., Semina Yu.A. (2020). Agricultural techniques and the biochemical composition of corn. *Niva Povolzh'ya*, 4(57), 58–64 (in Russian).
- Sotchenko V.S., Bagrintseva V.N. (2015). Corn cultivation technology. *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2, 79–84 (in Russian).
- Stulin A.F. (2018). Comprehensive assessment of long-term use of mineral fertilizers in corn agrocenoses in the Central Chernozem region. *Kukuruzha i sorgo*, 1(4), 9–14 (in Russian).
- Voloshin E.I., Avetisyan A.T. (2018). *Primenenie udobrenii pri vozdeleyanii kukuruzy v Srednei Sibiri: metodicheskie ukazaniya* [Application of Fertilizers in Corn Cultivation in Central Siberia: Guidelines]. Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk.

Information about the authors

Elena N. Pryadilshchikova – Senior Researcher, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Molochnoe Rural Settlement, Vologda, 160555, Russian Federation; e-mail: lenka2305@mail.ru)

Nadezhda Yu. Konovalova – Senior Researcher, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Molochnoe Rural Settlement, Vologda, 160555, Russian Federation; e-mail: konovalova5858@mail.ru)

Vera V. Vakhrusheva – Candidate of Sciences (Agriculture), head of department, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Molochnoe Rural Settlement, Vologda, 160555, Russian Federation; e-mail: vvesnina@mail.ru)

Svetlana S. Konovalova – laboratory researcher, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Molochnoe Rural Settlement, Vologda, 160555, Russian Federation; e-mail: konovalova5858@mail.ru)