

ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И РЕЖИМА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС КУКУРУЗЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКОКУЛЬТУРЕННОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

**Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, А. А. Грачева,
С. М. Зенькова, Я. С. Красноженова**
*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Территория Беларуси относится к зоне рискованного земледелия. Колебания урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от погодных условий являются объективной реальностью и происходят, несмотря на общий рост культуры земледелия. Экстремальные погодные условия и их влияние на растениеводство, безусловно, стали более распространенными. Наблюдаемые участвовавшие в течение вегетационного периода смены избытка и недостатка влаги, весенне-летние заморозки или высокие летние температуры, а тем более их чередование, приводят к снижению потенциальной урожайности сельскохозяйственных зерновых культур на 40–60 %, что существенно сказывается на валовых сборах и себестоимости их производства [1, 2].

Эксперты Межправительственной группы Рамочной Конвенции ООН об изменении климата заявляют, что потепление климата в Европе идет более высокими темпами, чем в среднем по миру. В Беларуси на конец XX – начало XXI века пришелся самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха, которая за последние 25 лет превысила климатическую норму на 1,2 °С [2].

Большинство глобальных климатических моделей указывает на ожидание возрастания в будущем максимальных и минимальных значений температуры, увеличение числа жарких дней, количества интенсивных осадков и уменьшение числа дней с небольшим количеством осадков, уменьшение числа холодных дней, сокращение амплитуды суточного хода температуры. Анализ одного из сценариев ожидаемой сельскохозяйственной продуктивности показывает, что недостаточность увлажнения может значительно снизить эффект потенциального роста урожайности за счёт потепления. Предполагается, что к 2041–2060 гг. продолжительность теплого периода с положительными температурами возрастет на 35 дней и составит 280–350 дней, а в Брестской области достигнет 365 дней. Расчёты указывают на вероятное незначительное увеличение количества осадков в осенний и зимний период, однако при их неизменном количестве в весенне-летний период влагообеспеченность будет уменьшаться за счёт повышения температуры воздуха и транспирации растений. Увлажнение территории Беларуси за май–июнь

уменьшится, и примерно на трети территории гидротермический коэффициент (ГТК) составит 1,0–1,2, что характерно для засушливых и слабозасушливых условий. Это потребует определенных мероприятий для сохранения влагозапасов или подбора засухоустойчивых культур на почвах легкого гранулометрического состава. Предполагается, что в ближайшие 3 десятилетия уровень урожайности ячменя, рапса и кукурузы на песчаных почвах может снизиться по отношению к уровню 2010 года на 15–25 %, а урожайность кукурузы на северо-западе страны вырасти на 10–20 % [2–4].

Изменение климата вызывает как отрицательные, так и положительные последствия в сельскохозяйственном производстве. Отрицательные последствия связаны с более частым проявлением экстремальных и неблагоприятных гидрометеорологических условий: повышением максимальной температуры воздуха, более частой интенсивностью засух, продолжительностью периодов экстремальной жары, вероятностью заморозков в период цветения, дефицита воды в вегетационный период, роста экстремальных осадков с высокой вероятностью повреждения растений, появления новых вредителей и болезней растений. Положительный эффект заключается в большей продолжительности вегетационного периода и росте обеспеченности теплом, что может создать более благоприятные условия для выращивания ряда культур. [2–4].

В связи с улучшением теплообеспеченности и с целью уменьшения негативного влияния засушливых условий возникает целесообразность в структуре посевных площадей увеличение доли более теплолюбивых и засухоустойчивых культур. Кукуруза – универсальная зерновая культура с высоким продуктивным и адаптивным потенциалом, которая благодаря своей пластичности способна эффективно использовать почвенно-климатические факторы, хорошо отзываться прибавкой урожая на улучшение водного и пищевого режимов почвы, общего агротехнического состояния посевов. Эта культура обладает уникальным комплексом признаков, принципиально отличающим её от других растений семейства мятликовых: принадлежность к классу С4 (лучшее использование солнечной энергии), своеобразная раздельнополость, при которой мужское и женское соцветия закладываются на побегах с разной динамикой развития, широкая генетически обусловленная вариация по самым различным признакам, являющаяся резервом для адаптации культуры в большом диапазоне условий. Именно такое сочетание признаков определило в XX столетии ведущую роль кукурузы как главного источника дешевой концентрированной обменной энергии. И по этому показателю она вне конкуренции среди других полевых кормовых культур [5–8].

В последние годы благодаря подбору новых гибридов и усовершенствованным технологиям в Беларуси расширились посевные площади и повысилась урожайность кукурузы, возделываемой на зерно. В системе сортоиспытания, передовых сельхозпредприятиях и в экспериментальных опытах урожайность зерна составляет 100–120 ц/га и более при высокой рентабельности, что указывает на высокий потенциал этой культуры в производстве. Однако по стране продуктивный потенциал кукурузы реализуется менее чем наполовину – при ежегодном увеличении площадей за последние годы урожайность зерна варьировала от 43,9 до 65,3 ц/га [9] (рис. 1).

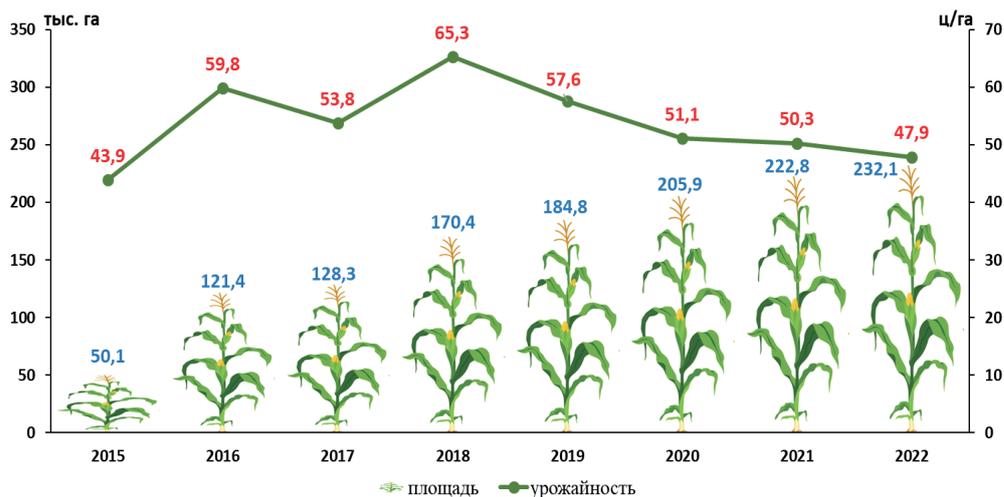


Рис. 1. Посевные площади и урожайность зерна кукурузы в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь

Основная причина того, что в производстве реализуется лишь часть потенциальной урожайности культуры, исследователи связывают с неправильным подбором и нарушением сроков внесения гербицидов, а также с опозданием со сроками уборки, т. е. нарушением рекомендуемой технологии возделывания кукурузы. Вместе с тем, несмотря на более высокую устойчивость кукурузы к неблагоприятным погодным условиям (стрессорам), по сравнению с менее засухоустойчивыми и теплолюбивыми культурами, погодные условия оказывают существенное влияние на интенсивность роста, развитие и формирование урожая, в отдельные годы даже превышающие значимость технологии [8].

Колебания урожайности кукурузы по годам в значительной степени обусловлены лимитирующими факторами температурного режима и влагообеспеченности. Данные белорусских учёных показывают, что в центральной зоне Беларуси, если кукуруза размещается на легкосуглинистой почве, урожайность зависит в большей степени от теплообеспеченности, чем от количества осадков в критический период, а в южной зоне, когда кукуруза размещается на супесчаной, подстилаемой песками почве, наоборот. При недостатке тепла в период вегетации к уборке резко снижается процент початков полной спелости, уменьшается индивидуальная продуктивность початка и урожайность зерна. Урожайность кукурузы на легких по гранулометрическому составу почвах в отдельные годы при недостаточном выпадении осадков в критический период (за 10 дней до выметывания) снижается на 30–40 % [8]. Отмечено, что при одинаковом содержании элементов питания в растениях кукурузы, выращиваемых при оптимальной и недостаточной влагообеспеченности, урожай сухой надземной биомассы, вследствие дефицита влаги, уменьшался в 2,6 раза, а недостаток тепла в первый период вегетации кукурузы снижал её продуктивность в 3 раза [10, 11].

Невозможность точно спрогнозировать экстремальные погодные явления, безусловно, усложняет задачу стабильного получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. И тем не менее справедливо будет утверждение, что необходимо приложить все усилия по управлению факторами, ограничивающими

рост и развитие растений, чтобы повысить устойчивость культур к воздействию стрессоров. По мнению ряда исследователей, экологическая устойчивость современных гибридов кукурузы значительно ниже в сравнении с сортами начала XX века, что объясняется их невысокой приспособленностью к конкретным экологическим условиям и уровню агротехники. И чем выше несоответствие условий внешней среды адаптивному потенциалу растений, и, прежде всего, их экологической устойчивости, тем большую часть продуктов ассимиляции растения расходуют не на формирование урожая, а на защитно-компенсаторные реакции [7, 12].

К настоящему времени учёными в области агрохимии разработан ряд методических рекомендаций и регламентов по возделыванию кукурузы [13–16]. Результаты многочисленных исследований показывают, что наиболее управляемым мероприятием по повышению устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды как кукурузы, так и других сельскохозяйственных культур, является оптимизация минерального питания по фазам развития растений [1, 17–20]. Для управления посевами кукурузы с целью снижения негативного влияния погодных условий важно знать особенности ее роста и развития, чётко представлять потребности растений на каждом этапе онтогенеза и учитывать, какое влияние оказывают те или иные факторы внешней среды на физиологические процессы растений.

Исследования показали, что при различных складывающихся неблагоприятных факторах в критические фазы развития растений (низкие или высокие температуры, недостаток или избыток влаги, высокие кислотность и плотность почвы, слабое развитие корневой системы) элементы минерального питания почвы становятся труднодоступными для растений. Например, при затяжных весенних холодах почва становится физиологически бедной питательными веществами, молодые растения плохо усваивают фосфор. Происходит задержка в росте растений кукурузы, их листья приобретают фиолетово-пурпурную окраску. В ряде случаев, если азота в почве достаточно, листья молодых растений окрашиваются в тёмно-зелёный цвет с краевым фиолетово-пурпурным оттенком [6, 8].

При низких температурах, когда жизнедеятельность растений сильно подавлена, внесение удобрений в почву или на её поверхность существенно не улучшает питание. Учитывая высокую потребность растений в сбалансированном питании в критический период развития и сложность в усвоении необходимых элементов корневой системой в это время, даже при их наличии в почве, особое значение приобретает некорневая подкормка специальными поликомпонентными водорастворимыми комплексами. Особенность таких подкормок состоит в том, что их эффективность зависит в большей степени от температуры воздуха, а не почвы. Некорневая подкормка оказывает антистрессовый эффект, снимает кратковременный дефицит элементов питания в критические периоды роста и развития растений, повышает их способность усваивать питательные вещества из почвы и основного удобрения. При внекорневых подкормках важно наличие всех макроэлементов, так как они участвуют в основных обменных и синтетических процессах, одновременно происходящих в растительном организме и одновременно необходимых растениям, что не всегда может обеспечить корневое питание.

В определённой степени повысить устойчивость растений кукурузы к неблагоприятным факторам внешней среды можно также за счет биологического воздействия на растения. Установлено, что определенного рода ферменты принимают активное участие в регулировании многих биохимических и физиологических

процессов в растениях как в нормальных, так и при стрессовых (неблагоприятных) воздействиях, позволяют растению осуществлять реакции в значительно более широком диапазоне температур. Биологическое регулирование физиологических процессов в растениях направлено как на снижение отрицательного воздействия погодных условий, складывающихся в течение периода вегетации, так и на оптимизацию их роста и развития [6, 21–22].

Таким образом, важнейшим условием повышения эффективности сельского хозяйства является достижение его устойчивости по отношению к погодноклиматическим изменениям. Использование благоприятных последствий потепления климата возможно только в сочетании с проведением адаптационных мер, направленных на предотвращение (снижение) потерь от его негативных последствий. Повысить устойчивость кукурузы и других сельскохозяйственных растений к неблагоприятным погодным условиям возможно за счёт совершенствования технологий их возделывания. И одним из наиболее важных ее элементов является оптимизация минерального питания по основным фазам онтогенеза на основании сбалансированного применения удобрений в основное внесение и в виде внекорневых подкормок макро- и микроудобрениями в сочетании с физиологически активными веществами, регуляторами роста и пестицидами.

Необходимость поиска возможностей для снижения отрицательного влияния неблагоприятных погодных условий в критические периоды развития растений, актуализирует научные исследования в этой области.

Цель исследований – установить влияние гидротермических условий и режима минерального питания на продукционный процесс кукурузы, возделываемой на дерново-подзолистой почве суглинистой почве с высоким содержанием подвижных фосфатов и калия.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в стационарном опыте РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области, заложенном в 2020 г. на дерново-подзолистой суглинистой почве.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя (в среднем): рН – 6,2, содержание гумуса – 2,0 %, подвижных соединений фосфатов – 1076 и калия – 344, меди – 3,0, бора – 0,8, цинка – 2,9 мг/кг почвы. Согласно агрохимическим градациям почв Беларуси, по степени кислотности изучаемая почва относится к близким к нейтральным со средним содержанием гумуса, повышенным – калия, очень высоким – фосфатов [23]. Содержание меди – среднее, бора – высокое, цинка – низкое.

Опытная культура – кукуруза зернового направления F1 Фродо. Предшественник – яровая пшеница.

Опыт был развернут в пространстве в трёх полях. Схема опыта включала 10 вариантов в 4-кратной повторности. Общий размер делянки – 36,0 м² (6,0 м · 6,0 м).

Соломистый навоз в дозе 60 т/га был внесен осенью 2020, 2021 и 2022 гг. Минеральные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) применяли в основное внесение, кроме того азотные (карбамид) согласно схеме опыта – в подкормку в фазу 4–6 листьев кукурузы.

В качестве некорневой подкормки в посевах кукурузы применяли: микроудобрение МикроСтим-Цинк, Бор (м/л) – в фазу 4–6 листьев (2 л/га), органоминеральное

удобрение Форкроп Голден 10-14-4 (ОМУ) – в фазы 6–8 и 8–10 листьев (1,5 + 1,5 л/га) и регулятор роста растений Агропон С (РР) – в фазу 6–8 листьев (0,02 л/га).

Форкроп Голден 10-14-4 – жидкое органоминеральное удобрение, биостимулятор. Содержит, помимо азота, фосфора и калия также магний, марганец, бор и цинк, свободные аминокислоты растительного происхождения и специфически природные активаторы. Применение удобрения в стрессовых погодных условиях, а также в течении вегетативного роста и цветения способствует увеличению урожайности и улучшению качества продукции.

Биостимулятор растений Агропон С представляет собой прозрачный бесцветный водно-спиртовой раствор. Этот препарат биологического происхождения, содержит сбалансированный комплекс фитогормонов ауксиновой, цитокининовой природы, аминокислот, углеводов, жирных кислот, микроэлементов. Является высокоэффективным биостимулятором роста растений широкого спектра действия, продукт биотехнологического выращивания грибов-эпифитов, выделенных из корневой системы лекарственных растений. Повышает устойчивость растений к стрессовым факторам (высоким и низким температурам, засухе, фитотоксическому действию пестицидов), повышает урожай и улучшает качество растительной продукции.

Дозы удобрений под кукурузу и схема опыта представлена в таблицах 4, 5.

В ходе исследований проводили фенологические наблюдения с отметкой дат наступления фаз развития растений кукурузы: всходы, 4–6, 8–10 листьев, цветение, молочная и полная спелость зерна. В течение вегетации растений осуществлялся мониторинг за динамикой температуры воздуха и выпадением осадков.

Для оценки условий роста и развития растений использовали данные комплексного показателя влагообеспеченности по периодам вегетации условий роста и развития растений (Р), включающего суммарное водопотребление (расход) продуктивной влаги почвы и атмосферных осадков за исследуемый период.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гидротермические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований существенно различались. Так, начало вегетации кукурузы 2021 и 2022 гг. характеризовалось избыточным увлажнением (115–175 % нормы осадков) на фоне оптимальных и/или повышенных температур, сменяемых в фазу 8–10 листьев – начало цветения в течение 20 (2021 г.) – 43 (2022 г.) дней засушливыми условиями, которые вновь, вплоть до уборки урожая, сменялись обильными дождями с пониженным температурным фоном. В погодных условиях вегетации кукурузы 2023 года распределение осадков происходило кардинально наоборот: межфазные периоды посев – 8–10 листьев и молочная – полная спелость проходили в засушливых условиях с повышенными температурами воздуха, а в период 8–10 листьев – начало молочной спелости отмечалось избыточное выпадение осадков (165–192 % нормы) на фоне оптимальных или повышенных температур.

Рассмотрим более подробно сложившиеся погодные условия вегетационных периодов возделывания кукурузы.

2021 год. Кукуруза – засухоустойчивое растение и потребность во влаге у нее невысокая. В начале вегетации до образования 7–8-го листа воды потребляется мало и влаги, запасенной от осенне-зимних осадков, бывает достаточно. При минимуме осадков, но при теплой погоде культура в поисках влаги развивает мощную корневую

систему [6–8]. В условиях 2021 года количества запасов влаги (124 % нормы) к посеву кукурузы оказалось достаточным для дружных всходов и дальнейшего благоприятного развития культуры, несмотря на засушливые условия с повышенными суточными температурами в период 8–10 листьев – начало цветения культуры (табл. 1).

Таблица 1

Гидротермические условия вегетации кукурузы

Показатели	Годы	Межфазные периоды					
		посев – 5–6 листьев	5–6 – 8–10 листьев	8–10 листьев – цветение	цветение – молочная спелость	молочная – полная спелость	посев – полная спелость
Средние t за период	2021	14,3	21,9	22,0	19,3	12,1	17,9
	2022	14,8	19,3	17,3	20,7	12,1	16,8
	2023	15,0	20,6	18,3	19,8	17,4	18,2
Σ t > 10 °С (активных)	2021	465,3	349,8	549,5	426,0	403,2	2193,8
	2022	473,5	522,1	329,2	496,2	260,2	2081,2
	2023	485,0	287,9	568,3	396,1	694,5	2431,8
Сумма осадков, мм	2021	104,2	83,3	22,5	57,6	153,6	401,2
	2022	115,2	92,7	21,7	8,5	93,3	331,4
	2023	0,4	37,0	147,5	88,3	31,9	305,1
Влагообеспеченность растений (коэффициент Р)	2021	1,7 (удовл.)		2,0 (оптим.)	1,7 (удовл.)	1,3 (удовл.)	1,7 (удовл.)
	2022	1,7 (удовл.)		1,4 (удовл.)	1,7 (удовл.)	1,3 (удовл.)	1,6 (удовл.)
	2023	0,8 (низкая)		2,3 (оптим.)	1,8 (удовл.)	0,5 (низкая)	1,2 (удовл.)

Оптимальная температура со времени цветения метёлок и появления нитей на початках – 22–23 °С. Температура +25 °С и выше неблагоприятна, а при температуре более +30 °С и относительной влажности воздуха около 30 % происходит преждевременное подсыхание листьев, нарушаются нормальные процессы цветения и оплодотворения, обезвоживается пыльца, подсыхают нити початков, в результате женские цветки оплодотворяются не полностью, что приводит к череззернице [6–8]. Следует отметить, что рекордные температуры воздуха в июне–июле (более 35 °С) оказали отрицательное влияние на ожидаемую эффективность комплекса некорневых подкормок посевов.

Критический период потребности в воде начинается за 10–14 дней до образования метелки и заканчивается в середине молочной спелости зерна. В это время расходуется до 70 % воды, так как растения быстро растут в высоту, и происходит основное накопление биомассы урожая. В этот период хорошо развитые растения обеспечивают себя влагой с глубоких слоев почвы [6–8]. Обильные осадки (138–233 % к норме) и благоприятный температурный режим от фазы цветения до полной спелости культуры обусловили быстрый рост растений и интенсивное накопление биомассы, обеспечив максимальное накопление сухого вещества

к уборке за годы исследований. Коэффициент влагообеспеченности P за период вегетации варьировал от 1,3 до 2,0 и характеризует условия как удовлетворительные, близкие к оптимальным.

2022 год. Избыточное количество осадков (162 % к норме) в начальный период роста растений ингибировало их развитие и растянуло сроки прохождения фазы посев 8–10 листьев на 64 дня, тогда как в 2021 г. этот период длился 50 дней, а в 2023 г. – 47 дней (табл. 2).

Таблица 2

Длительность прохождения отдельных фаз роста и развития кукурузы, сутки

Межфазный период	Годы		
	2021	2022	2023
Посев – 4–6 листьев	34	37	33
4–6 листьев – 8–10 листьев	16	27	14
8–10 листьев – цветение	25	20	31
Цветение – молочная спелость	22	23	20
Молочная спелость – полная спелость	43	41	40
Весь период от посева до созревания	140	148	138

Тем не менее обильные осадки (115 % нормы) в период 4–6 – 8–10 листьев и благоприятный температурный режим способствовали быстрому росту растений и интенсивному накоплению сухого вещества. Засушливые условия от фазы 8–10 листьев и вплоть до молочной спелости зерна (16–39 % к норме), благодаря хорошей влагоудерживающей способности суглинистой почвы и достаточному количеству выпавших ранее осадков, не оказали отрицательного влияния на рост и развитие растений. Коэффициент влагообеспеченности P за период вегетации варьировался от 1,3 до 1,7, что характеризует вегетационные условия как удовлетворительные (табл. 1).

2023 год. Первая половина вегетации растений кукурузы проходила в условиях недостатка влаги (1–89 % нормы) на фоне повышенных температур (15,0–20,6 °С). Обильные осадки (165–192 % к норме) и благоприятный температурный режим от фазы 8–10 листьев и до начала молочной спелости культуры способствовали быстрому росту растений и интенсивному накоплению сухой биомассы, что характеризует этот период как оптимальный ($P = 2,3$). В дальнейшем, в течение 40 дней от фазы начала молочной спелости до уборки в условиях дефицита осадков (34 % нормы) на фоне повышенных температур (+3,4 °С к норме) происходило усыхание растений кукурузы, характеризующееся потерей сухого вещества листостебельной массы. Коэффициент влагообеспеченности в этот период составил $P = 0,5$, а за весь период вегетации варьировал от 0,5 до 2,3 и характеризует вегетационные условия в целом как удовлетворительные ($P = 1,2$) (табл. 1).

Таким образом, в условиях благоприятного температурного режима вегетационного периода основным лимитирующим фактором при возделывании кукурузы в опыте явилось чередование засушливых и избыточно увлажнённых условий.

Одним из основных показателей фотосинтетической деятельности растений считается накопление сухого вещества. В своих исследованиях Д. В. Ефанов отмечал, что продолжительность периода формирования зерна и скорость накопления сухого вещества зависит от сортовых особенностей и реакции гибрида

на складывающиеся агроклиматические условия [17]. В наших исследованиях скорость формирования сухого вещества кукурузы зависела от складывающихся погодных условий в основные фазы вегетации кукурузы с учетом биологических особенностей культуры. Так, в начальный период образования и роста вегетативных органов в условиях дефицита осадков в 2023 г., среднесуточная скорость образования сухого вещества на гектар была максимальной (1,33 кг – 99 ц), а длительность прохождения периода – минимальной (47 дней) (табл. 3).

Таблица 3

Динамика накопления сухого вещества, кг/га/сутки

Год	Межфазные периоды				
	посев – 4–6 листьев	4–6 листьев– 8–10 листьев	8–10 листьев – цветение	цветение – молочная спелость	молочная – полная спелость
2021	1,27	63	309	367	261
2022	0,65	78	252	407	140
2023	1,33	99	185	412	–90

В дальнейшем в условиях избытка осадков (165 % нормы) развитие растений до начала цветения было более растянутым, среднесуточная скорость накопления сухой биомассы хотя и возросла почти в 2 раза, но была ниже относительно показателей предшествующих лет исследования. Растения кукурузы в условиях дефицита осадков в этот период на фоне благоприятных температур в 2021 и 2022 гг. эффективно использовали продуктивные влагозапасы, скорость формирования сухого вещества возросла в 3–5 раз к предыдущему периоду (табл. 3).

В межфазный период цветение–молочная спелость скорость формирования сухой биомассы возросла в 1,2–2,2 раза с максимальным значением в 2023 г., когда избыточное количество осадков (192 % нормы) на фоне повышенных температур обусловило быстрый рост растений (табл. 3).

Вследствие особенностей роста и развития кукуруза предъявляет определенные требования к обеспечению питательными веществами. В начальный период, до образования первого надземного стеблевого узла, кукуруза растёт очень медленно, кроме того, сказывается стрессовое воздействие гербицидов на молодое растение. Потребление питательных элементов слаборазвитой корневой системой невысокое. Однако недостаток и несбалансированность элементов питания в этот период (от 3-х до 5–7 листьев) впоследствии невосполним, так как именно в это время формируются генеративные органы, определяющие урожайность [6–8]. В условиях складывающихся гидротермических факторов применение удобрений оказало определенное влияние на скорость накопления сухой биомассы. От полных всходов до фазы 5–6 листьев во все годы исследования развитие растений в вариантах с применением удобрений проходило равномерно и низкими темпами – вес сухой биомассы растений по опыту в среднем за годы исследований составил 0,35–0,42 ц/га, что в 1,5 раза выше относительно контроля (табл. 4).

Интенсивный рост и потребление питательных веществ корневой системой начинается от фазы 7–9 листьев (после того, как будут сформированы зачаточные генеративные органы), достигая максимума к моменту выбрасывания метёлок и рылец [6–8].

Таблица 4

Накопление сухого вещества растениями кукурузы по основным фазам, ц/га

Варианты опыта	4–6 листьев	8–10 листьев	Цветение	Молочная спелость	Полная спелость	Полная спелость		
	среднее за 2021–2023 гг.					2021 г.	2022 г.	2023 г.
Контроль, без удобрений	0,26	6,7	60,3	105,6	137,1	175,2	163,8	72,2
Соломистый навоз (СН), 60 т/га – Фон	0,35	14,6	73,4	132,3	176,2	253,8	185,1	89,8
Фон + N ₆₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у)'	0,40	16,2	81,5	159,0	205,9	276,2	222,9	118,7
Фон + N ₉₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у)'	0,39	19,2	82,0	166,5	219,8	288,3	242,1	129,1
Фон + N ₉₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у + РР)'	–	16,9	82,9	187,3	229,7	308,7	250,5	130,0
Фон + N ₉₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ +м/у + ОМУ)' + (ОМУ)"	–	16,4	79,3	186,6	235,0	313,7	232,3	159,1
Фон + N ₁₂₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у)'	0,41	15,5	83,7	165,6	210,3	287,6	219,0	124,0
Фон + N ₉₀ + (N ₃₀ + м/у)'	0,42	16,3	79,3	169,7	215,7	287,5	223,3	136,4
Фон + N ₉₀ + (N ₃₀ + м/у + РР)'	–	16,1	81,1	184,9	226,3	306,8	245,7	126,3
Фон + N ₉₀ + (N ₃₀ + м/у + ОМУ)' + (ОМУ)"	–	15,9	83,5	184,5	232,8	310,4	243,2	144,9
НСР ₀₅	–	0,9	4,3	9,2	9,7	34,7	10,8	12,4

' подкормка посевов кукурузы в фазу 4–6 листьев; " подкормка посевов кукурузы в фазу 8–10 листьев.

Каждый элемент системы удобрения кукурузы вносит свой вклад в формирование урожая. Наши исследования показали, что применение органического удобрения усиливало накопление сухого вещества в течение вегетации в 1,2–2,2 раза относительно контроля (табл. 4).

За счет минеральных удобрений, применяемых в комплексе с микроудобрением, скорость накопления сухой биомассы в период цветение – молочная спелость кукурузы увеличилась на 11–25 % относительно органического фона.

Эффект от однократного применения регулятора роста растений Агропон С в фазу 6–8 листьев кукурузы отмечен от фазы молочной спелости, выраженный дополнительным приростом биомассы на 5–13 %. Двукратное применение органоминерального удобрения Форкроп Голден 10-14-4 усиливало процесс накопления сухого вещества от фазы молочной спелости на 9–12 %.

Применение азотного удобрения в комплексе с микроудобрением (N₉₀₊₃₀ + м/у) по эффективности не уступало полному минеральному удобрению (N₉₀₊₃₀P₂₀K₆₀ + м/у) в течение вегетации. Так, к фазе цветения кукурузы в варианте с полной минеральной системой удобрения в комплексе с микроудобрением было сформировано 166,5 ц/га сухого вещества, а в варианте с применением только азота в сочетании с микроудобрением – 169,7 ц/га.

Максимальный по опыту суммарный сбор сухого вещества основной продукции и листостебельной массы до 235,0 ц/га установлен в вариантах с комплексным

применением минеральных удобрений, микроудобрения, регулятора роста растений и органоминерального удобрения на фоне соломистого навоза (табл. 4).

Следует отметить, что в 2021 г. в условиях достаточного увлажнения повышение доз азотных удобрений от 90 до 150 кг д. в./га обусловило тенденцию к усилению накопления сухого вещества, а полное минеральное удобрение ($N_{90+30}P_{20}K_{60} + м/у$) не имело преимуществ перед моноазотом ($N_{90+30} + м/у$). Применение регулятора роста растений к уборке кукурузы обеспечило получение дополнительных 19,3–20,4 ц/га (+7 %) зерна, органоминерального удобрения – 22,9–25,4 ц/га (+8–9 %) сухой биомассы.

В условиях 2022 г. повышение допосевной дозы азотных удобрений с 90 до 120 кг д. в./га в какой-то мере ингибировало нарастание биомассы (–9 %), а полная минеральная система удобрения была достоверно эффективнее моноазотной (+18,8 ц/га). Применение регулятора роста растений обеспечило к уборке получение дополнительных 8,4–22,4 ц/га (+4–10 %) зерна, а эффект от применения органоминерального удобрения (+9 % сухой биомассы) отмечен только при моноазоте.

В 2023 г. повышение допосевной дозы азотных удобрений от 60 до 90 кг д. в./га обусловило тенденцию к усилению накопления сухого вещества, дальнейшее повышение дозы азота было неэффективным. Применение полного минерального удобрения не имело преимуществ перед моноазотом. В сложных погодных условиях наилучший эффект получен в варианте с применением органоминерального удобрения Форкроп Голден 10-14-4: к уборке дополнительный сбор сухого вещества на фоне полного удобрения составил 30,0 ц/га (+23 %), на фоне моноазота – 8,6 ц/га (+6 %) (табл. 4).

В зависимости от гидротермических условий вегетационного периода к фазе полной спелости кукурузы в разные годы сформировано разное количество сухой биомассы. Наименьший показатель отмечен в 2023 г. – 72,2–159,1 ц/га, когда от фазы начала молочной спелости до уборки засушливые условия (34 % осадков от нормы) на фоне повышенных температур (+3,4 °С к норме) в течение 40 дней происходило усыхание растений кукурузы и опад листостебельной массы, характеризующееся потерей сухого вещества. К уборке соотношение зерно/листочечная масса (в сухом веществе) составило 1:0,2.

Следует отметить, что в 2021 и 2022 гг. накопление сухой биомассы кукурузы продолжалось вплоть до уборки, хотя и более низкими темпами, чему способствовала тёплая (12,1 °С) и влажная (93,3–153,6 мм осадков) погода (табл. 1–3).

Основным показателем эффективности применения тех или иных агротехнических мероприятий является величина урожая. За счет плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы урожайность культуры в среднем за 3 года исследований формировалась на уровне 68,5 ц/га. Значимое достоверное влияние на повышение урожайности кукурузы оказало применение соломистого навоза, за счет чего дополнительно получено 24,7 ц/га зерна, или +36 % к контролю (табл. 5). За счет применения полного минерального удобрения в комплексе с микроудобрением ($N_{90-150}P_{20}K_{60} + м/у$) на фоне соломистого навоза дополнительная прибавка составила 13,7–22,7 ц/га (+15–26 %) при окупаемости 1 кг удобрения 8,1–12,3 кг зерна. По эффективности моноазот практически не уступал полному минеральному удобрению – урожайность зерна кукурузы составила 115,8 ц/га против 117,8 ц/га, различия недостоверны (табл. 5).

Здесь следует отметить, что исследования, проведенные нами ранее на данной почве в течение пятилетнего периода, показали, что для сохранения сформированного плодородия длительность непрерывного применения моноазотной системы удобрения не должна превышать 3 года, так как в последующие 2 года отмечается существенный сдвиг в сторону преобладания процесса минерализации над гумификацией [17]. Другими словами, в хозяйствах, испытывающих дефицит фосфорных и калийных удобрений, при возделывании кукурузы на почвах с высоким содержанием подвижных фосфатов и калия, допустимо в течение 1–3 лет применение моноазотной системы удобрения на фоне соломистого навоза без риска снижения урожая и качества зерна.

Повышение суммарной дозы азотных удобрений с 90 до 120 кг д. в./га обеспечило достоверный рост урожая зерна на 10,9 ц/га (+10 %). Дальнейшее увеличение основной дозы азотного удобрения на 30 кг д. в./га оказалось неэффективным приёмом при тенденции снижения урожая кукурузы на 1,9 ц/га (табл. 5).

Таблица 5

Урожайность зерна кукурузы

Варианты	Урожайность, ц/га			Среднее	Прибавка к фону	Оплата 1 кг N/P/K, кг
	2021 г.	2022 г.	2023 г.			
Контроль (без удобрений)	66,3	62,3	76,8	68,5	–	–
Соломистый навоз (СН), 60 т/га – Фон	108,4	82,2	89,0	93,2	–	–
Фон + N ₆₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у) [']	116,6	98,1	105,9	106,9	13,7	8,1
Фон + N ₉₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у) [']	124,9	105,2	123,4	117,8	24,6	12,3
Фон + N ₉₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у + РР) [']	135,5	112,5	138,0	128,7	35,5	17,8
Фон + N ₉₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у + ОМУ) ['] + (ОМУ) ["]	137,0	108,7	141,0	128,9	35,7	17,9
Фон + N ₁₂₀ P ₂₀ K ₆₀ + (N ₃₀ + м/у) [']	117,9	102,6	127,2	115,9	22,7	9,9
Фон + N ₉₀ + (N ₃₀ + м/у) [']	124,5	99,0	123,8	115,8	22,6	18,9
Фон + N ₉₀ + (N ₃₀ + м/у + РР) [']	132,8	109,1	127,0	123,0	29,8	24,9
Фон + N ₉₀ + (N ₃₀ + м/у + ОМУ) ['] + (ОМУ) ["]	127,9	104,3	137,5	123,2	30,0	25,0
НСР ₀₅	19,3	11,9	12,0	10,4	–	–

['] подкормка посевов кукурузы в фазу 4–6 листьев; ["] подкормка посевов кукурузы в фазу 8–10 листьев.

Двукратные подкормки посевов органоминеральным удобрением Форкроп Голден 10-14-4 в фазы 6–8 и 8–10 листьев способствовали повышению урожайности и получению дополнительных 7,4–11,1 ц/га зерна, или +6–10 % по отношению к базовым системам удобрения. Однократная обработка посевов кукурузы регулятором роста растений Агропон С в фазу 6–8 листьев культуры обеспечила получение дополнительных 7,2–10,9 ц/га зерна, или 6–9 % (табл. 5).

Следует отметить, что эффективность применяемых минеральных удобрений и стимуляторов роста растений зависела от складывающихся погодных условий вегетационных периодов. Так, за счёт комплекса минеральных удобрений и микроудобрений на фоне соломистого навоза в относительно благоприятных погодных условиях 2021 и 2022 гг. (Р = 1,3–2,3) прибавка урожая зерна составила 12–14 %

по отношению к органическому фону, а влияние регулятора роста растений и органоминерального удобрения проявилось в повышении урожайности зерна на 5–9 % (табл. 1, 5).

При наименее благоприятных погодных условиях 2023 года (смена засушливых периодов ливневыми дождями на фоне повышенных температур воздуха, $P = 0,5-2,3$) эффективность как минеральных удобрений, так и стимуляторов роста растений проявилась в большей мере. За счет комплекса минеральных макро- и микроудобрений (относительно фона) прибавка урожая зерна достигла 35 %, регулятора роста растений и органоминерального удобрения – 13 % относительно полного минерального удобрения в комплексе с микроудобрением и 7 % – моноазота (табл. 1, 5).

Научный и практический интерес представляют результаты анализа влияния отдельных факторов на формирование урожайности зерна кукурузы при меняющихся погодных условиях. Наши исследования, проведенные ранее на дерново-подзолистой высоко окультуренной почве с высоким содержанием подвижного калия и очень высоким – фосфатов, показали, что при неблагоприятных погодных условиях доля участия почвенного плодородия в формировании урожая возделываемых культур снижалась с 70 до 54 %, или в 1,3 раза. При этом эффективность удобрений повышалась – в наименее благоприятных условиях 37 % продукции было получено за счет минеральных удобрений, из них 28 % обеспечили азотные удобрения, 9 % – фосфорные и калийные [20].

Известно, что фосфорные и калийные удобрения в засушливых условиях снижают расход воды на образование единицы урожая на 10–20 % и более. Калий удобрений удерживает воду, повышая оводненность цитоплазмы, а фосфор удобрений в условиях недостатка влаги более доступен растениям, чем фосфаты почвы. Это тем более важно, что обеспеченность растений азотом в засуху достаточно высока, так как азот поступает в растения преимущественно путем массового потока и меньше зависит от количественной обеспеченности почвы водой. Результаты наших исследований свидетельствуют, что без использования удобрений величина урожайности кукурузы по годам различается до 93 %. Применение минеральных удобрений как отдельно, так и на фоне органических, способствует повышению устойчивости культуры к неблагоприятным погодным условиям со снижением варьирования продуктивности по годам до 44 %. В то же время другие исследователи отмечают, что при остром дефиците влаги прибавка урожая зерна кукурузы от азота может уменьшиться в 6 раз по сравнению с влажным годом, от калия – в 2 раза, а применение фосфорных удобрений вообще может быть неэффективным [6, 8, 20].

На примере оптимального варианта системы удобрения рассмотрим влияние отдельных факторов (почва, действие соломистого навоза, минеральных удобрений, регулятора роста растений) на урожайность зерна в зависимости от погодных условий вегетации кукурузы.

При максимальной сумме осадков (401,2 мм) на фоне благоприятных температур вегетационного периода 2021 г. доля участия почвы в формировании урожайности составила 48 %, применения соломистого навоза – 31 %. Прибавка урожая зерна от минеральных удобрений в комплексе с микроудобрением составила 16,5 ц/га (12 % от общей), от регулятора роста растений – 12,1 ц/га (+9 %) (табл. 1, рис. 2).

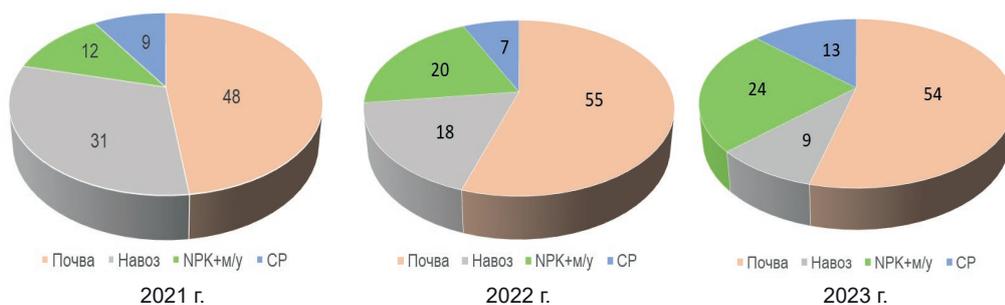


Рис. 2. Долевое участие факторов в формировании урожайности зерна кукурузы при различных погодных условиях вегетации растений, %

В условиях снижения суммы осадков (331,4 мм) в 2022 г. на фоне более низкого температурного фона доля участия почвы в формировании урожайности кукурузы повысилась до 55, или в 1,2 раза, снизилась роль участия органических удобрений в 1,7 раза, возросла роль минеральных удобрений в комплексе с микроудобрением до 20 % от общей (табл. 1, рис. 2).

В более засушливых погодных условиях 2023 года (305,1 мм осадков, 2431,8 °С активных температур) доля участия солоमистого навоза снизилась до 9 %, или в 2,0–3,5 раза по отношению к предыдущим годоопытам, минеральных удобрений в комплексе с микроудобрением возросла в 1,2–2,0 раза, составив 24 % от общей, обработок посевов регулятором роста растений (или подкормок органоминеральным удобрением) увеличилась до 13 % (табл. 1, рис. 2).

Исследования, проведенные нами ранее на дерново-подзолистой суглинистой почве с высоким содержанием подвижных фосфатов и калия, показали, что при неблагоприятных погодных условиях доля участия минеральных удобрений в формировании урожая сельскохозяйственных культур повышается, способствуя усилению устойчивости уровня продуктивности и снижению ее вариабельности по годам [19, 20].

ВЫВОДЫ

В условиях дефицита осадков на фоне повышенных температур в период развития вегетативных органов кукурузы ускоряется образование сухой биомассы и сокращается длительность прохождения фаз, а в период созревания зерна происходит потеря сухого вещества. Теплая и влажная погода в межфазный период молочная-полная спелость кукурузы способствует накоплению сухого вещества вплоть до уборки.

Применение соломистого навоза усиливает накопления сухого вещества в течение вегетации в 1,2–2,2 раза, минеральные удобрения в комплексе с микроудобрением – на 11–25 %, регулятор роста растений Агропон С – 5–13 %, органоминеральное удобрение Форкроп Голден 10-14-4 – 9–12 %. Повышение суммарной дозы азотного удобрения с 90 до 150 кг д. в./га эффективно в годы с достаточным увлажнением. В накоплении сухого вещества полное минеральное удобрение в основном не имеет преимуществ перед моноазотом. Эффект от некорневых обработок посевов кукурузы органоминеральным удобрением Форкроп

Голден 10-14-4 в большей мере проявляется в засушливые годы на фоне полного минерального удобрения.

Максимальный суммарный сбор сухого вещества основной продукции и листостебельной массы до 235,0 ц/га установлен в вариантах с комплексным использованием минеральных удобрений, микроудобрения, регулятора роста растений или органоминерального удобрения, применяемых на фоне солоमистого навоза.

Изучаемые системы удобрения оказывают существенное влияние на повышение урожайности зерна кукурузы: дополнительный сбор урожая от применения соломистого навоза составляет 36 %, комплекса минеральных макро- и микроудобрений (на фоне навоза) – 15–26 %, регулятора роста растений и органоминерального удобрения (на фоне комплекса макро- и микроудобрений) – 6–10 %;

Максимальная урожайность зерна кукурузы 123,0–128,9 ц/га получена при применении на фоне соломистого навоза как полного минерального удобрения ($N_{90+30}P_{20}K_{60}$), так и только азотного (N_{90+30}) в комплексе с некорневыми подкормками посевов микроудобрением МикроСтим-Цинк, Бор, регулятором роста растений Агропон С или органоминеральным удобрением Форкроп Голден 10-14-4, где каждый килограмм минеральных удобрений окупается 17,8–25,0 кг зерна.

В условиях достаточного количества осадков за вегетационный период (более 400 мм) доля участия плодородия почвы в формировании урожайности зерна кукурузы составляет 48 %, органического удобрения – 31 %, минеральных удобрений с микроудобрениями – 12 %. При снижении суммы осадков (около 330 мм) доля участия плодородия почвы в формировании урожайности увеличивается до 55 %, органического удобрения – снижается в 1,7 раза, минеральных удобрений в сочетании с микроудобрением возрастает до 20 %. В более засушливых условиях (около 300 мм осадков) доля участия почвы в формировании урожайности составляет 54 %, органического удобрения – снижается до 9 %, минеральных удобрений – возрастает в 1,2–2 раза, достигая 24 %.

Долевое участие стимуляторов роста растений в системе удобрения кукурузы варьирует на уровне 7–13 %, повышая устойчивость растений в процессе их роста и развития к стрессовым погодным условиям и обеспечивая в комплексе с минеральными удобрениями на фоне соломистого навоза получение максимальной урожайности зерна кукурузы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапа, В. В. Роль погодных условий в формировании продуктивности с/х культур / В. В. Лапа, В. Н. Босак, Н. Н. Ивахненко // Изменения климата и использование климатических ресурсов. – Минск, 2001. – С.147 – 154.
2. Стратегия адаптации Республики Беларусь к изменению климата: согласование рабочего документа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/4-Minselhozprod-Strategija-adaptatsii-s-x.pdf>. – Дата доступа: 08.02.2020.
3. Логинов, В. Ф. Климатические исследования в Институте / В. Ф. Логинов // Природопользование. – 2012. – Вып. 22. – С. 123–140.
4. Мельник, В. И. Возможные изменения климатических и агроклиматических характеристик в XXI веке на территории Беларуси и их влияние на сельское

хозяйство / В. И. Мельник, Я. А. Соколовская, Е. В. Комаровская // Природные ресурсы – Вып. 2. – 2017. – С. 118–125.

5. Сабинин, Д. А. Физиологические основы питания растений. / Д. А. Сабинин. – М.: АН СССР, 1955. – 512 с.

6. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.

7. Кравченко, Р. В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья: монография / Р. В. Кравченко. – Ставрополь, 2010. – 208 с.

8. Надточаев, Н. Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н. Ф. Надточаев; НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.

9. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Беларуси. Статистический сборник [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/selskoe-khozyaistvo>. – Дата доступа 08.01.2024 г.

10. Никитишен, В. И. Минеральное питание кукурузы при взаимодействии азотного и фосфорного удобрения / В. И. Никитишен, В. И. Личко // Агрохимия. – 2012. – № 11. – С. 9–15.

11. Никитишен, В. И. Взаимосвязи в питании кукурузы при длительном применении удобрений на серой лесной почве ополья / В. И. Никитишен, В. И. Личко. – Агрохимия, 2014. – № 12. – С. 16–2.

12. Наумкин, В. Н. Эффективные безопасные приемы повышения урожайности кукурузы на зерно / В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина, А. М. Хлопяников, А. Н. Крюков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 3(23). – С. 81–87.

13. Регламент применения удобрений под кукурузу на дерново-подзолистых высококультурных суглинистых и супесчаных почвах / Е. Г. Мезенцева [и др.]; НАН Беларуси; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК Беларуси, 2023. – 11 с.

14. Удобрение кукурузы при возделывании на зерно. Раздел отраслевого технологического регламента по возделыванию кукурузы / Т. М. Серая [и др.]; НАН Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК Беларуси, 2020. – 8 с.

15. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.

16. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН по земледелию». – 3-е изд. доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.

17. Ефанов, Д. В. Формирование урожая гибридов кукурузы под влиянием природных факторов, предшественников и способов основной обработки почвы в зоне каштановых почв Волгоградской области: дис. ...канд. с.-х. наук / Д. В. Ефанов. – Волгоград, 2003. – 155 с.

18. Семененко, Н. Н. Научные основы совершенствования системы управления производственным процессом зерновых культур / Н. Н. Семененко // Земляробства і ахова раслін. – 2019. – № 1. – С. 3–12.

19. Семененко, Н. Н. Урожайность, вынос и коэффициенты возмещения выноса элементов питания в зависимости от погодных условий и применения системы удобрения под яровой ячмень / Н. Н. Семененко, О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 1(62). – С. 120–132.

20. Действие удобрений в зернопропашном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высокими запасами фосфора и калия при различных погодных условиях / О. Г. Кулеш [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 1(62). – С. 109–118.

21. Сабинин, Д. А. Физиологические основы питания растений. / Д. А. Сабинин. – М.: АН СССР, 1955. – 512 с.

22. Кефели, В. И. Природные и синтетические регуляторы онтогенеза растений / В. И. Кефели. – ВИНТИ, 1990. – 157 с.

23. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 276 с.

**INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS
AND MINERAL NUTRITION REGIME ON THE PRODUCTION
PROCESS OF CORN ON SODDY-PODZOL
HIGHLY CULTIVATED LOAM SOIL**

**E. G. Mezentseva, O. G. Kulesh, A. A. Gracheva,
S. M. Zenkova, Y. S. Krasnozhenova**

Summary

The influence of hydrothermal conditions and mineral nutrition regime on the corn production process was assessed in a technological experiment on highly cultivated loamy soddy-podzolic soil. It was revealed that in drier conditions of the growing season, the share of mineral fertilizers in the formation of the crop increases by 2 times, plant growth stimulants – varies at the level of 7–13 %, reaching maximum values in the least favorable weather conditions, increasing the resistance of plants to stress in the process of their growth and development.

It has been established that when using a full mineral fertilizer ($N_{90+30}P_{20}K_{60}$) or only one nitrogen fertilizer (N_{90+30}) in combination with MicroStim-Zinc microfertilizer, Boron, plant growth regulator Agropon S or organomineral fertilizer Forkrop Golden 10-14-4 against a background of 60 t/ha of straw manure forms more than 120 c/ha of the biological yield of corn grain.

Поступила 26.02.24