

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ПО ЗЕМЛЕДЕЛИЮ»

Объект авторского права

УДК 633.15+633.255:631.559:631[84+531.04]:631.455.24

Костеневич
Вадим Николаевич

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС
И ЗЕРНО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЯ, СРОКА СЕВА
И ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

по специальности 06.01.09 – растениеводство

Жодино, 2026

Работа выполнена в республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию»

**Научный
руководитель:**

Надточаев Николай Федорович,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела полевого кормопроизводства республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию»

**Официальные
оппоненты:**

Шелюто Бронислава Васильевна,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

Копылович Владимир Леонидович,
кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией кормопроизводства республиканского научного дочернего унитарного предприятия «Полесский институт растениеводства»

**Оппонирующая
организация:**

учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет»

Защита состоится 17 апреля 2026 г. в 14⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций Д 01.52.01 при республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» по адресу: Республика Беларусь, Минская область, 222164, г. Жодино, ул. Тимирязева, 1, конференц-зал, тел/факс: +375-1775-40096, +375-1775-52751, e-mail: izis-sovet@yandex.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию».

Автореферат разослан 13 марта 2026 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат сельскохозяйственных наук



Н. А. Лужинская

ВВЕДЕНИЕ

Животноводство в Беларуси относится к экспортно ориентированной отрасли и является основой развития как агропромышленного комплекса, так и экономики в целом. По этой причине создание прочной кормовой базы животноводства – главная задача АПК. Кукуруза в современных условиях является важным резервом стабилизации кормопроизводства и продуктивности животных. Существует сильная корреляционная связь между производством в 1986–2024 гг. кукурузы в Республике Беларусь и молока ($r = 0,94$). К сожалению, приходится констатировать, что продуктивный потенциал современных гибридов в производстве реализуется лишь наполовину, а кормовая единица остается одной из самых дорогостоящих среди этой группы кормовых культур, что требует постоянного совершенствования технологии возделывания кукурузы. В этом направлении в Беларуси работали многие ученые: С. И. Тишков, Б. Н. Журавель, В. Н. Шлапунов, З. М. Глушина, С. С. Барсуков, Ю. Ф. Ивашко, В. А. Кислеков и в настоящее время исследования продолжают Н. Ф. Надточаев, Л. А. Булавин, Г. Н. Куркина, А. З. Богданов и др. По минеральному питанию растений кукурузы глубокие исследования проводят ученые Института почвоведения и агрохимии Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, Е. Г. Мезенцева и др. Однако в условиях изменившегося климата и разнообразия почв в стране недостаточно изученными остаются проблемные моменты питания кукурузы, оптимальной глубины заделки семян в зависимости от срока сева и посевных качеств семян. На юге республики последние исследования проводились более двух десятилетий назад, а в центральной части – в восьмидесятых годах прошлого столетия, когда культивируемые в то время гибриды были менее холодостойкими, чем нынешние, не обладали качеством «stay-green», более эффективно использующими элементы питания из почвы. Изучение указанных выше элементов технологии выращивания кукурузы на супесчаной почве центральной части Беларуси нашло отражение в наших исследованиях.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами. Рассматриваемые в диссертации вопросы входили в ГНТП «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии» на 2021–2025 годы, подпрограмму «Агропромкомплекс – инновационное развитие», задание 2.67 «Усовершенствовать ресурсоэффективную, экологически безопасную технологию возделывания кукурузы на зерно и силос, обеспечивающую повышение урожайности на 8–10 % и снижение себестоимости на 10–12 %» (№ госрегистрации 20213492) и задание 2.119 «Усовершенствовать технологические приемы возделывания отечественных гибридов кукурузы при их выращивании в различных регионах Республики Беларусь» (№ госрегистрации 20241545), выполнялись в соответствии с тематикой научных исследований РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Цель, задачи, объект и предмет исследований. Цель исследований – установить влияние органических удобрений, форм, доз, сроков и способов внесения азотных удобрений при повторном выращивании кукурузы и в севообороте, глубины заделки семян отечественных гибридов в зависимости от массы 1000 зерен и срока сева на формирование урожая и его качество.

Задачи исследования:

1. Определить влияние органических удобрений, различных доз и сроков внесения карбамида на урожайность и качество продукции при размещении кукурузы в севообороте после ячменя.

2. Оценить действие различных доз, сроков, способов и форм азотных удобрений на формирование урожая, продуктивность и качество кукурузы при повторном выращивании.

3. Установить оптимальную глубину заделки семян отечественных гибридов в зависимости от срока сева и массы 1000 зерен, обеспечивающую наибольшую полноту всходов и урожайность кукурузы.

4. Провести экономическую оценку эффективности предлагаемых приемов при возделывании кукурузы на супесчаной почве центральной части Беларуси.

Объект исследования – кукуруза.

Предмет исследования – продукционные процессы формирования урожая зерна и зеленой массы кукурузы и его качества в зависимости от применяемых приемов возделывания.

Научная новизна. Впервые в изменившихся климатических условиях изучено влияние глубины заделки семян отечественных гибридов кукурузы при разных сроках сева в зависимости от массы 1000 зерен и генотипа, различных доз, сроков, способов и форм азотных удобрений на рост растений, их развитие и формирование урожая зеленой массы и зерна. Для супесчаных почв центральной части Беларуси предложены наиболее экономически эффективные варианты выращивания кукурузы на зерно и силос, включающие новые, не изученные ранее гибриды, схемы применения удобрений с учетом предшествующей культуры, оптимальные параметры глубины заделки семян в зависимости от их массы, срока сева и генотипа.

Положения, выносимые на защиту.

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве центральной части Беларуси наибольший прирост растений кукурузы в высоту отмечается с конца июня до середины июля и определяющим фактором является влага. Органические удобрения независимо от влагообеспеченности вегетационного периода способствуют увеличению высоты растений на 4,0–6,9 %, тогда как азотные удобрения в дозе 90–150 кг/га д.в., срок сева с разницей в 2 недели, глубина заделки семян (от 2–3 до 6–7 см) существенно не влияют на этот показатель.

2. При размещении кукурузы после ячменя, убранного на зерно с запашкой соломы, органические удобрения в виде подстилочного навоза КРС в дозе

50 т/га способствуют существенному приросту сухого вещества, протеина, кормовых единиц и зерна. На этом фоне внесение в виде карбамида 30 кг/га д.в. азота до сева + 60 кг/га в фазу 7–8 листьев вразброс позволяет получать стабильно высокий сбор протеина, максимальный – сухого вещества, кормовых единиц и зерна, обеспечивая при этом наибольший чистый доход (1233,80 руб/га при выращивании на зерно и 1652,70 руб/га при выращивании на силос) и положительный баланс азота в почве (+104,1 кг/га).

3. При повторном выращивании кукурузы с использованием последствия органического удобрения стабильно высокий сбор сухого вещества, зерна и наибольший чистый доход при выращивании на зерно (1172,2–1201,5 руб/га) или на силос (1411,7–1471,0 руб/га) обеспечивается при следующих вариантах внесения азотных удобрений: $N_{30КАС}$ до сева + $N_{60К(карбамид)}$ вразброс в фазу 7–8 листьев; $N_{60КАС}$ до сева + по $N_{30КАС}$ путем опрыскивания 8 %-м раствором в фазу 5–6 и 7–8 листьев; $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60КАС}$ с заделкой в междурядья и $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев.

4. При оптимальном сроке сева кукурузы по сравнению с более ранним на 2 недели до всходов период короче на 8 сут и от всходов до цветения початков – на 4 сут, в результате чего эта фаза наступает только на 2 дня позже. Увеличение глубины заделки семян с 2–3 до 6–7 см задерживает появление всходов кукурузы до 3 сут и приводит к росту потерь всхожих при лабораторном определении семян с 5,1–5,2 до 6,0 % у холодостойкого гибрида Дарьян и с 8,3–9,3 до 13,7–17,4 % у теплолюбивого гибрида Полесский 202.

5. Гибрид Дарьян (ФАО 210) при выращивании на силос формирует 168–182 ц/га к.ед. независимо от фракции семян, срока сева и глубины их заделки. Полесский 202 (ФАО 230) при использовании мелкой фракции (7–8 мм) и глубокой заделке семян (свыше 5 см) существенно снижает продуктивность, особенно при раннем севе. При выращивании на зерно более высокую урожайность (88,2 ц/га) и самую низкую его себестоимость (346,7 руб/т) обеспечивает гибрид Дарьян при раннем сроке сева и использовании крупной фракции семян с заделкой их на глубину 2–3 см.

Личный вклад соискателя ученой степени. В диссертационную работу включены исследования, выполненные в течение 2022–2024 гг. как самостоятельно, так и совместно с сотрудниками отдела полевого кормопроизводства, которым автор выражает большую признательность. Оценка и систематизация полученных данных, их статистическая обработка, написание диссертационной работы и сделанные выводы осуществлены соискателем лично. По результатам исследований в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области в 2024 г. проведена производственная проверка.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Результаты исследований по теме диссертации были представлены на Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития инновационных технологий в земледелии, растениеводстве, селекции и семеноводстве» (г. Жодино, 20–21 июня 2024 г.); Национальной научной кон-

ференции с международным участием, посвященной 50-летию деятельности Института растениеводства «Порумбень» (Республика Молдова, 11–12 сентября 2024 г.); XIII Международной конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур» (г. Краснодар, 4–6 марта 2025 г.), Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути повышения эффективности растениеводства» (г. Жодино, 25–26 июня 2025 г.). Результаты исследований ежегодно обсуждались на заседаниях ученого совета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», внедрены в сельскохозяйственное производство в соответствии с планами освоения важнейших результатов научно-исследовательских работ.

Опубликованность результатов диссертации. Основные положения диссертации опубликованы в 15 печатных работах (7,64 авторских листа), в т.ч. в научных журналах и сборниках согласно Перечню ВАК – 10 (5,99 авторских листа), в материалах конференций – 4 (1,22), в прочих изданиях – 1 (0,41). Объем публикаций, принадлежащих лично соискателю, составил 4,94 авторских листа.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 120 страницах, в том числе 85 страниц текста, состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, 5 глав основной части диссертации, заключения, библиографического списка, приложений. Работа содержит 64 таблицы, 13 рисунков, 4 приложения. Список использованной литературы включает 267 источников, из них 33 – на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Потепление климата и более частые экстремально засушливые периоды, а также внедрение в производство новых холодостойких и высокопродуктивных отечественных гибридов кукурузы, обладающих качеством «stay-green», вызывает необходимость усовершенствования некоторых элементов технологии возделывания кукурузы в центральной части Беларуси. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что при изменяющихся условиях среды реакция гибридов на применение удобрений, особенно азотных, сроки сева и глубину заделки семян может существенно различаться в зависимости от складывающейся погоды, что требует глубоко научного изучения.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2022–2024 гг.

Погодные условия в годы проведения исследований были различными. Отличительными их особенностями явились: 1) пониженные температуры воздуха после раннего сева, повлекшие продолжительный довсходовый период; 2) ежегодный дефицит осадков в августе, а в 2023 г. и в первой половине вегетации; 3) большое количество тепла в 2024 г., впервые отмечаемое за всю историю метеонаблюдений с 1960 г. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2022 г. составила 915 °С, в 2023 г. – 1148 °С, в 2024 г. – 1288 °С при норме 896 °С. С мая по сентябрь в 2022 г. выпало 352 мм осадков, в 2023 г. – лишь 180 мм, в 2024 г. – 281 мм при норме 370 мм.

Характеристика почвы опытного участка

Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м. Пахотный слой опытного участка имел следующие агрохимические показатели: рН – 6,05–6,14, содержание гумуса – 2,24–2,70 %, фосфора – 180–200 мг/кг, калия – 257–286 мг/кг почвы.

Методика проведения исследований

Программа исследований включала 3 полевых опыта. В опыте № 1 подстильный навоз крупного рогатого скота вносили перед зяблевой вспашкой. Посев протравленных препаратами Максим XL, 1 л/т + Табу, 5 л/т семян гибрида Дарьян осуществляли 4 мая 2022 г., 21 апреля 2023 г. и 11 апреля 2024 г. Подкормку проводили 22 июня 2022 г., 19 июня 2023 г. и 10 июня 2024 г. в фазу 7–8 листьев. В опыте № 2 посев и подкормки в фазу 7–8 листьев осуществляли в те же сроки, в фазу 5–6 листьев – 14 июня, 30 мая и 29 мая соответственно.

В опыте № 3 посев проводили в 2 срока: 1) ранний – при сумме положительных температур около 200 °С (28 апреля 2022 г., 19 апреля 2023 г. и 10 апреля 2024 г.) и 2) оптимальный – через 2 недели после первого срока. Протравленные теми же препаратами семена гибрида Дарьян мелкой фракции (7 мм) соответственно году исследований имели массу 1000 шт. 202, 196, 271 г и лабораторную всхожесть 96, 97, 100 %, крупной фракции (9 мм) – 273, 290, 356 г и 99, 100, 100 %, гибрида Полесский 202 мелкой фракции (7 мм) – 257, 193, 215 г и 93, 96, 100 %, крупной (8–9 мм) – 323, 305, 357 г и 99, 94, 100 %.

Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную комбинированную обработку. Калийные (K₁₂₀) в виде хлористого калия и фосфорные (P₄₅) удобрения в виде аммонизированного суперфосфата вносили перед зяблевой вспашкой. В опыте № 3 использовали карбамид в дозе 130 кг/га д.в. азота. Норма вы-

сева семян во всех опытах составляла 100 тыс/га. В фазу 2–3 листьев кукурузы применяли гербицид Люмакс, СЭ, 3,5 л/га + Дублон, СК, 0,2 л/га. Площадь опытной делянки в опытах № 1 и № 2 – 33,6 м², № 3 – 19,6 м², повторность – четырехкратная.

Расчет экономической эффективности проведен в ценах 2024 г. Стоимость силосной массы кукурузы рассчитывали по энергопротеиновым единицам согласно Методике оценки экономической эффективности кормовых ресурсов с учетом их целевого использования в молочном скотоводстве.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И КАРБАМИДА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ ПОСЛЕ ЯЧМЕНЯ

Динамика роста растений кукурузы при различных дозах и сроках внесения карбамида и использовании навоза

Трехлетние исследования показали, что наибольший суточный прирост растений кукурузы в высоту отмечался с конца июня до середины июля (рисунок 1). Дефицит влаги в почве, отмечавшийся в данный период в 2023 г., негативно сказался на этом показателе. При близком к среднегодовому значению количестве осадков высота растений кукурузы в 2022 г. была большей в 1,4 раза по сравнению с тем, когда в мае–июне их выпадало лишь 30 мм.

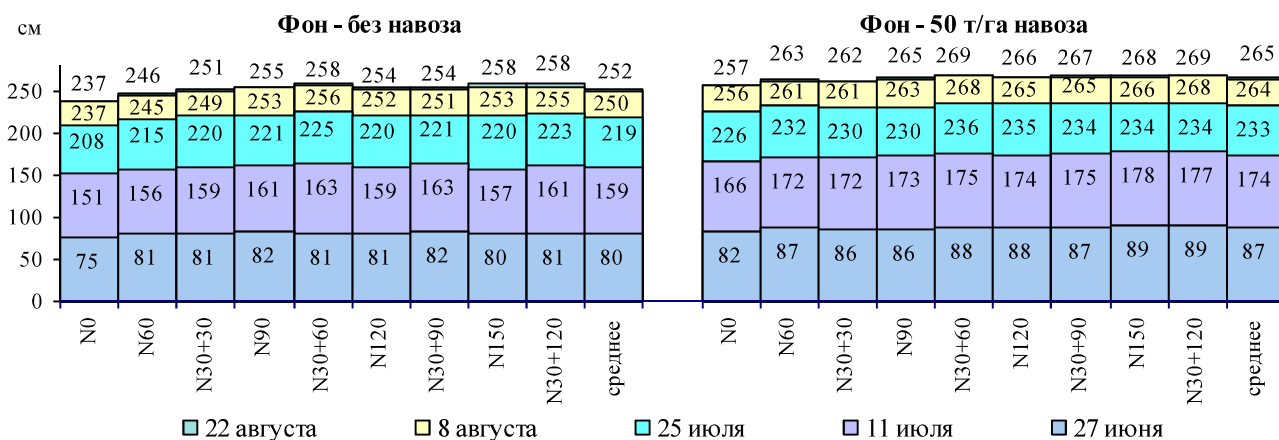


Рисунок 1 – Динамика роста растений кукурузы в зависимости от дозы и срока внесения карбамида, среднее за 2022–2024 гг.

Органические удобрения (50 т/га подстилочного навоза) способствовали лучшему росту растений независимо от влагообеспеченности вегетационного периода. Без применения навоза более эффективным было дробное внесение азота, причем в виде подкормки не более 60 кг/га. Увеличение высоты растений на обоих фонах происходило при повышении дозы азота до 90 кг/га, из которых 30 кг/га вносили до сева. При достаточной влагообеспеченности, как это было в 2022 г., рост растений продолжался до фазы начала молочной спелости зерна, в менее благоприятных условиях (2023 г. и 2024 г.) он прекращался после цветения початков.

Структура, величина и качественные показатели урожая кукурузы в зависимости от применения органического удобрения, дозы и срока внесения карбамида

При размещении кукурузы в севообороте после ячменя наибольшая урожайность сухого вещества (СВ) и зерна в среднем за 3 года получена при использовании навоза в сочетании с внесением в один прием или дробно 90–150 кг/га д.в. азота в виде карбамида – 186–194 и 92,9–96,3 ц/га соответственно (рисунок 2). Вместе с тем только два варианта (N₃₀ до сева + N₆₀ вразброс в фазу 7–8 листьев и N₁₅₀ до сева) ежегодно обеспечивали стабильно высокую урожайность СВ (189–194 ц/га) и только один вариант (30 кг/га азота до сева + 60 кг/га в подкормку) – зерна (96,3 ц/га), прибавив к контролю 22,5 %.

Без применения навоза лучшим был вариант с внесением N₁₅₀ в один прием (172 ц/га СВ и 85,4 ц/га зерна), однако недобор урожая по сравнению с удобренным навозом фоном составил 17,1 и 7,7 ц/га соответственно. Самая высокая прибавка СВ от применения навоза получена в 2024 г. – 17,3 %, в 2023 г. она равнялась 14,4 % и в 2022 г. – 11,0 %. Лучшие варианты с внесением азота на этом фоне обеспечили прирост урожайности в среднем за 3 года 18,7–21,2 %, на безнавозном фоне – 26,3 %. Навоз и дробное внесение 90 кг/га азота обеспечили прибавку 10,9 ц/га зерна по отношению к варианту с использованием 150 кг/га азота в один прием без органических удобрений. Доля зерна в урожае сухого вещества зависела не от применяемых удобрений, а от теплообеспеченности вегетационного периода года и самой низкой была при меньшем количестве тепла в 2022 г. (в среднем 33,1 % против 48,0–48,2 % в два последующие).

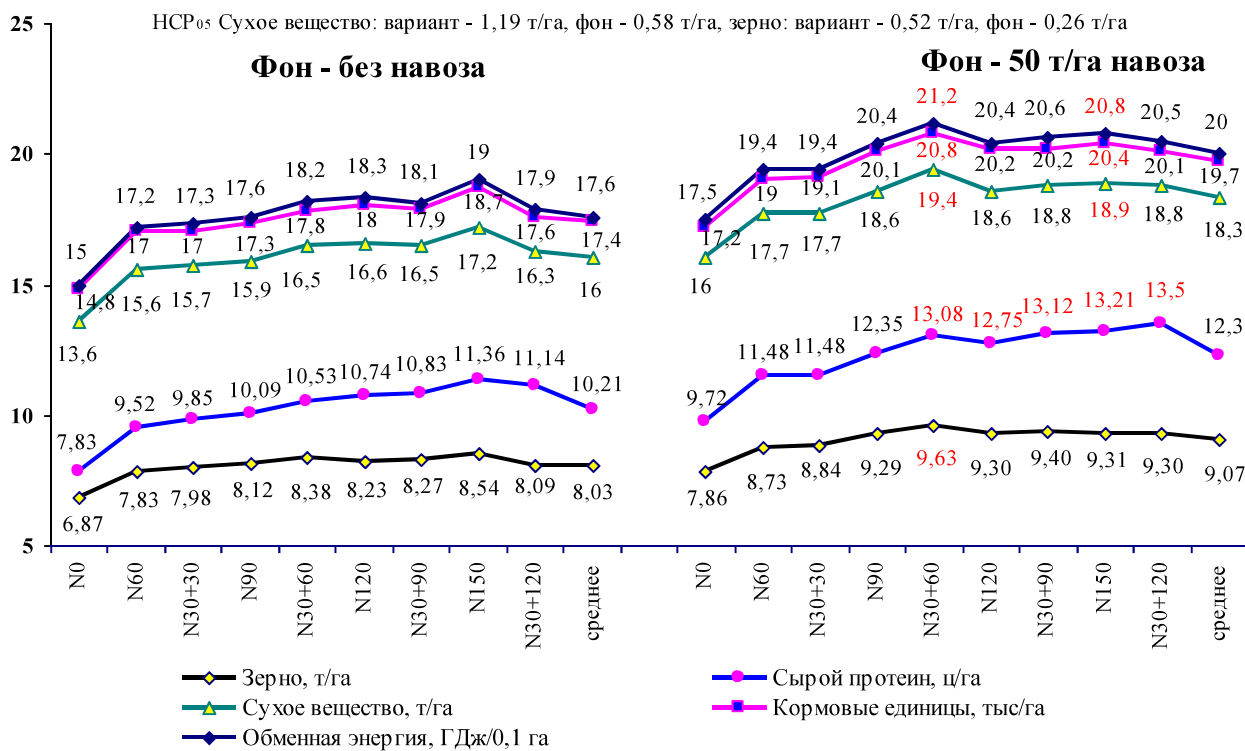


Рисунок 2 – Продуктивность кукурузы в зависимости от дозы и срока внесения карбамида, среднее за 2022–2024 гг.

Экономическая эффективность возделывания кукурузы при размещении после ячменя с использованием органических и азотных минеральных удобрений

На фоне 50 т/га подстилочного навоза внесение 30 кг/га д.в. азота до сева + 60 кг/га вразброс в фазу 7–8 листьев в виде карбамида обеспечивало получение максимального чистого дохода (рисунок 3).

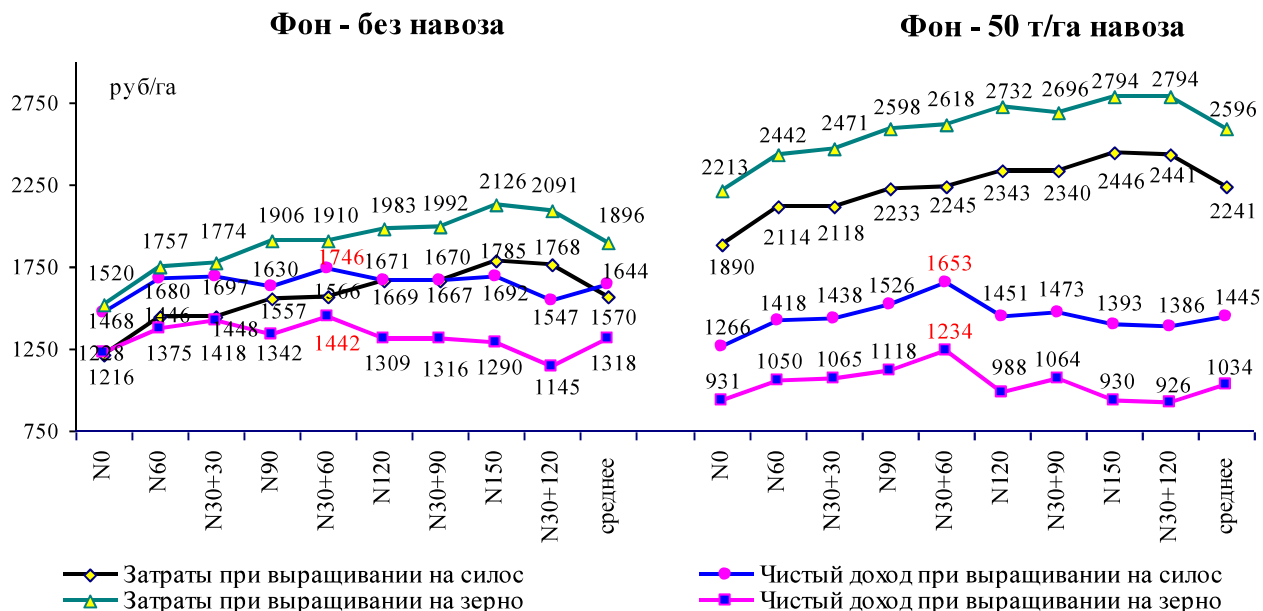


Рисунок 3 – Экономическая эффективность выращивания кукурузы на силос и зерно в зависимости от дозы и срока внесения карбамида на различных фонах применения органического удобрения

При выращивании на силос он составил 1653 руб/га, на зерно – 1234 руб/га соответственно с себестоимостью 1 т к.ед. 150 руб., зерна – 340 руб. при положительном балансе азота в почве (+104,1 кг/га). Без применения органических удобрений чистый доход еще выше – 1746 и 1442 руб/га соответственно, т.е. экономически выгодный вариант растениями кукурузы сформирован за счет почвенного плодородия при отрицательном балансе азота (-79 кг/га).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ, ДОЗ И СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПОВТОРНОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

Рост и развитие растений кукурузы при различных формах, дозах и способах внесения азота

На начальном этапе до фазы начала интенсивного роста растений кукурузы (9–11 листьев) на их прирост большее влияние оказывало почвенное плодородие, а не доза внесения минерального азота (рисунок 4). Так, по состоянию на 27 июня в 2022 г. в контроле высота растений составила 62 см, а в удобренных

азотом вариантах (60–120 кг/га) – 58–63 см, в 2023 г. – 80 и 76–85 см соответственно. Лишь в 2024 г. при обильных осадках и когда растения находились уже в более поздней фазе развития контрольный вариант уступал удобренным азотом вариантам на 7–18 см.

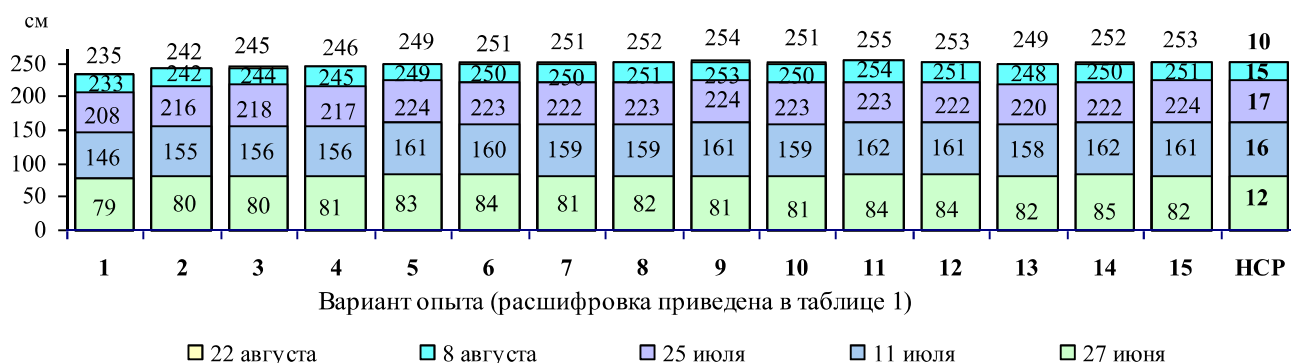


Рисунок 4 – Динамика роста растений кукурузы в зависимости от дозы и срока внесения азотных удобрений, среднее за 2022–2024 гг.

Опрыскивание растений в фазу 7–8 листьев кукурузы КАС даже при разбавлении до 8 %-й концентрации азота вызывало сильные ожоги листьев, что приводило к снижению их высоты, а карбамид при разбросном внесении, напротив, способствовал ее увеличению. Так, в среднем за 3 года в первом случае высота растений составляла 245–251 см, во втором – 249–255 см. Внесение высоких доз азота (более 90 кг/га в один прием или дробно) не приводило к увеличению высоты растений кукурузы. В среднем за 3 года ее прирост относительно контрольного варианта составил 4,7 % при внесении 60 кг/га и по 7,2 % при внесении 90 и 120 кг/га азота.

Продуктивность кукурузы и качественные показатели урожая

При повторном выращивании кукурузы с использованием последействия навоза стабильно высокий в течение трех лет сбор СВ был обеспечен в четырех вариантах с дозой азота 120 кг/га (в один прием до сева или дробно), где получено 174,0–177,8 ц/га, и в двух вариантах с дозой азота 90 кг/га, из которых 30 или 60 кг/га вносили вразброс в фазу 7–8 листьев, со сбором СВ 172,6–173,0 ц/га (таблица 1).

При выращивании на зерно ежегодно высокую урожайность обеспечили только 4 варианта применения азотных удобрений: три с дробным внесением 120 кг/га и один с внесением 30 кг/га д.в. в виде КАС до сева + 60 кг/га в виде карбамида вразброс в фазу 7–8 листьев кукурузы. В среднем она составила 90,2–91,4 ц/га, превысив контроль без азотных удобрений на 33–35 %. Если для формирования биомассы лимитирующим урожайность фактором была влага, то для формирования зерна – температура, поэтому самые низкие показатели по сбору сухого вещества отмечены в 2023 г. при сумме осадков 180 мм, зерна – в 2022 г. при сумме эффективных температур 915 °С.

Таблица 1 – Влияние дозы и срока внесения азотных удобрений на урожайность зеленой массы и зерна кукурузы, ц/га

| № вар. | Схема применения удобрений, кг/га* | | | | | Сухое вещество | | | | Зерно 14%-й влажности | | | |
|-------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|
| | А | Б | В | Г | Д | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Среднее | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
| 1 | 0 | | | | | 167,6 | 124,9 | 114,8 | 135,8 | 64,3 | 75,7 | 63,5 | 67,8 |
| 2 | 60 | | | | | 177,6 | 136,9 | 149,9 | 154,8 | 69,8 | 86,5 | 82,6 | 79,6 |
| 3 | 30 | | 30 | | | 172,6 | 142,1 | 140,8 | 151,8 | 68,3 | 87,8 | 81,1 | 79,1 |
| 4 | 30 | | | 30 | | 173,4 | 143,9 | 145,7 | 154,3 | 69,4 | 89,1 | 81,2 | 79,9 |
| 5 | 30 | | | | 30 | 182,7 | 155,4 | 157,5 | 165,2 | 70,7 | 96,6 | 86,7 | 84,7 |
| 6 | 90 | | | | | 182,6 | 146,9 | 166,3 | 165,2 | 68,1 | 91,6 | 91,8 | 83,8 |
| 7 | 30 | 30 | 30 | | | 187,4 | 155,6 | 157,4 | 166,8 | 71,8 | 93,6 | 90,9 | 85,4 |
| 8 | 30 | | | 60 | | 189,6 | 159,1 | 155,0 | 167,9 | 74,9 | 97,7 | 86,4 | 86,3 |
| 9 | 30 | | | | 60 | 184,6 | 158,9 | 174,3 | 172,6 | 72,1 | 98,2 | 100,3 | 90,2 |
| 10 | 60 | | 30 | | | 183,7 | 153,8 | 165,9 | 167,8 | 71,4 | 92,3 | 92,5 | 85,4 |
| 11 | 60 | | | | 30 | 187,1 | 157,2 | 174,8 | 173,0 | 70,3 | 97,5 | 94,8 | 87,5 |
| 12 | 120 | | | | | 187,9 | 150,4 | 183,9 | 174,0 | 71,2 | 93,9 | 104,1 | 89,7 |
| 13 | 60 | 30 | 30 | | | 186,6 | 158,7 | 180,6 | 175,3 | 72,9 | 96,0 | 105,4 | 91,4 |
| 14 | 60 | | | 60 | | 196,8 | 157,4 | 175,0 | 176,4 | 78,2 | 94,2 | 101,1 | 91,2 |
| 15 | 60 | | | | 60 | 188,7 | 162,6 | 181,3 | 177,6 | 72,7 | 97,4 | 103,4 | 91,2 |
| НСР ₀₅ | | | | | | 14,7 | 14,9 | 16,1 | 15,2 | 6,1 | 8,4 | 9,5 | 8,1 |

Примечание – *А – КАС до сева, Б – опрыскивание 8 %-м раствором КАС в 5–6 листьях, В – опрыскивание 8 %-м раствором КАС в 7–8 листьях, Г – внесение КАС в междурядья в 7–8 листьях, Д – карбамид вразброс в 7–8 листьях.

Экономическая эффективность применения различных форм, доз, сроков и способов внесения азотных удобрений при повторном выращивании кукурузы

Азотные удобрения, повышая содержание этого элемента в растениях, в совокупности с ростом урожайности кукурузы существенно увеличивали сбор сырого протеина (СП) с 1 га (таблица 2). В среднем за 3 года более 12 ц/га сформировали растения кукурузы при внесении 120 кг/га азота в один прием или дробно, обеспечив прибавку к контролю 44–53 %. По выходу кормовых единиц наряду с этими четырьмя вариантами высокий показатель обеспечило применение 30 кг/га азота в виде КАС до сева + 60 кг/га д.в. в виде карбамида в фазу 7–8 листьев, где их сбор составил 182,1–187,8 ц/га.

Наибольший чистый доход обеспечили только 4 варианта: N_{30КАС} до сева + N_{60К(карбамид)} вразброс в фазу 7–8 листьев (1422,0 руб/га); N_{60КАС} до сева + по N_{30КАС} путем опрыскивания 8 %-м раствором в фазу 5–6 и 7–8 листьев (1411,7 руб/га); N_{60КАС} до сева + N_{60КАС} с заделкой в междурядья (1418,7 руб/га); N_{60КАС} до сева + N_{60К} вразброс в фазу 7–8 листьев (1471,0 руб/га). Высокие дозы азота (120 кг/га) приводили к росту себестоимости силосной массы. Самой низкой она оказалась при внесении N_{30КАС} до сева + N_{30-60К} вразброс в фазу 7–8 листьев (136,9–139,2 руб/т к.ед.). Однако снижение суммарной дозы азота до 60 кг/га вызывало существенный недобор урожая и, соответственно, уменьшение чистого дохода.

Таблица 2 – Продуктивность и экономическая эффективность применения азотных удобрений при повторном выращивании кукурузы

| Схема применения удобрений, кг/га* | | | | | Сбор, ц/га | | Экономические показатели | | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------------------|---------------|--------------|--------------------------|---------------|--------------|
| | | | | | СП | к.ед. | при выращивании на силос | | | при выращивании на зерно | | |
| А | Б | В | Г | Д | | | 1** | 2 | 3 | 1** | 2 | 3 |
| 0 | | | | | 8,34 | 143,4 | 1673,7 | 995,6 | 145,7 | 1969,8 | 742,2 | 363,2 |
| 60 | | | | | 10,15 | 164,3 | 1875,7 | 1194,9 | 142,7 | 2202,5 | 981,5 | 345,9 |
| 30 | | 30 | | | 10,04 | 160,5 | 1871,1 | 1149,1 | 145,7 | 2187,9 | 976,1 | 345,8 |
| 30 | | | 30 | | 10,19 | 164,1 | 1906,6 | 1160,6 | 145,2 | 2210,0 | 986,0 | 345,8 |
| 30 | | | | 30 | 11,17 | 175,0 | 1916,8 | 1382,9 | 136,9 | 2286,8 | 1101,2 | 337,5 |
| 90 | | | | | 11,29 | 173,7 | 1992,5 | 1284,4 | 143,4 | 2346,2 | 1005,8 | 350,0 |
| 30 | 30 | 30 | | | 11,33 | 177,1 | 2002,6 | 1332,1 | 141,4 | 2378,0 | 1038,0 | 348,1 |
| 30 | | | 60 | | 11,37 | 175,0 | 2022,7 | 1281,5 | 144,5 | 2359,5 | 1092,5 | 341,8 |
| 30 | | | | 60 | 11,80 | 182,1 | 2027,6 | 1422,0 | 139,2 | 2427,6 | 1180,4 | 336,4 |
| 60 | | 30 | | | 11,41 | 175,4 | 1992,7 | 1333,8 | 142,0 | 2340,9 | 1075,1 | 342,6 |
| 60 | | | | 30 | 11,93 | 179,1 | 2014,9 | 1398,0 | 140,6 | 2368,9 | 1131,1 | 338,4 |
| 120 | | | | | 12,05 | 183,1 | 2087,4 | 1369,3 | 142,5 | 2446,5 | 1141,5 | 340,9 |
| 60 | 30 | 30 | | | 12,03 | 184,9 | 2091,8 | 1411,7 | 141,4 | 2454,5 | 1201,5 | 335,7 |
| 60 | | | 60 | | 12,34 | 187,3 | 2122,7 | 1418,7 | 141,7 | 2457,0 | 1191,0 | 336,8 |
| 60 | | | | 60 | 12,80 | 187,8 | 2116,9 | 1471,0 | 140,9 | 2475,8 | 1172,2 | 339,3 |

Примечание – *А – КАС до сева, Б – опрыскивание 8 %-м раствором КАС в 5–6 листьев, В – опрыскивание 8 %-м раствором КАС в 7–8 листьев, Г – внесение КАС в междурядья в 7–8 листьев, Д – карбамид вразброс в 7–8 листьев. ** 1 – затраты, руб/га, 2 – чистый доход, руб/га, 3 – себестоимость 1 т к.ед. или 1 т зерна, руб.

При возделывании на зерно максимальный чистый доход (1180,4–1201,5 руб/га) и самую низкую себестоимость (335,7–336,8 руб/т) обеспечили три варианта: с внесением 30 кг/га д.в. КАС до сева + 60 кг/га д.в. карбамида вразброс в фазу 7–8 листьев, с применением N_{60КАС} до сева + N_{60КАС} в фазу 7–8 листьев в междурядья или использованием N_{60КАС} до сева + по N_{30КАС} в виде 8 %-го раствора путем опрыскивания растений в фазу 5–6 и 7–8 листьев кукурузы. Вместе с тем нельзя исключать и вариант с внесением 60 кг/га д.в. КАС до сева + 60 кг/га д.в. карбамида в фазу 7–8 листьев вразброс, обеспечивающий стабильно высокую урожайность зерна по годам при близкой стоимости 1 кг д.в. КАС и карбамида.

ГЛУБИНА ЗАДЕЛКИ СЕМЯН ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ФРАКЦИИ И СРОКА СЕВА

Влияние срока сева, глубины заделки и массы 1000 семян на их полевую всхожесть у различных по происхождению гибридов

На полевую всхожесть семян кукурузы существенное влияние оказывали два фактора: погодные условия и генотип. При раннем севе (10–28 апреля) у холодостойкого гибрида Дарьян в зависимости от погодных условий она колебалась в пределах 93,5–94,9 %, что ниже в сравнении с лабораторной всхожестью на 4,0–5,1 %. У теплолюбивого гибрида Полесский 202 эти показатели состави-

ли 74,7–90,1 и 4,9–21,3 %. При оптимальном сроке сева полевые потери у гибрида Дарьян сохранились на прежнем уровне (3,7–6,8 %), а у гибрида Полесский 202 снизились до 3,0–16,2 %.

В среднем за 3 года полевая всхожесть семян у гибрида Дарьян равнялась 94,2 % при первом сроке сева и 93,0 % при втором, у гибрида Полесский 202 – 84,9 и 86,8 % соответственно (рисунок 5). Крупная фракция семян (306 г/1000 шт. у гибрида Дарьян и 328 г – Полесский 202) обеспечивала на 3,1–4,6 % более высокую всхожесть, чем мелкая (222 и 223 г соответственно), а глубокая их заделка на 6–7 см у первого гибрида приводила к снижению полевой всхожести семян на 1,0–1,6 %, у второго – на 2,8–5,9 %.

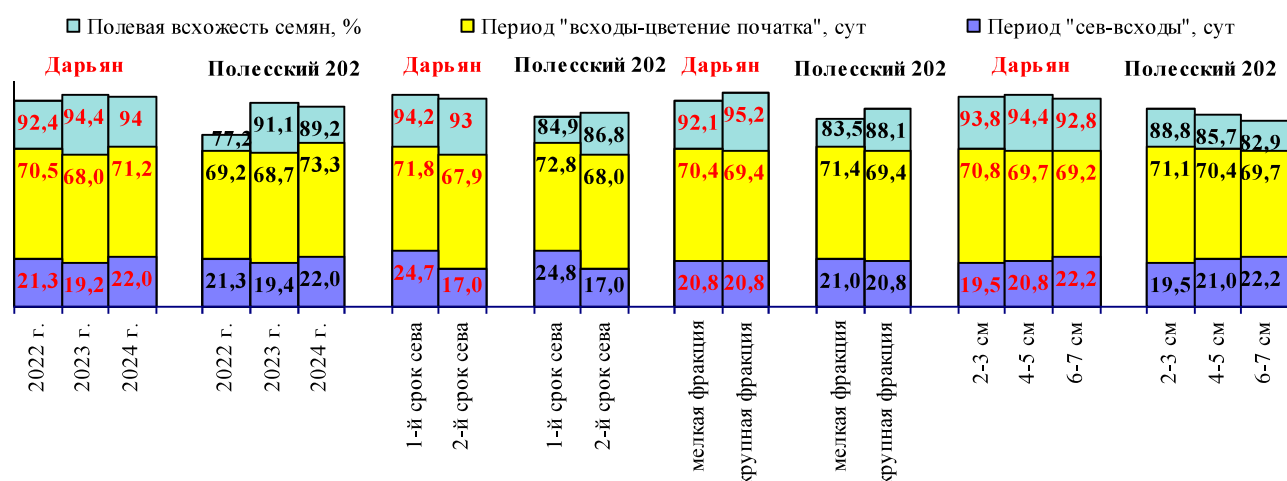


Рисунок 5 – Влияние срока сева, глубины заделки и фракции семян на их полевую всхожесть и развитие растений кукурузы, среднее за 2022–2024 гг.

Развитие и рост растений кукурузы в зависимости от срока сева, глубины заделки и фракции семян

При раннем севе кукурузы, когда температура в довсходовый период не достигала +10 °С, его продолжительность в зависимости от года у обоих гибридов колебалась в среднем по всем вариантам опыта в пределах 22–28 суток. При более позднем на 2 недели севе она сократилась до 16–19 сут или в среднем на 8 сут. Фракция семян 7–9 мм на продолжительность довсходового периода влияния не оказывала, тогда как увеличение глубины заделки семян с 2–3 до 6–7 см приводило к задержке появления всходов в среднем на трое суток. Сроки сева существенно влияли и на дальнейшее развитие растений кукурузы. При севе на 2 недели позже период от всходов до цветения початков сокращался в среднем на 4 сут, в результате чего эта фаза наступала только на 2 дня позже, чем при раннем севе, что обусловлено одинаковой суммой эффективных температур, получаемой растениями кукурузы разных сроков сева. Продолжительность данного периода также сокращалась (до 2 сут) при севе крупной фракцией семян и при более глубокой их заделке (рисунок 5). Погодные условия и, в частности, водный режим в период интенсивного роста растений кукурузы оказывали на него наиболее существенное влияние.

Различия по годам в высоте растений в среднем по двум гибридам достигали 30 %, в то время как сроки сева с разницей в 2 недели, масса 1000 семян в пределах 222–357 г и глубина заделки изменяли этот показатель до 5 %. По окончании роста растений при оптимальном сроке сева по сравнению с ранним у гибридов Полесский 202 и Дарьян высота растений повышалась на 3,2–4,9 %, а при увеличении глубины заделки семян с 2–3 до 6–7 см – на 2,0–2,8 %.

Масса 1000 семян оказывала самое незначительное влияние на высоту растений кукурузы: превышение у мелкой фракции составило 0,4–2,0 % (рисунок 6). В сухой 2023 г. гибрид Дарьян относительно 2022 г. с благоприятным водным режимом снизил высоту растений в среднем по всем вариантам опыта на 27 %, Полесский 202 – на 19 %, что может характеризовать его как засухоустойчивый.

| | | 22 августа | | | 8 августа | | | 25 июля | | | 11 июля | | | 27 июня | | | | | | | |
|--|--|---------------|---------------|-----|---------------|---------------|-----|----------------|-----------------|-----|----------------|-----------------|-----|---------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|-----|
| | | Дарьян | | | Полесский 202 | | | Дарьян | | | Полесский 202 | | | Дарьян | | | Полесский 202 | | | | |
| | | 246 | 258 | 8 | 253 | 261 | 7 | 253 | 252 | 8 | 259 | 254 | 7 | 249 | 254 | 256 | 11 | 254 | 258 | 259 | 10 |
| | | 244 | 254 | 8 | 252 | 258 | 7 | 250 | 249 | 7 | 257 | 253 | 7 | 246 | 251 | 252 | 11 | 252 | 256 | 256 | 11 |
| | | 210 | 213 | 9 | 210 | 211 | 8 | 210 | 213 | 9 | 207 | 215 | 8 | 209 | 212 | 213 | 14 | 209 | 212 | 211 | 13 |
| | | 141 | 143 | 7 | 129 | 130 | 6 | 137 | 146 | 7 | 124 | 134 | 6 | 141 | 142 | 141 | 11 | 129 | 131 | 127 | 9 |
| | | 74 | 72 | 4 | 66 | 66 | 3 | 69 | 76 | 4 | 63 | 69 | 3 | 73 | 74 | 72 | 6 | 67 | 67 | 64 | 5 |
| | | 1-й срок сева | 2-й срок сева | НСР | 1-й срок сева | 2-й срок сева | НСР | мелкая фракция | крупная фракция | НСР | мелкая фракция | крупная фракция | НСР | 2-3 см | 4-5 см | 6-7 см | НСР | 2-3 см | 4-5 см | 6-7 см | НСР |

Рисунок 6 – Динамика роста растений гибридов кукурузы в зависимости от срока сева, глубины заделки и фракции семян, см (среднее за 2022–2024 гг.)

Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от срока сева, глубины заделки и фракции семян

Трехлетние исследования показали, что глубокая заделка семян на 6–7 см во всех случаях обеспечила меньшую урожайность сухого вещества и зерна, чем посев на глубину 2–3 или 4–5 см (рисунок 7). В большинстве случаев лучшей была мелкая заделка семян. Использование мелкой фракции семян (7 мм) со средней массой 1000 шт. 223 г., равно как и крупной (9 мм) с массой 306 г обеспечивало у гибрида Дарьян равнозначный сбор СВ (161 и 166 ц/га). В то же время Полесский 202 при высеве крупной фракции семян (8–9 мм) с массой 1000 шт. 328 г формировал существенно большую урожайность СВ (на 11 %), чем при высеве мелкой фракции с массой 222 г. Сев кукурузы на 2 недели позже повышал сбор СВ у обоих гибридов незначительно – на 2,4–2,6 ц/га.

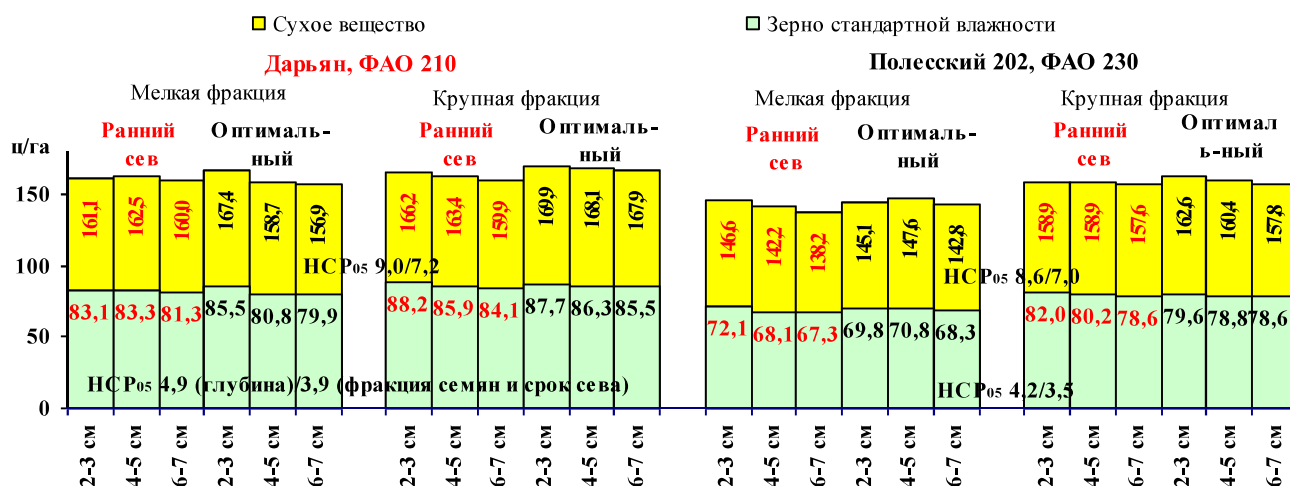


Рисунок 7 – Урожайность зерна и сухого вещества кукурузы в зависимости от срока сева, глубины заделки и фракции семян, среднее за 2022–2024 гг.

Мелкая заделка семян на 2–3 см обеспечивала более высокий сбор зерна стандартной влажности, чем глубокая на 6–7 см. У гибрида Полесский 202 прибавка была существенной при раннем севе и использовании мелкой фракции семян, у гибрида Дарьян – при оптимальном. При разных сроках сева формировалась равнозначная урожайность зерна, составившая в среднем 84,3 ц/га у гибрида Дарьян и 74,5 ц/га – у Полесский 202. В зависимости от используемой фракции семян разница в урожайности зерна у гибрида Дарьян была незначительной (+4,8 %), в то время как Полесский 202 при севе крупными семенами существенно повышал ее на 14,8 %.

Исследованиями установлено, что влажность зерна не зависела от глубины заделки семян. Ранний срок сева снижал ее только у гибрида Дарьян всего лишь на 0,7 %. Следует отметить, что такие результаты получены в теплые годы при сумме эффективных температур, превысившей норму на 25 %, и неблагоприятных условиях как появления всходов (через 25 сут), так и стартового роста после раннего сева. Крупная фракция семян позволяла существенно (на 3,6 %) снизить влажность зерна у менее холодостойкого гибрида Полесский 202. У гибрида Дарьян этот показатель уменьшился лишь на 0,4 %.

Экономическая эффективность возделывания гибридов кукурузы в зависимости от срока сева, фракции и глубины заделки семян

Самую низкую себестоимость 1 т кормовых единиц (144–145 руб.) у гибрида Дарьян обеспечили три варианта (рисунок 8). Они включают мелкую заделку семян на 2–3 см, оптимальный срок сева независимо от фракции семян (7–9 мм) или ранний срок сева, но с крупной массой (фракция 9 мм). Гибрид Полесский 202 самую низкую себестоимость обеспечил при раннем или оптимальном сроке сева на глубину от 2 до 5 см и только крупной фракцией семян не ниже 8 мм (154–155 руб/т к.ед.).

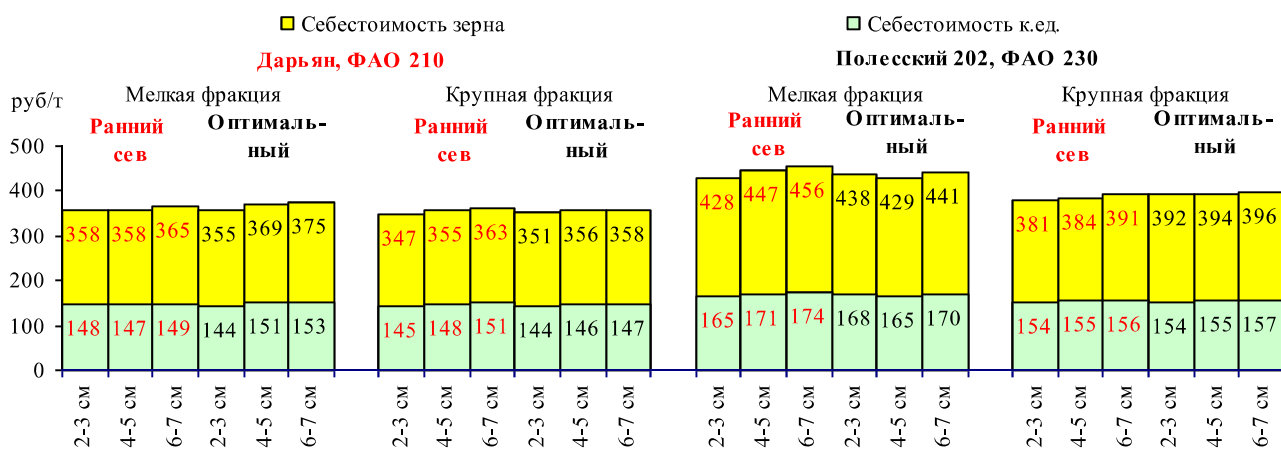


Рисунок 8 – Себестоимость кукурузы при выращивании на зерно и силос в зависимости от срока сева, глубины заделки и фракции семян

При возделывании на зерно гибриды Дарьян и Полесский 202 самую низкую себестоимость обеспечили при раннем сроке сева с использованием крупной фракции семян и мелкой их заделке на глубину 2–3 см (347 и 381 руб/т соответственно). При таком варианте выращивания полученные данные величины чистого дохода свидетельствуют, что наибольшей (1042,46 руб/га) она была у гибрида Дарьян, тогда как у более позднеспелого гибрида Полесский 202 чистый доход составил 779,74 руб/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве, содержащей в пахотном слое 2,24–2,70 % гумуса, водно-тепловой режим июня и июля оказывает существенное влияние на прирост растений в высоту и формирование урожая листостебельной массы кукурузы. На начальном этапе до фазы начала интенсивного роста растений кукурузы (9–11 листьев) на их прирост большее влияние оказывает плодородие почвы, а не доза внесения минерального азота. Наибольший прирост растений в высоту отмечается с конца июня до середины июля. В этот период основным фактором, определяющим высоту растений кукурузы, является влага, и когда в мае–июне выпадает осадков 20 % от нормы, высота растений в 1,4–1,5 раза ниже. Органические удобрения (50 т/га подстилочного навоза КРС) способствуют лучшему росту растений независимо от влагообеспеченности вегетационного периода. Опрыскивание растений КАС в фазу 7–8 листьев кукурузы даже при разбавлении до 8 %-й концентрации азота вызывает сильные ожоги листьев, что приводит к снижению их высоты, а карбамид при разбросном внесении способствует ее увеличению [1, 3, 4, 8].

2. При возделывании кукурузы после ячменя, убранный на зерно с запашкой соломы, органические удобрения в виде подстилочного навоза КРС в дозе 50 т/га способствуют существенному приросту сухого вещества (14,1 %), про-

теина (20,5 %), кормовых единиц (13,4 %) и зерна (13,0 %). На этом фоне внесение в виде карбамида 30 кг/га д.в. азота до сева + 60 кг/га в фазу 7–8 листьев вразброс позволяет получать стабильно высокий сбор протеина (13,08 ц/га) и максимальный – сухого вещества (193,5 ц/га), кормовых единиц (208,4 ц/га) и зерна (96,3 ц/га), обеспечивая при этом наибольший чистый доход (1233,80 руб/га при выращивании на зерно и 1652,70 руб/га при выращивании на силос), а также положительный баланс азота в почве (+104,1 кг/га) [7, 10, 13, 14, 15].

3. При повторном выращивании кукурузы на силос с использованием последствий органических удобрений стабильно высокий сбор сухого вещества (172,6–177,6 ц/га), протеина (11,80–12,80 ц/га), кормовых единиц (179,1–187,8 ц/га) обеспечивает внесение: $N_{30КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев; $N_{60КАС}$ до сева + $N_{30К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев; $N_{120КАС}$ до сева; $N_{60КАС}$ до сева + по $N_{30КАС}$ путем опрыскивания 8 %-м раствором в фазу 5–6 и 7–8 листьев; $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60КАС}$ с заделкой в междурядья; $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев. Стабильно высокую урожайность зерна (90,2–91,4 ц/га) в повторных посевах отечественный гибрид Дарьян формирует при следующих схемах применения азота: $N_{30КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев, $N_{60КАС}$ до сева + по $N_{30КАС}$ путем опрыскивания 8 %-м раствором КАС в фазу 5–6 и 7–8 листьев, $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60КАС}$ с заделкой в междурядья, $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев [7, 10].

4. Наибольший чистый доход в повторных посевах кукурузы на силос получен при внесении $N_{30КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев (1421,97 руб/га); $N_{60КАС}$ до сева + по $N_{30КАС}$ путем опрыскивания 8 %-м раствором КАС в фазу 5–6 и 7–8 листьев (1411,70 руб/га); $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60КАС}$ с заделкой в междурядья (1418,67 руб/га); $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев (1471,03 руб/га). Самую низкую себестоимость силосной массы среди этих лучших вариантов обеспечивает внесение $N_{30КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев (139,18 руб/т к.ед.). При выращивании на зерно наибольший чистый доход (1180,44–1201,49 руб/га) и самую низкую себестоимость зерна (335,68–336,75 руб/т) обеспечивает применение $N_{30КАС}$ до сева + $N_{60К}$ вразброс в фазу 7–8 листьев, $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60КАС}$ с заделкой в междурядья, $N_{60КАС}$ до сева + по $N_{30КАС}$ путем опрыскивания 8 %-м раствором КАС в фазу 5–6 и 7–8 листьев. Не исключается внесение 60 кг/га д.в. КАС до сева + 60 кг/га д.в. карбамида в фазу 7–8 листьев вразброс, обеспечивающее по годам стабильно высокую урожайность зерна при близкой стоимости 1 кг д.в. КАС и карбамида [10, 15].

5. При раннем севе кукурузы (10–28 апреля) на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в центральной части Беларуси, когда температура в довсходовый период не достигает +10 °С, средняя продолжительность его у гибридов Дарьян и Полесский 202 колеблется в пределах 22–30 сут. При оптимальном сроке сева (через 2 недели после раннего) довсходовый период сокращается до 14–20 сут или в среднем на 8 сут, от всходов до цветения початков – на 4 суток. В результате цветение наступает только на 2 дня позже календарной даты, что обусловлено одинаковой суммой эффективных температур, получае-

мой растениями кукурузы разных сроков сева. Увеличение глубины заделки семян с 2–3 до 6–7 см задерживает появление всходов кукурузы до 3 сут [2, 5, 9].

На полевую всхожесть семян влияют генотип в совокупности с погодными условиями, затем – масса семян, глубина их заделки и срок сева. При раннем севе высокая полевая всхожесть семян кукурузы (более 92 %) отмечается у холодостойкого гибрида Дарьян при заделке семян на глубину не более 5 см. Использование крупной фракции (9 мм) позволяет еще на 3 % повысить полевую всхожесть семян. В полевых условиях потери всхожих при лабораторном определении семян при мелкой их заделке на 2–3 см у гибрида Дарьян составляют 5,1–5,2 % и возрастают до 6,0 % при глубокой на 6–7 см. У гибрида Полесский 202 они соответственно равны 8,3–9,3 и 13,7–17,4 %. Более высокие показатели отмечаются при использовании мелкой фракции семян [5, 9, 12].

На высоту растений кукурузы существенное влияние оказывает водный режим в период их интенсивного роста, при котором различия по годам могут составлять 30 %, в то время как сроки сева с разницей в 2 недели, масса 1000 семян в пределах 222–357 г и глубина заделки от 2 до 7 см изменяют этот показатель до 5 %. Оптимальный срок сева по сравнению с ранним и увеличение глубины заделки семян с 2–3 до 6–7 см способствуют повышению высоты растений кукурузы по окончании роста [9, 12].

6. При выращивании на силос холодостойкий гибрид Дарьян, обеспечивший средний сбор сухого вещества 164 ц/га, кормовых единиц 176 ц/га, формирует равнозначную в пределах ошибки опыта продуктивность независимо от массы 1000 семян, срока сева и глубины их заделки, которая при заглублении до 6–7 см все же имеет тенденцию к снижению урожайности. Более теплолюбивый гибрид Полесский 202, обеспечивший средний сбор сухого вещества 152 ц/га, кормовых единиц 161 ц/га, при использовании мелкой фракции семян существенно снижает урожайность при глубокой их заделке (свыше 5 см), особенно при раннем севе, для которого предпочтительна заделка на 2–3 см. Более высокая урожайность зерна формируется при использовании крупной фракции семян: 86,3 ц/га у гибрида Дарьян и 79,6 ц/га у гибрида Полесский 202. Она снижается на 4,0 и 10,2 ц/га соответственно при севе мелкой фракцией. Ранний срок сева и неглубокая заделка семян (до 5 см) способствуют получению самого большого сбора зерна с 1 гектара [6, 11].

Гибрид Дарьян самую низкую себестоимость кормовых единиц (144,05–145,45 руб/т) обеспечивает при мелкой заделке семян на 2–3 см, оптимальном сроке сева независимо от фракции (7–9 мм) или раннем сроке сева, но с крупной массой (фракция 9 мм). Полесский 202 самую низкую себестоимость обеспечивает при обоих сроках сева на глубину заделки семян до 5 см крупной фракцией не ниже 8 мм (153,81–155,30 руб/т к.ед.). При выращивании на зерно наибольший чистый доход (1042,46–1081,85 руб/га) и самую низкую себестоимость зерна (346,68–351,42 руб/т) обеспечивает более холодостойкий и скороспелый гибрид Дарьян при обоих сроках сева и использовании крупной фракции семян с мелкой их заделкой [6, 15].

Рекомендации по практическому использованию результатов

При возделывании кукурузы на супесчаной почве в центральной части Беларуси на фоне 50 т/га подстилочного навоза КРС или его последействия применять 30 кг/га азота до сева + 60 кг/га д.в. в виде карбамида вразброс в фазу 7–8 листьев или использовать КАС: N₆₀ до сева + N₆₀ в подкормку с заделкой в междурядья или по 30 кг/га д.в. путем опрыскивания 8 %-м раствором в фазу 5–6 и 7–8 листьев.

В третьей декаде апреля или первой декаде мая семена отечественных гибридов Дарьян (ФАО 210) и Полесский 202 (ФАО 230) высевать на глубину до 5 см.

Для получения зерна использовать более скороспелые гибриды, ранний сев и семена крупной фракции с массой 1000 шт. около 300 г.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в научных изданиях согласно Перечню ВАК

1. Надточаев, Н. Ф. Формирование урожая кукурузы при использовании различных доз и сроков внесения карбамида в зависимости от агроклиматических условий / Н. Ф. Надточаев, **В. Н. Костеневич** // Земледелие и растениеводство. – 2023. – № 2 (147). – С. 26–32.

2. Кравцов, С. В. Влияние сроков сева, глубины заделки семян и их массы на рост и развитие растений кукурузы / С. В. Кравцов, **В. Н. Костеневич** // Земледелие и растениеводство. – 2023. – № 5 (150). – С. 18–23.

3. **Костеневич, В. Н.** Влияние погодных условий и азотных удобрений на рост растений кукурузы при ее повторном выращивании / В. Н. Костеневич, Н. Ф. Надточаев, А. З. Богданов // Вестник БГСХА. – 2024. – № 1. – С. 58–63.

4. **Костеневич, В. Н.** Динамика роста кукурузы в зависимости от погодных условий и азотных удобрений при выращивании после ячменя / В. Н. Костеневич // Земледелие и растениеводство. – 2024. – № 1. – С. 15–20.

5. **Костеневич, В. Н.** Влияние срока сева, глубины заделки и массы 1000 семян на их полевую всхожесть у различных по происхождению гибридов кукурузы / В. Н. Костеневич // Земледелие и растениеводство. – 2024. – № 4 (154). – С. 8–11.

6. **Костеневич, В. Н.** Продуктивность гибридов кукурузы и эффективность их выращивания в зависимости от срока сева, глубины заделки и массы семян / В. Н. Костеневич // Земледелие и растениеводство. – 2024. – № 4 (154). – С. 12–17.

7. **Костеневич, В. Н.** Действие азотных удобрений на урожайность кукурузы при выращивании повторно и в севообороте / В. Н. Костеневич, Н. Ф. Надточаев, А. З. Богданов // Вестник БГСХА. – 2025. – № 1. – С. 88–94.

8. **Костеневич, В. Н.** Действие азотных удобрений на рост растений кукурузы при различных погодных условиях / В. Н. Костеневич // Мелиорация. – 2025. – № 1 (111). – С. 35–44.

9. **Костеневич, В. Н.** Развитие и рост растений кукурузы в зависимости от срока сева, массы и глубины заделки семян / В. Н. Костеневич, Н. Ф. Надточаев // Вестник БГСХА. – 2025. – № 1. – С. 77–83.

10. Влияние азотных удобрений на продуктивность и эффективность выращивания кукурузы на силос в повторных посевах и в севообороте / **В. Н. Костеневич**, Н. Ф. Надточаев, Г. Н. Куркина, А. З. Богданов // Земледелие и растениеводство. – 2025. – № 1 (155). – С. 13–17.

Материалы научно-практических конференций

11. **Костеневич, В. Н.** Урожайность кукурузы в зависимости от сроков сева и глубины заделки семян различной массы / В. Н. Костеневич, Н. Ф. Надточаев // Приоритетные направления развития инновационных технологий в земледелии, растениеводстве, селекции и семеноводстве : материалы

Международ. науч.-практ. конф., Жодино, 20–21 июня 2024 г. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: С. В. Кравцов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – С. 35–40.

12. **Костеневич, В.** Влияние сроков сева и глубины заделки семян различной массы на формирование урожайности зерна кукурузы и его влажность / В. Костеневич, А. Зелена // Scientific achievements in maize and other cereal crops breeding (Научные достижения в селекции кукурузы и других зерновых культур) : Materialele conferinței științifico-practice cu participare internațională, Pașcani, 11–12 septembrie 2024 / colegiul de redacție: Spivacenco Anatolie [et al.]. – Pașcani : Print-Caro, 2024. – P. 219–225.

13. **Костеневич, В. Н.** Влияние органических удобрений и карбамида на урожайность зерна кукурузы и эффективность ее выращивания в севообороте / В. Н. Костеневич // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: материалы 13-й Международ. конф. молодых учёных и специалистов, Краснодар, 4–6 марта 2025 г. / Всерос. НИИ масличных культур ; В. М. Лукомец (гл. ред.) [и др.]. – Краснодар: ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2025. – С. 105–110.

14. **Костеневич, В. Н.** Влияние удобрений и погодных условий на питательную ценность зеленой массы и зерна кукурузы / В. Н. Костеневич, М. А. Мелешкевич // Актуальные проблемы и пути повышения эффективности растениеводства : материалы Международ. науч.-практ. конф., Жодино, 25–26 июня 2025 г. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: С. В. Кравцов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2025. – С. 46–50.

Статьи, опубликованные в прочих изданиях

15. Новое в кукурузоводстве на примере белорусского гибрида кукурузы Дарьян / Н. Надточаев, **В. Костеневич**, А. Богданов, Г. Куркина // Белорусское сельское хозяйство. – 2025. – № 2. – С. 50–53.

РЭЗІЮМЭ

Касцяневiч Вадзiм Мiкалаевiч

ФАРМІРАВАННЕ ЁРАДЖАЙНАСЦІ КУКУРУЗЫ НА СІЛАС І ЗЕРНЕ Ё ЗАЛЕЖНАСЦІ АД УГНАЕННЯ, ТЭРМІНУ СЯЎБЫ І ГЛЫБІНІ ЗАЛАДКІ НАСЕННЯ НА ДЗЯРНОВА-ПАДЗОЛІСТАЙ СУПЯСЧАНАЙ ГЛЕБЕ

Ключавыя словы: кукуруза, рост раслін, ураджайнасць, гiбрыд, арганiчныя і азотныя ўгнаеннi, тэрмін сяўбы, глыбiня заладкi насення.

Мэта даследаванняў: усталяваць уплыў арганiчнага ўгнаення, формаў, доз, тэрмінаў і спосабаў унясення азотных угнаенняў пры паўторным вырошчванні кукурузы і ё севазвароце, глыбiнi заладкi насення айчынных гiбрыдаў у залежнасцi ад масы 1000 зерняў і тэрміну сяўбы на фарміраванне ўраджаю і яго якасць.

Метады даследаванняў: правядзенне палявых і лабараторных досведаў з спадарожнымi ўлiкамі, назiраннямі і аналізамі па метадыках, прынятых у навукова-даследчых установах. Атрыманыя эксперыментальныя дадзеныя падвяргалiся статыстычнай апрацоўцы і эканамiчнаму аналізу.

Атрыманыя вынiкі і iх навізна. Унясенне N_{30} да сяўбы + N_{60} у фазу 7–8 лiстоў кукурузы на фоне 50 т/га падсiлачнага гною БРЖ або яго паслядзейння забяспечвае высокі збор сухога рэчыва, збожжа і чысты прыбытак. У паўторных пасевах таксама эфектыўныя: $N_{60КАС}$ да сяўбы + па $N_{30КАС}$ шляхам апырсквання 8 %-м растворам у фазу 5–6 і 7–8 лiстоў; $N_{60КАС}$ да сяўбы + $N_{60КАС}$ з заладкай у мiжраддзi і $N_{60КАС}$ да сяўбы + N_{60} у выглядзе карбамiду ё роскiд у фазу 7–8 лiстоў. Самы нiзкі сабекошт кармавых адзiнак гiбрыд Дар'ян забяспечвае пры дробнай заладцы насення, аптымальным тэрміне сяўбы незалежна ад фракцыi насення або раннiм тэрміне сяўбы, але буйной фракцыi, Палескi 202 – на глыбiню заладкi да 5 см буйной фракцыi насення пры абодвух тэрмінах сяўбы. Самы нiзкі сабекошт збожжа на абодвух тэрмінах сяўбы – пры выкарыстаннi гiбрыда Дар'ян, буйной фракцыi насення і дробнай iх заладцы. Упершыню ё змененых клiматычных умовах для супясчаных глеб цэнтральнай часткi Беларусi прапанаваны найбольш эканамiчна эфектыўныя варыянты вырошчвання кукурузы на зерне і сiлас, якія ўключаюць новыя, не вивучаныя раней гiбрыды, схемы прымянення ўгнаенняў з улiкам папярэдняй культуры, аптымальныя параметры глыбiнi заладкi насення ё залежнасцi ад iх фракцыi, тэрміну сяўбы і генатыпу.

Рэкамендацыi па выкарыстаннi. Пры вырошчванні кукурузы на супясчанай глебе ё цэнтральнай частцы Беларусi на фоне 50 т/га падсiлачнага гною БРЖ або яго паслядзейння ўжываць 30 кг/га азоту ё асноўную запраўку + 60 кг/га д.р. у выглядзе карбамiду ё роскiд у фазу 7–8 лiстоў, або выкарыстоўваць КАС: N_{60} да сяўбы + N_{60} у падкормку з заладкай у мiжраддзi або па 30 кг/га д.р. шляхам апырсквання 8 %-м растворам у фазу 5–6 і 7–8 лiстоў. У трэцяй дэкадзе красавiка цi першай дэкадзе мая насенне айчынных гiбрыдаў Дар'ян (ФАО 210) і Палескi 202 (ФАО 230) высаваць на глыбiню да 5 см. Для атрымання збожжа выкарыстоўваць хуткаспельныя гiбрыды, раннюю сяўбу і насенне буйной фракцыi з масай 1000 шт. каля 300 г.

Вобласць прымянення: раслiнаводства, сельскагаспадарчыя прадпрыемствы і ўстановы адукацыi.

РЕЗЮМЕ

Костеневич Вадим Николаевич

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС И ЗЕРНО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЯ, СРОКА СЕВА И ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Ключевые слова: кукуруза, рост растений, урожайность, гибрид, органические и азотные удобрения, срок сева, глубина заделки семян.

Цель исследований: установить влияние органического удобрения, форм, доз, сроков и способов внесения азотных удобрений при повторном выращивании кукурузы и в севообороте, глубины заделки семян отечественных гибридов в зависимости от массы 1000 зерен и срока сева на формирование урожая и его качество.

Методы исследований: проведение полевых и лабораторных опытов с сопутствующими учетами, наблюдениями и анализами по методикам, принятым в научно-исследовательских учреждениях. Полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке и экономическому анализу.

Полученные результаты и их новизна. Внесение N_{30} до сева + N_{60} в фазу 7–8 листьев кукурузы на фоне 50 т/га подстилочного навоза КРС или его последствия обеспечивает высокий сбор сухого вещества, зерна и чистый доход. В повторных посевах также эффективны: $N_{60КАС}$ до сева + по $N_{30КАС}$ путем опрыскивания 8 %-м раствором в фазу 5–6 и 7–8 листьев; $N_{60КАС}$ до сева + $N_{60КАС}$ с заделкой в междурядья и $N_{60КАС}$ до сева + N_{60} в виде карбамида вразброс в фазу 7–8 листьев. Самую низкую себестоимость кормовых единиц гибрид Дарьян обеспечивает при мелкой заделке семян, оптимальном сроке сева независимо от фракции семян или раннем сроке сева, но с крупной фракцией, Полесский 202 – на глубину заделки до 5 см крупной фракции семян при обоих сроках сева. Самая низкая себестоимость зерна на обоих сроках сева – при использовании гибрида Дарьян, крупной фракции семян и мелкой их заделке. Впервые в изменившихся климатических условиях для супесчаных почв центральной части Беларуси предложены наиболее экономически эффективные варианты выращивания кукурузы на зерно и силос, включающие новые, не изученные ранее гибриды, схемы применения удобрений с учетом предшествующей культуры, оптимальные параметры глубины заделки семян в зависимости от их фракции, генотипа и срока сева.

Рекомендации по использованию. При возделывании кукурузы на супесчаной почве в центральной части Беларуси на фоне 50 т/га подстилочного навоза КРС или его последствия применять 30 кг/га азота до сева + 60 кг/га д.в. в виде карбамида вразброс в фазу 7–8 листьев или использовать КАС: N_{60} до сева + N_{60} в подкормку с заделкой в междурядья или по 30 кг/га д.в. путем опрыскивания 8 %-м раствором в фазу 5–6 и 7–8 листьев. В третьей декаде апреля или первой декаде мая семена отечественных гибридов Дарьян (ФАО 210) и Полесский 202 (ФАО 230) высевать на глубину до 5 см. Для получения зерна использовать более скороспелые гибриды, ранний сев и семена крупной фракции с массой 1000 шт. около 300 г.

Область применения: растениеводство, сельскохозяйственные предприятия и учреждения образования.

RESUME

Kostenievich Vadim Nikolaevich

FORMATION OF THE YIELD OF CORN FOR SILAGE AND GRAIN DEPENDING ON FERTILIZERS, SOWING TERMS AND SEED PLACEMENT DEPTH ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

Key words: corn, plant growth, yield, hybrid, organic and nitrogen fertilizers, sowing term, seed placement depth.

Goal of research: to establish the influence of organic fertilizers, forms, doses, terms and methods of nitrogen fertilizers application during repeated cultivation of corn and in crop rotation, as well as the influence of seed placement depth of domestic hybrids on yield formation and quality depending on thousand grain weight and sowing terms.

Research methods: field and laboratory experiments with concomitant records, observations, and analyses using the methods generally accepted in research institutions. The obtained experimental data were statistically processed and economically analyzed.

The results obtained and their novelty. Application of N_{30} before sowing + N_{60} at 7–8 eaf stage of corn against the background of 50 t/ha of bedding cattle manure or its aftereffect ensures high yields of dry matter and grain, and net income. For repeated crops, the following applications are also effective: N_{60UAN} before sowing + N_{30UAN} by spraying with 8 % solution at 5–6 and 7–8 leaf stages; N_{60UAN} before sowing + N_{60UAN} embedded into row spacing and N_{60UAN} before sowing + N_{60} as urea applied broadcast at 7–8 leaf stage. Daryan hybrid ensures the lowest cost of fodder units with shallow seed placement and optimal sowing term regardless of seed fractions or with early sowing term but with coarse fractions. Polessky 202 hybrid achieves the lowest cost of fodder units when coarse seed fractions are sown at a depth of up to 5 cm regardless of sowing terms. The lowest grain costs at both sowing terms are achieved using Daryan hybrid, coarse seed fractions, and shallow seed placement. For the first time, under changed climatic conditions, the most cost-effective methods for cultivating corn for grain and silage on sandy loam soils in the central part of Belarus have been proposed. The methods include new, previously unstudied hybrids, fertilizer application patterns including preceding crops, and optimal seed placement depth parameters depending on seed fractions, genotypes, and sowing terms.

Recommendations for use. When cultivating corn on sandy loam soil in the central part of Belarus, against the background of 50 t/ha of bedding cattle manure or its aftereffect, it is recommended to apply 30 kg/ha of nitrogen before sowing + 60 kg/ha of active ingredient in the form of urea broadcast at 7–8 leaf stage, or use UAN: N_{60} before sowing + N_{60} for top dressing embedded into row spacing, or 30 kg/ha of active ingredient by spraying with 8% solution at 5–6 and 7–8 leaf stages. In the third ten-day period of April or the first ten-day period of May, seeds of the domestic hybrids of Daryan (FAO 210) and Polessky 202 (FAO 230) should be sown to a depth of 5 cm. To obtain grain, earlier maturing hybrids, early sowing and coarse-fraction seeds (with thousand grain weight above 300 g) should be used.

Field of application: crop production, agricultural enterprises, and educational institutions.