

ДЕЙСТВИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОВТОРНО И В СЕВООБОРОТЕ

В. Н. КОСТЕНЕВИЧ, Н. Ф. НАДТОЧАЕВ, А. З. БОГДАНОВ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222164, e-mail: kostenevich80@mail.ru, corn2007@mail.ru

(Поступила в редакцию 29.01.2025)

Исследования проводились в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию в 2022–2024 гг. на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м. В пахотном слое опытного участка содержалось 2,24–2,70 % гумуса, 180–200 мг P_2O_5 , 257–286 мг/кг K_2O , pH – 6,05–6,14. Отличительной особенностью погодных условий 2022 г. явился дефицит влаги в почве, который растения кукурузы начали остро ощущать через 3 недели после цветения, наступившего в начале августа, и отсутствие осадков в дальнейшем в течение трех декад с ранними осенними заморозками в первой декаде сентября. По сумме эффективных температур (выше 10 °C) и количеству выпавших осадков с мая по сентябрь 2022 г. близок к среднемноголетнему (915 и 896 °C, 352 и 370 мм соответственно). Если в 2022 г. острый дефицит осадков наблюдался только в августе, то в 2023 г. – с мая по август, но особенно в июне. И общее их количество за 5 месяцев вегетации кукурузы составило 180 мм при сумме эффективных температур 1148 °C. Вегетационный период 2024 г. характеризовался пониженными температурами воздуха после раннего сева кукурузы, повлекшими продолжительный дождливый период, дефицитом осадков в мае, августе и сентябре и большим количеством тепла, превысившим норму на 44 %. Сумма осадков с мая по сентябрь составила 281 мм.

Исследования показали, что при повторном выращивании кукурузы на силос с использованием последействия органических удобрений стабильно высокий сбор сухого вещества (172,6–173,0 ц/га) обеспечивает дробное внесение 90 кг/га азота, из которых 30 или 60 кг/га д.в. в виде КАС (кас) применяется до сева и оставшаяся часть в виде карбамида (к) – в фазу 7–8 листьев вразброс. Также высокая урожайность (174,0–177,6 ц/га) обеспечивается внесением $N_{120}КАС$ до сева в один прием или дробно: $N_{60}КАС + N_{30}КАС$ в 5–6 + $N_{30}КАС$ в 7–8 листьев, $N_{60}КАС + N_{60}КАС$ или $N_{60}КАС + N_{60}К$ 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: $N_{30}КАС + N_{60}К$, $N_{60}КАС + N_{30}КАС + N_{30}КАС$, $N_{60}КАС + N_{60}КАС$, $N_{60}КАС + N_{60}К$.

При размещении кукурузы после ячменя, убранного на зерно с запаркой соломы, органические удобрения в виде подстилочного навоза КРС в дозе 50 т/га способствуют существенному приросту зерна и сухого вещества (13,0–14,1 %). На этом фоне внесение 90–150 кг/га д.в. азота в виде карбамида в основную заправку или дробно, в т.ч. 30 кг/га до сева, обеспечивает урожайность зерна 92,9–96,3 ц/га, сухого вещества 185,9–193,5 ц/га. На фоне применения навоза наибольшая урожайность сухого вещества (193,5 ц/га) и зерна (96,3 ц/га) отмечается при внесении карбамида по схеме: N_{30} до сева + N_{60} в фазу 7–8 листьев кукурузы вразброс, без органических удобрений – N_{150} до сева, где их сбор составляет 172,2 и 85,4 ц/га соответственно.

В экстремальных погодных условиях первой половины вегетации кукурузы (обильные осадки или засушливые условия) роль органических удобрений в повышении ее продуктивности возрастает. В то время как эффективность азотных удобрений зависит не столько от водного режима первой половины вегетации, сколько от совокупности факторов, включающих плодородие почвы, ее влагоудерживающую способность, предшествующую культуру, применение органических удобрений и др.

Ключевые слова: кукуруза, азотные удобрения, урожайность, предшественники.

The research was carried out at the Scientific and Research and Practical Center of the NAS for Arable Farming in 2022–2024 on sod-podzolic cohesive sandy soil, underlain by moraine loam from a depth of 0.4–0.9 m. The plowing layer of the trial field contained 2.24–2.70% humus, 180–200 mg P_2O_5 , 257–286 mg/kg K_2O , pH – 6.05–6.14. A distinctive feature of the weather conditions in 2022 was the moisture deficit in the soil, which maize plants began to feel acutely 3 weeks after flowering, which occurred in early August, and the lack of precipitation in the future for three ten-days period with early autumn frosts in the first ten days of September. In terms of the sum of effective temperatures (above 10 °C) and the depth of precipitation from May to September 2022, it is close to the multiyear annual mean (915 °C and 896 °C, 352 and 370 mm, appropriately). While in 2022, the acute deficit of precipitation was observed only in August, in 2023 – from May to August, but especially in June. And their total amount for 5 months of the growing season of maize was 180 mm with a total of 1148 °C of effective temperatures. The growing season of 2024 was characterized by low air temperatures after early sowing of maize, which resulted in a long pre-emergence period, a shortage of precipitation in May, August and September, and a large amount of heat that exceeded the norm by 44 %. The amount of precipitation from May to September was 281 mm.

The research has shown that at repeated cultivation of maize for silage using aftereffects of organic fertilisers, consistently high dry matter yield (17.26–17.30 t/ha) is ensured by fractional application of 90 kg/ha of nitrogen, of which 30 or 60 kg/ha of nitrogen in the form of UAN is applied before sowing and the remaining part in the form of urea (к) in the phase of 7–8 leaves by spreading. Also high yield (17.40–17.76 t/ha) is provided by application of $N_{120} UAN$ before sowing in one step or fractionally: $N_{60} UAN + N_{30} UAN$ in 5–6 leaves + $N_{30} UAN$ in 7–8 leaves, $N_{60} UAN$ or $N_{60} UAN + N_{60} K$ in the phase of 7–8 leaves. Stably high grain yield (9.02–9.14 t/ha) in repeated crops is formed by domestic hybrid Daryan at the following schemes of nitrogen application: $N_{30} UAN + N_{60} K$, $N_{60} UAN + N_{30} UAN + N_{30} UAN$, $N_{60} UAN + N_{60} UAN$, $N_{60} UAN + N_{60} K$.

When placing maize after barley harvested for grain with straw, organic fertilisers in the form of bedding cattle manure at a dose of 50 t/ha contribute to a significant increase in grain and dry matter (13.0–14.1 %). Against this background, application of 90–150 kg/ha of nitrogen in the form of urea in the main dressing or fractionally, including 30 kg/ha before sowing, provides a grain yield of 9.29–9.63 t/ha, dry matter – 18.59–19.35 t/ha. Against the background of manure application, the highest yield of dry matter (19.35 t/ha) and grain (9.63 t/ha) is noted at application of urea under the scheme: N_{30} before sowing + N_{60} in the phase of 7–8 leaves of maize in a scattered manner, without organic fertilisers – N_{150} before sowing, where the output is 17.22 and 8.54 t/ha respectively.

Under extreme weather conditions in the first half of maize vegetation (heavy precipitation or drought conditions), the role of organic fertilisers in increasing its productivity increases. While the efficiency of nitrogen fertilisers depends not so much on the water regime of the first half of vegetation, but rather on a set of factors including soil fertility, soil water-holding capacity, previous crop, application of organic fertilisers, etc.

Key words: maize, nitrogen fertilisers, yield, predecessors.

Введение

Способность кукурузы поглощать питательные вещества вплоть до созревания зерна, делает ее культурой, предъявляющей высокие требования к условиям минерального питания [1]. Оптимизация применения удобрений, в первую очередь, направлена на контроль продуктивного действия азота [2]. По мнению многих ученых, основным условием высокой эффективности азотных удобрений является достаточное обеспечение влагой [3–6]. В засушливые годы растения кукурузы слабо отзываются на внесение азотных удобрений [7–14]. На легких малоплодородных почвах время внесения азота должно быть согласовано с потребностью в нем растений. Небольшое количество азота может быть внесено перед севом, оставшееся количество – перед тем, как культура будет испытывать наибольшую потребность в азоте [2, 15–17]. При проведении азотных подкормок посевов наибольший эффект достигается от внесения КАС в виде разбавленных растворов в соотношении 1:3 в фазу 4–5 листьев или 1:4 в фазу 8–10 листьев, а также в виде 8–10 %-го водного раствора карбамида [18, 19]. Жидкие формы удобрений имели небольшие преимущества перед твердыми формами в слабозасушливые годы [20].

Основная часть

Полевые опыты проводили в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию в 2022–2024 гг. на дерново-палево-подзолистой супесчаной на связных пылеватых (лессовидных) супесях почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м с прослойками песка на контакте, с содержанием в пахотном слое 2,24–2,70 % гумуса, 180–200 мг P_2O_5 , 257–286 мг/кг K_2O , pH – 6,05–6,14. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. Калийные (K_{120}) в виде хлористого калия и фосфорные удобрения (P_{45}) в виде аммонизированного суперфосфата вносились перед зяблевой вспашкой.

В опыте № 1 изучалась эффективность различных видов (КАС – $N_{КАС}$, карбамид – N_K), доз (60–120 кг/га д.в.), сроков (до сева, в 5–6 и 7–8 листьев) и способов (с заделкой в почву, опрыскиванием растений 8%-ным раствором, вразброс) применения азотных удобрений при повторном возделывании кукурузы с использованием последствий навоза. Посев протравленных препаратами Максим XL, 1 л/т + Табу, 5 л/т семян гибрида Дарьян осуществлялся 4 мая 2022 г., 20 апреля 2023 г. и 12 апреля 2024 г., всходы появились соответственно 22, 12 и 7 мая. Фаза 5–6 листьев, когда проводились подкормки, отмечалась 14 июня 2022 г., 30 мая 2023 г. и 29 мая 2024 г., 7–8 листьев – 22, 19 и 10 июня соответственно. Учет урожая осуществлялся 21.09.2022 г., 15.09.2023 г., 12.09.2024 г.

В опыте № 2 дозы и сроки внесения карбамида при возделывании кукурузы после ячменя изучались на двух фонах: без органических удобрений и с применением подстильного навоза крупного рогатого скота (50 т/га), который вносили перед зяблевой вспашкой. Схема опыта включала 9 вариантов: контроль без удобрений, 4 варианта с разовым внесением 60, 90, 120 и 150 кг/га д.в. азота до сева и 4 варианта с дробным применением азота: по 30 кг/га до сева + 30, 60, 90 или 120 кг/га в фазу 7–8 листьев кукурузы вразброс. Посев этого же гибрида осуществлялся 4 мая 2022 г., 21 апреля 2023 г. и 11 апреля 2024 г., всходы появились соответственно 22, 12 и 6 мая. Подкормка проводилась в те же сроки, что и в опыте №1. Учет урожая осуществлялся 20.09.2022 г., 14.09.2023 г., 12.09.2024 г.

Площадь опытных делянок 29,4 м², повторность четырехкратная. Норма высева семян в опытах составляла 100 тыс. шт./га. Способ сева широкорядный, ширина междурядий 70 см. В фазу 2–3 листьев кукурузы применялся гербицид Люмакс, 3,5 л/га + Дублон, 0,2 л/га.

В 2022 г. апрель и май оказались холоднее нормы на 2,1 °С, а июнь на столько же превысил этот показатель. В июле температурный и водный режимы находились в пределах многолетних значений, что благоприятно сказалось на росте и развитии растений. Дефицит влаги в почве растения кукурузы начали остро ощущать через 3 недели после цветения, которое наступило в начале августа (рис. 1). Жаркая погода с отсутствием осадков, начиная со второй декады августа, привели к отмиранию листьев.

В 2023 г. среднесуточная температура воздуха в апреле оказалась на 1,3 °С выше многолетнего значения. Осадков выпало 25,7 мм или 62 % от нормы. В мае среднесуточная температура воздуха была близкой к норме (13,3 и 13,2 °С соответственно), а осадков выпало лишь 8 % относительно среднемноголетнего значения. Июнь оказался теплым, но также с дефицитом осадков (32 % от нормы), что к концу месяца повлекло за собой сильное снижение содержания влаги в почве до уровня мертвого запаса. В июле погода была умеренно теплой с удовлетворительным выпадением и распределением осадков (80 % от нормы), что способствовало хорошему формированию початка. Однако

дефицит влаги сохранялся до конца вегетационного периода, что вызвало преждевременное усыхание растений.

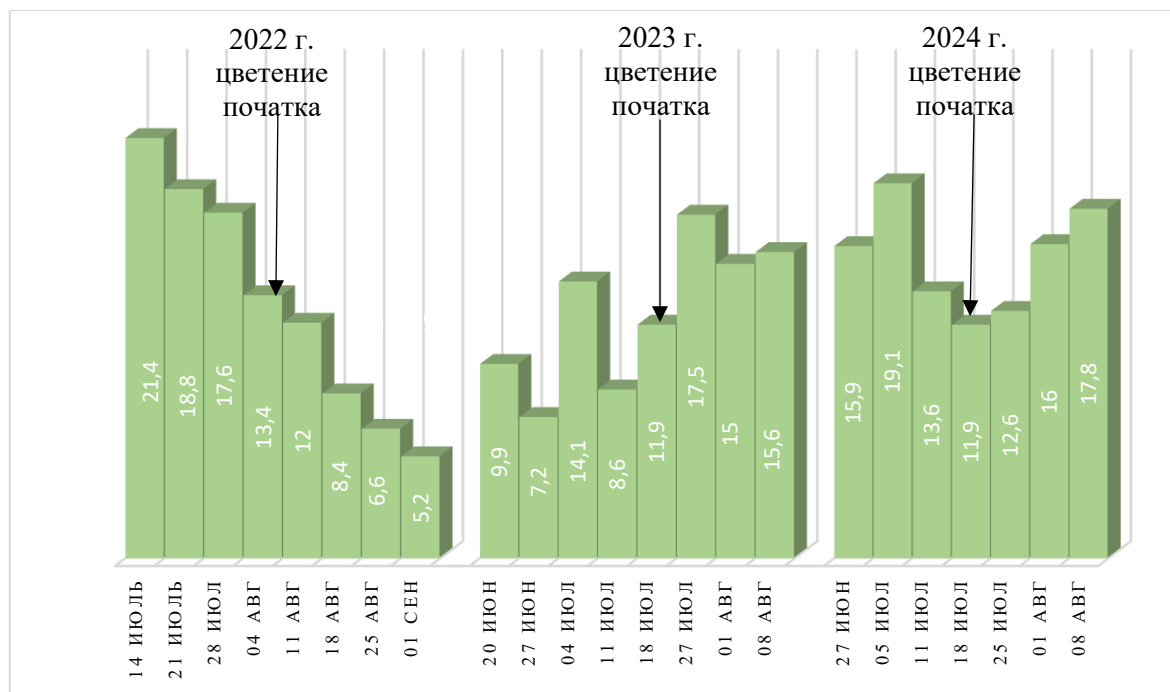


Рис. 1. Динамика влажности почвы в критический период роста кукурузы, %

Первая декада апреля 2024 г. Оказалась необычно теплой, превысив норму на 6,4 °С. Теплее нормы (на 1,2 °С) была и вторая декада месяца. Третья декада характеризовалась обильными осадками и холодной погодой. В итоге температура апреля оказалась на 2,2 °С выше среднеемноголетнего значения с в 2,3 раза большим количеством осадков. В первой половине мая температурные условия приближались к многолетним значениям, а осадков выпало меньше нормы. Особенно засушливой оказалась вторая декада месяца. И в целом за май выпало 13,4 мм осадков (21 % от нормы) при среднесуточной температуре воздуха на 1,8 °С выше многолетнего значения. Теплее обычного (на 1,5 °С) с обильными осадками (+ 38 %) был первый летний месяц. Такая погода благоприятствовала хорошему росту растений кукурузы. В июле среднесуточная температура воздуха превышала норму на 2,0 °С, составив 20,8 °С. Жаркая погода с высокими дневными температурами в августе с существенным дефицитом осадков привела к тому, что растения кукурузы, достигнув фазы восковой спелости зерна, начали интенсивно усыхать.

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2022 г. составила 915 °С, в 2023 г. она равнялась 1148 °С, а в 2024 г. – 1288 °С при норме 896 °С. С мая по сентябрь в 2022 году, по данным метеостанции Борисов, выпало 352 мм осадков, в 2023 г. их было лишь 180 мм, в 2024 г. – 281 мм при норме 370 мм.

В 2022 г. при повторном выращивании кукурузы получена самая высокая урожайность сухого вещества, составившая в среднем 183,3 ц/га. Это на 21 % выше показателя 2023 г. и на 13 % больше, чем в 2024 г. Сбор сухого вещества в лучших вариантах в 2022 г. составил 182,6–196,8 ц/га (табл. 1). К ним относятся варианты с разовым или дробным внесением 90–120 кг/га азота, а также 30 кг/га до сева + 30 кг/га вразброс в 7–8 листьев. В 2023 г. из этого перечня в число лучших не вошел вариант с разовым внесением 90 кг/га азота. В засушливых условиях, ограничивших рост вегетативной массы, отмечается более низкая эффективность азота при его внесении в основную заправку. По этой причине применение не только 90 кг/га в один прием, но и 120 кг/га показало, хотя и недостоверное, снижение урожайности сухого вещества кукурузы. В 2024 г. лучшими по сбору сухого вещества оказались только 6 вариантов. В первую очередь это 4 варианта с высокой дозой азота (120 кг/га разово или дробно), где получено 175,0–183,9 ц/га, или на 30 кг/га меньшей с дробным внесением карбамида в фазу 7–8 листьев вразброс в дозах 30 или 60 кг/га. В контрольном варианте получено 114,8 ц/га, что меньше всего из трех лет исследований, а в лучшем варианте (120 кг/га до сева) прибавка от азота оказалась самой высокой – 60 %. В 2023 г. в лучшем варианте (60 кг/га до сева + 60 кг/га вразброс в 7–8 листьев) превышение составило 30 %. В 2022 г. при такой же дозе азота, но с применением КАС в междурядья, – только 17 %.

В итоге, в среднем за 3 года самый высокий сбор сухого вещества кукурузы был обеспечен за счет применения N_{60KAC} до сева + N_{60K} вразброс в фазу 7–8 листьев. Недостоверная разница получена и в вариантах с разовым или дробным внесением 90–120 кг/га азота. Даже вариант с внесением N_{30KAC} до сева + N_{30K} вразброс в фазу 7–8 листьев в среднем за 3 года не показал достоверное снижение. Но для получения стабильно высоких урожаев необходимо, чтобы это происходило ежегодно. Этому соответствовали 4 варианта с дозой азота 120 кг/га (в один прием до сева или дробно), где получено 174,0–177,6 ц/га, и 2 варианта с урожайностью 172,6–173,0 ц/га и дозой азота 90 кг/га, из которых 30 или 60 кг/га вносилось вразброс в фазу 7–8 листьев.

По урожайности зерна 14%-ной влажности получены иные, чем по сбору сухого вещества кукурузы закономерности. Так, в 2022 г. лучшие результаты (72,1–78,2 ц/га) показали не одиннадцать вариантов, а пять: три с дробным внесением 120 кг/га азота и два – 90, когда в фазу 7–8 листьев применялось 60 кг/га д.в. в виде КАС в междурядья или карбамида вразброс. Прибавка относительно контроля (64,3 ц/га) составила 12–22 %. В 2023 г., наоборот, лучшими оказались те же 11 вариантов с урожайностью 91,6–98,2 ц/га и прибавкой к контролю 21–30 %. Это комбинации с разовым или дробным внесением 90–120 кг/га азота, а также вариант с внесением 30 кг/га д.в. КАС до сева + 30 кг/га д.в. азота в виде карбамида вразброс в фазу 7–8 листьев. В 2024 г. лучших вариантов внесения азота было только пять: с однократным или дробным внесением 120 кг/га азота и дробным в дозе 90 кг/га по схеме 30 кг/га до сева + 60 кг/га вразброс в 7–8 листьев. Урожайность зерна в этих лучших вариантах оказалась самой высокой (100,3–105,4 ц/га), превысив контроль на 58–66 %. В среднем за 3 года набор лучших вариантов остался таким же, каким он был в 2023 г. Однако ежегодно высокую урожайность зерна 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 %.

Различные виды, дозы и сроки внесения азотных удобрений оказали незначительное влияние на влажность зерна, которая по состоянию на 21.09.2022 г. изменялась в пределах 45,2–47,0 %, 15.09.2023 г. – 33,0–35,9 %. При уборке 12 сентября влажность зерна в 2024 г. соответственно полученному растениями количеству тепла оказалась самой низкой, но с существенными различиями между вариантами опыта. Минимум составлял 27,6 %, максимум – 34,3 %. Несмотря на это, в среднем за 3 года влажность зерна по вариантам опыта колебалась в небольших пределах – от 36,1 до 38,6 %. Отмечается тенденция ее снижения при дозе азота 120 кг/га, где в среднем по 4 вариантам она составила 36,4 %, при 60–90 кг/га влажность зерна возросла до 37,1–37,5 %, а в контроле оказалась самой высокой – 38,6 %.

Таблица 1. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на урожайность сухого вещества и зерна кукурузы при повторном выращивании, ц/га

№ варианта	Схема применения удобрений, кг/га*					Сухое вещество				Зерно стандартной 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

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

При размещении кукурузы после ячменя, убранного на зерно с запашкой соломы, органические удобрения в виде подстилочного навоза КРС в дозе 50 т/га обеспечили в 2022 г. средний прирост сухого вещества 11,0 % при урожайности 186,0 ц/га (табл. 2). В 2023 г. эти показатели составили соответственно 14,4 % и 195,7 ц/га, в 2024 г. – 17,3 % и 166,2 ц/га. На этом фоне наибольший сбор сухого вещества (189,3–195,2 ц/га) в 2022 г. обеспечило внесение 30 кг/га азота до сева + 60 или 90, или

120 кг/га в фазу 7–8 листьев вразброс, а также вариант с разовым внесением до сева 150 кг/га д.в. азота в виде карбамида. Они обеспечили прибавку к контролю без азота 8,9–12,3 %. На безнавозном фоне в лучшем варианте (N₃₀₊₆₀) урожайность составила 176,6 ц/га, что близко к контрольному варианту на навозном фоне (173,8 ц/га) и на 15,3 % превышает контрольный вариант безнавозного фона.

В 2023 г. с засушливыми условиями первой половины вегетации лучшие варианты (90–150 кг/га азота в один прием или дробно) на фоне 50 т/га навоза сформировали 200,1–209,7 ц/га сухого вещества, обеспечив прибавку к контролю 19,8–25,5 %, а по отношению к безнавозному контролю – 44,1–51,0 %, в то время как в предыдущем году превышение составляло только 23,6–27,4 %. Высокие прибавки урожая от навоза и азотных удобрений получены и в 2024 г. – 44,8–53,0 %. На этом фоне при обильных осадках в первую половину вегетации лучшие результаты показали варианты с допосевным внесением азота, даже в дозе 60 кг/га. Тогда как высокие дозы азота в подкормку (90–120 кг/га) относительно схемы N₃₀₊₆₀, где получена самая высокая урожайность (178,7 ц/га) сбор сухого вещества существенно снизили. В 2024 г. в отличие от прошлых лет эффективность минерального азота на фоне органических удобрений была более высокой, когда обильные осадки в первую половину вегетации кукурузы привели к его вымыванию. А подкормки оказались малоэффективными.

Таблица 2. Урожайность сухого вещества и зерна кукурузы в зависимости от дозы и срока внесения карбамида на различных фонах применения органических удобрений при возделывании после ячменя, ц/га

Доза азота, кг/га	Сухое вещество				Зерно стандартной влажности			
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее
Фон без навоза								
0	153,2	138,9	116,8	136,3	58,0	83,3	64,8	68,7
60	164,7	166,6	136,7	156,0	65,0	93,7	76,1	78,3
30+30	160,1	170,6	141,7	157,4	65,2	96,4	77,7	79,8
90	168,7	164,5	144,2	159,2	67,8	94,4	81,4	81,2
30+60	176,6	170,8	148,5	165,3	69,4	97,7	84,3	83,8
120	169,7	178,5	150,1	166,1	64,8	96,9	85,2	82,3
30+90	169,7	185,0	141,4	165,4	65,0	102,0	81,0	82,7
150	174,4	193,1	149,0	172,2	66,9	104,7	84,5	85,4
30+120	170,6	171,8	147,1	163,2	64,8	95,8	82,0	80,9
Среднее	167,5	171,1	141,7	160,1	65,2	96,1	79,7	80,3
Фон – навоз 50 т/га								
0	173,8	167,1	137,9	159,6	66,1	92,2	77,5	78,6
60	184,4	177,5	169,1	177,0	68,1	98,7	95,1	87,3
30+30	179,3	187,4	163,2	176,6	68,5	104,9	91,7	88,4
90	183,1	200,1	174,4	185,9	71,0	110,0	97,7	92,9
30+60	192,0	209,7	178,7	193,5	74,2	115,3	99,4	96,3
120	184,9	205,3	169,4	186,5	69,6	114,0	95,4	93,0
30+90	189,3	207,8	166,5	187,9	71,0	116,9	94,1	94,0
150	192,4	205,0	170,5	189,3	71,2	112,3	95,8	93,1
30+120	195,2	201,6	165,5	187,5	77,1	112,0	89,8	93,0
Среднее	186,0	195,7	166,2	182,7	70,8	108,5	92,9	90,7
НСР ₀₅ АВ	15,5	21,3	14,7	17,4	6,0	10,1	6,8	7,8
А (вариант)	9,1	15,2	10,4	11,9	3,5	6,7	4,8	5,2
В (фон)	5,0	7,1	4,9	5,8	2,0	3,4	2,2	2,6

Внесение органических удобрений позволило повысить сбор сухого вещества кукурузы в среднем за 3 года на 14,1 %. Азотные удобрения в лучших вариантах (90–150 кг/га в один прием или дробно) при урожайности 185,9–193,5 ц/га повысили ее на 16,5–21,2 %. А относительно контроля безнавозного фона она возросла на 36,4–42,0 %. Если на фоне внесения навоза самая высокая урожайность получена в схеме N₃₀₊₆₀, то на безнавозном – N₁₅₀ в один прием, где она составила 172,2 ц/га.

По урожайности зерна стандартной влажности получены иные закономерности в сравнении со сбором сухого вещества. В 2022 г. лучших вариантов на фоне навоза с урожайностью 74,2–77,1 ц/га было только два: с внесением 30 кг/га азота до сева и 60 или 120 кг/га в фазу 7–8 листьев. В 2023 г. лучшие результаты обеспечивались при высоких дозах азота (120–150 кг/га в один прием или дробно), а также при внесении 30 кг/га до сева и 60 кг/га в подкормку, где урожайность зерна составляла 112,0–116,9 ц/га. В 2024 г. получены аналогичные сухому веществу закономерности, когда лучшие результаты показали варианты с допосевным внесением азота, даже в дозе 60 кг/га. А при дробном внесении азота только один вариант (N₃₀₊₆₀) оказался в числе лучших. Несмотря на это, в среднем за 3 года в число лучших на фоне применения органических удобрений вошли варианты с разовым (до сева) или дробным (до сева и в фазу 7–8 листьев кукурузы) внесением 90–150 кг/га. Урожайность зерна стандартной влажности в этих вариантах составила 92,9–96,3 ц/га, превысив контрольный ва-

риант этого фона на 11,8–12,2 %, а безнавозного – на 35,2–40,2 %. Между тем, ежегодно высокую урожайность зерна формировал только один вариант – 30 кг/га азота до сева + 60 кг/га в фазу 7–8 листьев. Если на фоне навоза эта схема обеспечивала самую высокую урожайность зерна (96,3 ц/га), то без него – N₁₅₀ в один прием до сева (85,4 ц/га). Прибавка от внесения органических удобрений в среднем по всем вариантам опыта составляла 13,0 %.

Влажность зерна кукурузы в первую очередь зависела от тепловых ресурсов. При сумме эффективных температур в 2022 г. 915 °С среднее значение ее на безнавозном фоне составляло 46,6 %, навозном – 45,8 %. В 2023 г. сумма эффективных температур достигла 1148 °С и влажность зерна снизилась до 35,7 и 35,3 %, а в 2024 г. при сумме 1288 °С этот показатель еще уменьшился до 29,2 и 29,6 % соответственно. В среднем по трем годам исследований, подобно предыдущему опыту, можно отметить более высокую влажность зерна в контрольном варианте без применения навоза (38,5 %). Разница по отношению к удобренным азотом вариантам составила 0,8–2,0 % и при внесении навоза она уменьшилась до 0,1–1,5 %.

Заключение

1. При повторном выращивании кукурузы на силос с использованием последствий органических удобрений стабильно высокий сбор сухого вещества (172,6–173,0 ц/га) обеспечивает дробное внесение 90 кг/га азота, из которых 30 или 60 кг/га д.в. в виде КАС применяется до сева и оставшаяся часть в виде карбамида в фазу 7–8 листьев вразброс. Также высокая урожайность (174,0–177,6 ц/га) обеспечивается внесением N_{120КАС} до сева в один прием или дробно: N_{60КАС} до сева + по N_{30КАС} путем опрыскивания 8%-ным 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.

2. 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%-ным 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.

3. 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 зерна и сухого вещества (13,0–14,1 %). На этом фоне внесение 90–150 кг/га д.в. азота в виде карбамида в основную заправку или дробно, в т.ч. 30 кг/га до сева, обеспечивает урожайность зерна 92,9–96,3 ц/га, сухого вещества 185,9–193,5 ц/га.

4. На фоне применения навоза наибольшая урожайность сухого вещества (193,5 ц/га) и зерна (96,3 ц/га) отмечается при внесении карбамида по схеме: N₃₀ до сева + N₆₀ в фазу 7–8 листьев кукурузы вразброс, без органических удобрений – N₁₅₀ до сева, где их сбор составляет 172,2 и 85,4 ц/га соответственно.

5. В экстремальных погодных условиях первой половины вегетации кукурузы (обильные осадки или засушливые условия) роль органических удобрений в повышении ее продуктивности возрастает. Эффективность азотных удобрений зависит не столько от водного режима первой половины вегетации, сколько от совокупности факторов, включающих плодородие почвы, ее влагоудерживающую способность, предшествую культуру, применение органических удобрений и др.

6. Влажность зерна кукурузы в первую очередь зависит от тепловых ресурсов и в малой степени от вносимых азотных удобрений, которые при оптимальных дозах применения способствуют ее снижению до 2,0–2,2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин, В. В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество кукурузы / В. В. Никитин, В. В. Навальнев // Кукуруза и сорго. – 2016. – № 1. – С. 32–35.
2. Шульц, П. Рациональное удобрение кукурузы / П. Шульц // Наше сельское хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 13–18.
3. Михайлов, Н. Н., Ефремов А. А. Дозы минеральных удобрений под кукурузу на черноземных почвах с разными запасами подвижных форм питательных веществ / Н. Н. Михайлов, А. А. Ефремов // Тр. ЦИНАО, вып. 2. – М., 1974. – С. 169–178.
4. Мосолов, И. В. Физиологические основы применения минеральных удобрений. – М., Колос, 1979. – 256 с.
5. Новоселов, Ю. К. Влияние уровня минерального питания и влагообеспеченности на урожай летних посевов кукурузы в лесной зоне / Ю. К. Новоселов, Б. Б. Оконский // Агрохимия. – 1974. – № 4. – С. 64–68.
6. Podolak, M. Vplyv davor dusika na urodu silaznej kukurice v kukuricney vyrobnej oblasti / M. Podolak // Polnohospodarstvo. – 1976. – V. 22. – № 5. – Р. 416–427.
7. Крамарёв, С. М. Эффективность применения азотных удобрений в агрофитоценозах кукурузы / С. М. Крамарёв, С. В. Красненков, И. В. Макаренко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2003. – № 2. – С. 36–40.
8. Кошен, Б. Н. Сортовая агротехника кукурузы в борьбе с засухой / Б. Н. Кошен // Кукуруза и сорго. – 2001. – № 6. – С. 5–6.

9. Таран, Д. А. Влияние приемов ухода за посевами и погодных условий на производство зерна кукурузы / Д. А. Таран, Р. В. Ласкин, А. И. Супрунов // 2-я Международ. научн.-практ. конф. «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки». Ч. 1. – Владикавказ, 2011. – С. 498–500.
10. Стулин, А. Ф. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы в условиях Воронежской области / А. Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 1. – С. 19–24.
11. Чепелева, А. В. Урожайность и качество зерна кукурузы при применении минеральных удобрений в условиях Амурской области / А. В. Чепелева, Г. П. Чепелев // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 10(151). – С. 49–56.
12. Ma, B.L. Soil nitrogen amendment effects on nitrogen uptake and grain yields of maize / B.L. Ma, M. Lianne Dwyer, G. Edward Gregorich // Agron. J. – 1999. – V. 91. – P. 650–656.
13. Sharifi, R. S. Response of maize (*Zea mays* L.) cultivars to different levels of nitrogen fertilizer / R. S. Sharifi, R. Taghizadeh // J. Food Agricult. Environ. – 2009. – V. 7. – № 3–4. – P. 518–521.
14. Tremblay, N. Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather / N. Tremblay, M. Yacine Bouroubi, C. Bélec // Soil Fertil. Crop Nutr. – 2012. – V. 104. – P. 1658–1671.
15. Ворд, Р. С. Азот как биогенный элемент / Р. С. Ворд // Зерно. – 2006. – № 11. – С. 15–22.
16. Тулин, С. А. Действие азота на продуктивность биомассы и семян раннеспелых гибридов кукурузы / С. А. Тулин, Н. П. Козловская // Повышение плодородия и продуктивности песчаных почв / Труды Новозыбковского филиала ВИУА. – Вып. 6. – Брянск, 1996. – С. 102–107.
17. Надточаев, Н. Готовим и удобряем почву под кукурузу / Н. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 52–55.
18. Отраслевой технологический регламент полевого кормопроизводства на торфяных почвах / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – РУП «Институт мелиорации». – Минск. – 2014. – 60 с.
19. Нейковский, С. И. Некорневая подкормка кукурузы жидкими азотными удобрениями КАС в смеси с комплексона-том цинка / С. И. Нейковский // Кукуруза и сорго. – 1998. – № 2. – С. 9–11.
20. Крамарев, С. М. Прикорневая подкормка кукурузы в условиях северной части Степной зоны Украины / С. М. Крамарев [и др.] // Агрохимия. – 1999. – № 1. – С. 45–53.