

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ ПРИ ЕЕ ПОВТОРНОМ ВЫРАЩИВАНИИ

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 19.12.2023)

Исследования проводились в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию в 2022–2023 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. В пахотном слое опытного участка содержалось 2,24–2,70 % гумуса, 180–200 мг P₂O₅, 257–286 мг/кг K₂O, pH – 6,05–6,14.

Температурный режим с мая по август в исследуемые годы на 0,6–1,0 °C превышал среднесезонное значение, осадков за этот период выпало 88 % от нормы в 2022 г. и 51 % – в 2023 г. Если в первый год исследований острый дефицит осадков наблюдался только в августе, то во второй – на протяжении всего периода и особенно в июне.

Исследования показали, что на начальном этапе до фазы начала интенсивного роста растений кукурузы (9–11 листьев) на их прирост большее влияние оказывает почвенное питание, а не доза внесения минерального азота. Наибольший прирост растений в высоту отмечается в июне и дефицит влаги в почве в данный период негативно сказывается на этом показателе. При близком к среднесезонному значению количестве осадков высота растений кукурузы в 1,5 раза выше, по сравнению с тем, когда в мае-июне их выпадает лишь 30 мм. Более высокие среднесуточные температуры воздуха в летние месяцы (на 1,4–1,6 °C) с дефицитом осадков (28–38 %) при повторном выращивании кукурузы, убранной на зерно, снижают эффективность вносимых азотных удобрений. При менее выраженном дефиците осадков наибольшая высота растений отмечается при дозах азота 90–120 кг/га, при более выраженном – только 90 кг/га, что на 3,4 и 5,7 % больше контрольного варианта без внесения азотных удобрений.

Ключевые слова: кукуруза, высота растений, азотные удобрения, засуха.

The research was carried out at the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture in 2022–2023 on soddy-pale-podzolic sandy loam on cohesive silty (loess-like) sandy loam soil, underlain by moraine loam from a depth of 0.4–0.9 m with layers of sand at the contact. The arable layer of the experimental plot contained 2.24–2.70 % humus, 180–200 mg P₂O₅, 257–286 mg/kg K₂O, pH – 6.05–6.14.

The temperature regime from May to August in the studied years was 0.6–1.0 °C higher than the long-term average, precipitation during this period was 88 % of the norm in 2022 and 51 % in 2023. If in the first year of research an acute shortage of precipitation was observed only in August, then in the second year – throughout the entire period and especially in June.

Research has shown that at the initial stage, before the phase of intensive growth of corn plants (9–11 leaves), soil nutrition has a greater influence on their growth, rather than the dose of mineral nitrogen. The greatest increase in plant height is observed in June and the lack of moisture in the soil during this period negatively affects this indicator. When the amount of precipitation is close to the long-term average, the height of corn plants is 1.5 times higher, compared to when only 30 mm falls in May-June. Higher average daily air temperatures in the summer months (by 1.4–1.6 °C) with a deficit of precipitation (28–38 %) during the re-growing of corn harvested for grain reduce the effectiveness of applied nitrogen fertilizers. With a less pronounced precipitation deficit, the highest plant height is observed at nitrogen doses of 90–120 kg/ha, with a more pronounced one – only 90 kg/ha, which is 3.4 and 5.7 % more than the control variant without the application of nitrogen fertilizers.

Key words: corn, plant height, nitrogen fertilizers, drought.

Введение

Кукуруза относится к культурам, хорошо выдерживающим повторное и даже бессменное выращивание. Например, в США кукуруза, возделываемая от 5 до 8 лет подряд, занимает четверть всех посевов [1]. Бессменные посевы этой культуры постепенно внедряются и в Центральном регионе России [2, 3]. Ряд исследователей не выявили разницы в урожайности зеленой массы при выращивании кукурузы в монокультуре и в севообороте [4–6]. При этом основным элементом питания, лимитирующим урожайность кукурузы на всех типах почв, является азот [7–10]. Этот элемент кукурузой потребляется в течение всего периода вегетации, но более значительно – за 2–3 недели до выметывания, достигая максимума в фазы выметывания и цветения [11]. Потребность в азоте в сильной степени зависит от погодных условий. Основным условием высокой эффективности азотных удобрений является достаточное обеспечение влагой [12–15]. В засушливые годы растения кукурузы слабо отзываются на внесение азотных удобрений [16–24]. Это проявляется не только на урожайности, но и на росте растений. Так, в опытах С. М. Крамарёва линейные размеры растений различных по скороспелости гибридов кукурузы в благоприятные по увлажнению годы были в 1,5–1,8 раза большими, чем в засушливые годы [25, с. 203]. Подобные результаты получены Л. П. Бельтюковым и др. [26, стр. 82]. При этом М. Н. Мышко отмечает, что четкой закономерности влияния удобрений на высоту растений и их надземную массу в начальный период роста и развития растений кукурузы не наблюдается [27].

Основная часть

Полевые опыты проводили в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию в 2022–2023 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 Р₂О₅, 257–286 мг/кг К₂О, рН – 6,05–6,14. Предшественник – кукуруза, убранная на зерно. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. Калийные (К₆₀₋₁₂₀) в виде хлористого калия и фосфорные удобрения (Р₃₀₋₄₅) в виде аммонизированного суперфосфата вносились с учетом содержания этих элементов в почве перед зяблевой вспашкой. Посев гибрида Дарьян осуществлялся 4 мая 2022 г. и 20 апреля 2023 г., всходы появились соответственно 22 и 12 мая. Норма высева семян – 100 тыс. шт/га. Способ сева широкорядный, ширина междурядий 70 см. В фазу 2–3 листьев кукурузы применялись гербициды Люмакс, 3,5 л/га + Дублон, 0,2 л/га. Фаза 5–6 листьев, когда проводились подкормки, отмечалась 14 июня 2022 г. и 30 мая 2023 г., 7–8 листьев – 22 июня 2022 г. и 19 июня 2023 г.

В 2022 г. май оказался холоднее нормы на 2,1 °С, а июнь на столько же превысил этот показатель (табл. 1). 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 первой декаде августа. К концу месяца содержание влаги в пахотном слое почвы снизилось до 5 %, то есть находилось на уровне мертвого запаса.

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационных периодов (по данным метеостанции Борисов)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
		норма	2022 г.	2023 г.	норма	2022 г.	2023 г.
Апрель	1	5,0	2,8	5,6	15,4	20,3	16,8
	2	7,1	5,7	10,0	14,4	49,2	1,2
	3	10,2	7,3	10,6	11,1	32,4	7,7
	За месяц	7,4	5,3	8,7	40,9	101,9	25,7
Май	1	11,7	9,8	8,0	19,1	4,5	3,8
	2	13,2	11,3	15,4	19,1	30,3	1,3
	3	14,7	12,2	16,3	23,9	58,8	0
	За месяц	13,2	11,1	13,3	62,1	93,6	5,1
Июнь	1	16,4	18,0	15,5	16,1	6,7	3,0
	2	17,0	17,7	19,7	38,1	15,6	10,1
	3	17,4	21,2	19,6	24,0	45,0	11,9
	За месяц	16,9	19,0	18,3	78,2	67,3	25,0
Июль	1	18,1	20,2	18,9	32,4	13,4	16,2
	2	18,8	15,4	18,9	27,8	59,0	18,0
	3	19,5	18,7	17,5	34,4	20,4	41,0
	За месяц	18,8	18,1	18,4	94,6	92,8	75,2
Август	1	19,4	19,7	20,1	26,7	19,4	31,0
	2	17,9	22,0	22,3	20,8	0,2	13,6
	3	16,3	21,3	20,3	29,1	0,6	8,8
	За месяц	17,8	21,0	20,9	76,6	20,2	53,4
Сентябрь	1	14,3	10,3	15,7	20,1	0,3	0
	2	12,3	11,3	16,2	20,5	63,9	15,4
	3	10,5	9,4	16,0	17,8	14,4	6,0
	За месяц	12,4	10,3	16,0	58,4	78,6	21,4

Среднесуточная температура воздуха в апреле 2023 г. оказалась на 1,3 °С выше многолетнего значения. Осадков выпало 25,7 мм или 63 % от нормы. В мае среднесуточная температура воздуха соответствовала норме (13,2 °С), а осадков выпало лишь 8 % от нормы. В довсходовый период кукурузы погодные условия сочетались с низкими ночными температурами и теплой солнечной погодной в дневное время, что не оказало сильного негативного влияния на снижение полевой всхожести семян при длительном периоде от сева до всходов, составившем 23 сут. 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, цветение которого отмечено в середине месяца. Однако дефицит влаги сохранялся до конца вегетационного периода, что вызвало преждевременное усыхание растений.

Полевой опыт включал 15 вариантов внесения КАС и карбамида, которые применялись согласно схеме, приведенной в табл. 2. КАС-32 вносилась в следующие сроки: 1) в основную заправку до сева кукурузы с заделкой АКШ; 2) в 5–6 листьев кукурузы 14 июня 2022 г. в пасмурную погоду после дождя при дневной температуре воздуха 18 °С. Несмотря на разбавление до 8%-ной концентрации, опрыскивание растений привело к незначительным ожогам нижних листьев растений. Внесенная в сухую погоду 30 мая 2023 г. КАС ожогов не вызвала; 3) в фазу 7–8 листьев 22 июня 2022 г. после ночного дождя при дневной температуре 18–20 °С КАС в такой же концентрации вызвала ожоги листьев, особенно верхних. При внесении неразбавленной КАС в междурядья ожоги листьев кукурузы отсутствовали. Незначительные ожоги на листьях кукурузы наблюдались при внесении гранулированного карбамида. Аналогичная картина отмечалась и в 2023 г. При внесении КАС 19 июня даже в сухую погоду наблюдались ожоги листьев, в несколько меньшей степени – при внесении гранулированного карбамида.

Измерения высоты растений кукурузы в 2022 г. показали, что их суточный прирост от всходов (22 мая) до первого учета (27 июня) составил от 1,47 см в варианте с внесением 60 кг/га КАС до сева и 30 кг/га опрыскивателем в 7–8 листьев до 1,75 см в варианте применения 90 кг/га КАС до сева (табл. 2). В контрольном варианте без азота суточный прирост равнялся 1,72 см, то есть на начальном этапе до фазы начала интенсивного роста растений кукурузы (9–11 листьев) на этот показатель большее влияние оказывало почвенное питание, а не доза внесения минерального азота. В этот учетный период среднесуточная температура воздуха составила 17,1 °С, что на 0,8 °С выше среднегодовалого показателя, осадков выпало 113 мм, что на 16 % выше нормы.

Таблица 2. Суточный прирост растений кукурузы в высоту в зависимости от азотных удобрений и погодных условий, см

№ вар.	Схема применения удобрений, кг/га*				2022 г.					2023 г.				
					Учетные периоды**					1	2	3	4	
	А	Б	В	Г	Д	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0					1,72	6,29	4,43	5,43	0,43	1,74	4,07	4,00	-0,07
2	60					1,64	6,71	4,71	5,36	0,29	1,65	4,14	4,29	-0,07
3	30		30			1,56	6,71	4,86	5,50	0,21	1,72	4,36	4,00	0,07
4	30			30		1,64	6,50	4,64	5,71	0,14	1,78	4,36	4,07	0,00
5	30				30	1,61	6,93	4,79	5,43	0,14	1,80	4,57	4,21	-0,14
6	90					1,75	6,50	4,71	5,71	0,21	1,70	4,14	4,29	0,07
7	30	30	30			1,67	6,43	5,14	5,79	0,21	1,74	4,50	3,93	0,07
8	30			60		1,72	6,71	4,50	5,64	0,29	1,76	4,57	4,36	0,14
9	30				60	1,67	6,93	4,64	5,50	0,21	1,80	4,57	4,21	0,21
10	60		30			1,47	6,93	5,00	5,86	0,21	1,85	4,50	4,00	-0,14
11	60				30	1,67	6,71	4,79	5,64	0,21	1,85	4,43	4,14	-0,07
12	120					1,61	6,71	4,93	5,93	0,43	1,80	4,36	4,07	-0,07
13	60	30	30			1,61	6,29	5,07	5,79	0,29	1,78	4,50	3,64	0,14
14	60			60		1,67	6,43	4,79	5,64	0,36	1,80	4,64	3,79	0,07
15	60				60	1,61	6,57	5,00	5,57	0,36	1,74	4,36	4,21	0,00

Примечания. *Схема применения удобрений: 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. **Учетные периоды: 1 – от всходов по 27 июня, 2 – с 27 июня по 11 июля, 3 – с 11 по 25 июля, 4 – с 25 июля по 8 августа, 5 – с 8 по 22 августа.

Во второй учетный период с 27 июня по 11 июля суточный прирост растений кукурузы в зависимости от варианта внесения удобрений колебался в пределах 6,29–6,93 см и был самым высоким относительно всех других учетных периодов. Наименьшее значение отмечено в контроле и в варианте применения 60 кг/га КАС до сева с дополнением по 30 кг/га путем опрыскивания в 5–6 и 7–8 листьев кукурузы. А максимальный прирост имели варианты внесения 30 кг/га КАС до сева + 30 или 60 кг/га карбамида в 7–8 листьев, а также вариант внесения 60 кг/га КАС до сева + 30 кг/га путем опрыскивания в 7–8 листьев. В этот период среднесуточная температура воздуха составила 20,1 °С (+2,1 °С к норме), осадков выпало 80 % от среднегодовалого значения.

В третий учетный период с 11 по 25 июля суточный прирост растений кукурузы колебался от 4,43 см в контрольном варианте без удобрений до 5,14 см в варианте дробного внесения по 30 кг/га КАС в три срока. В этот период среднесуточная температура воздуха составила 16,6 °С, что на 2,4 °С ниже нормы, а количество осадков превысило норму в 1,5 раза. Такие недостаточно теплые погодные условия приостановили суточный прирост растений, ибо в четвертый учетный период, который пришелся на фазу цветения початков, прирост оказался более высоким – 5,36–5,93 см. В этот критический для культуры период среднесуточная температура воздуха составила 19,3 °С, что только на

0,4 °С ниже нормы, а количество осадков равнялось 67 % от нормы. Самые низкие значения прироста имели варианты внесения 60 кг/га КАС до сева, контрольный и с дробным внесением по 30 кг/га азота (КАС до сева + карбамид в 7–8 листьев).

В пятый учетный период с 8 по 22 августа, когда происходило формирование початков, жаркая погода со среднесуточной температурой 21,6 °С (на 3,7 °С выше нормы) при отсутствии осадков резко приостановили рост растений кукурузы. Суточный прирост их составил 0,14–0,43 см и в последующем совсем прекратился. В итоге по окончании роста растения контрольного варианта имели высоту 294 см, а удобренные азотом – 297–306 см (рисунок). Только в начале выметывания, когда растения достигли высоты более 2 м, в контрольном варианте (без азота) наблюдалось ее снижение. В дальнейшем при 60 кг/га азота также отмечено снижение высоты растений, за исключением варианта с внесением 30 кг/га д.в. КАС в основную заправку + 30 кг/га д.в. карбамида в фазу 7–8 листьев вразброс.

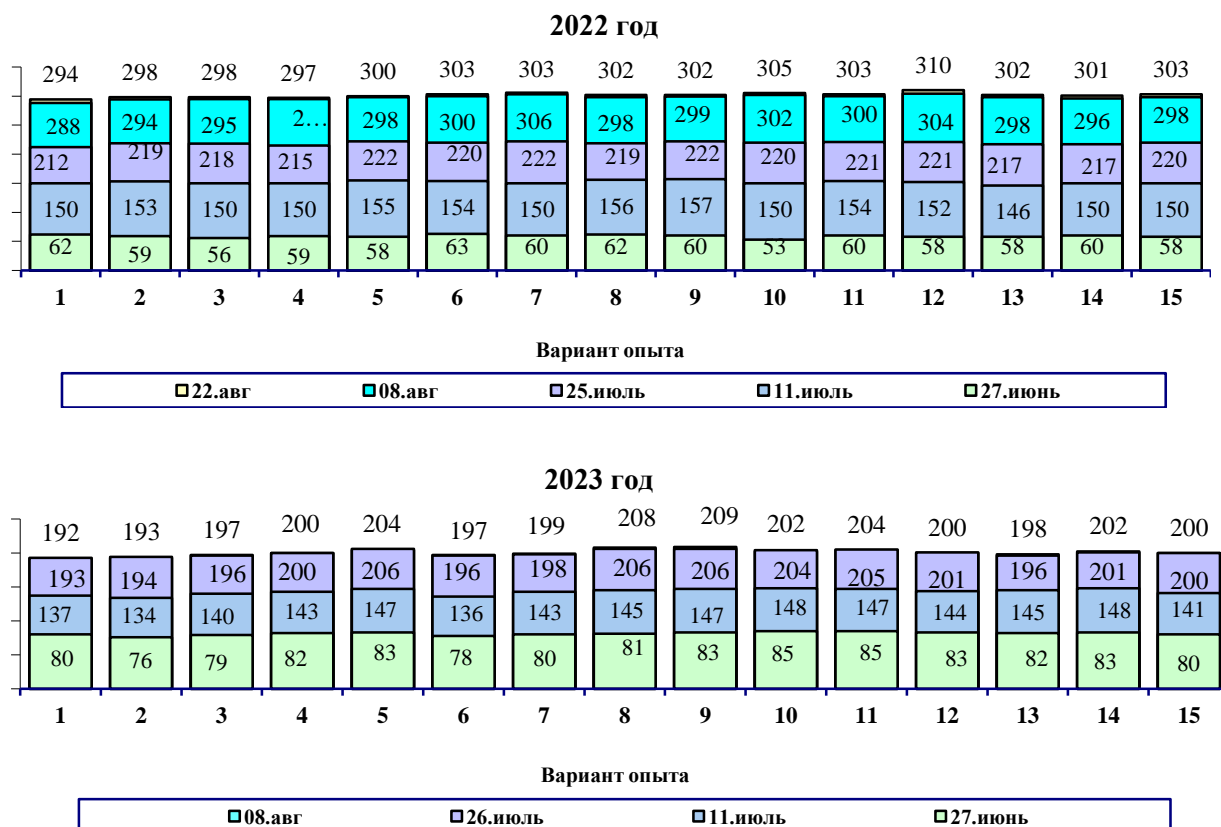


Рис. Динамика роста растений гибридов кукурузы в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений в 2022 и 2023 г., см (расшифровка вариантов опыта приведена в табл. 2)

В 2023 г. на начальном этапе интенсивного роста растения кукурузы на одну и ту же дату (27 июня) оказались более высокими относительно прошлого года. Их высота колебалась в пределах 76–85 см. Причем, если в прошлом году десятый вариант (60 кг/га КАС до сева + 30 кг/га опрыскивание в 7–8 листьев) был самым низкорослым, то в следующем он вместе с 11 вариантом (60 кг/га КАС до сева + 30 кг/га карбамида вразброс в 7–8 листьев) оказался в числе самых высокорослых. Это еще раз подчеркивает тот факт, что на начальном этапе на рост растений кукурузы большее влияние оказывает почвенное питание, а не доза внесенного минерального азота.

При том, что в 2023 г. растения по состоянию на 27 июня были более рослыми, чем в предыдущем году, суточный их прирост различается не столь существенно (табл. 2). Среднее по всем вариантам значение составило 1,77 и 1,64 см соответственно, что связано с более длительным периодом вегетации (46 и 36 сут). Температурные условия относительно 2022 г. лишь на 0,1 °С в сутки имели большее значение, но по сравнению со среднеголетним показателем превышение более существенное – 1,5 °С. Что касается осадков, то их за этот период выпало лишь пятая часть от нормы, и по этой причине влажность пахотного слоя почвы к концу данного учетного периода опустилась до 6,5 %. Но, как видно из данных таблицы, это не сильно повлияло на суточный прирост растений кукурузы.

С 27 июня по 11 июля, когда в предыдущем году отмечен самый высокий суточный прирост растений в высоту, в 2023 г. он составил только 4,07–4,64 см. Меньшее значение имел контрольный вариант, большее – с дробным внесением по 60 кг/га КАС: до сева и в междурядья в 7–8 листьев. В этот период среднесуточная температура воздуха равнялась 19,0 °С, что на 1 °С выше нормы, но на 1,1 °С меньше прошлогоднего значения. А осадков по-прежнему было недостаточно – только полноремы.

В третий учетный период, который совпал с критическим периодом для культуры, прирост растений в высоту еще больше снизился – с 4,40 см до 4,08 см в сутки. Самые низкие значения (3,64–3,79 см/сут) были в вариантах с допосевным внесением 60 кг/га КАС и подкормками в 5–6 и 7–8 листьев по 30 кг/га с путем опрыскивания растений или в 7–8 листьев 60 кг/га КАС в междурядье. А наибольший прирост (4,36 см) в данный период отмечен в варианте внесения 30 кг/га КАС до сева + 60 кг/га в междурядье в 7–8 листьев. В контроле суточный прирост был близок к среднему по опыту значению – 4,00 см. Здесь следует отметить, что в третий учетный период количество осадков приближалось к норме и температура воздуха была комфортной (18,4 °С при норме 19,0 °С). Тем не менее, среднесуточный прирост растений получен относительно небольшой. Это можно объяснить тем, что, несмотря на выпадение осадков, содержание влаги в пахотном слое почвы находилось в нижних пределах оптимума 8–11 %, что недостаточно для активной микробиологической деятельности почвы и хорошего поступления вместе с влагой питательных элементов в растения. Кроме того, после фазы цветения початков рост растений обычно ослабевает. И в четвертый учетный период (с 25 июля по 8 августа) он практически прекратился. И это при том, что осадков выпало больше нормы. Такие погодные условия способствовали лишь хорошему формированию урожая початков. В итоге, по сравнению с прошлым годом, высота растений в среднем по опыту оказалась в 1,5 раза ниже. Их рост уже прекратился в третьей декаде июля сразу после цветения початков, хотя в 2022 г. он продолжался до третьей декады августа, то есть до начала молочной спелости (рисунок). Можно также отметить, что дробное внесение азота в 2023 г. имело некоторое преимущество при небольшой суммарной дозе – 60–90 кг/га. Более высокие среднесуточные температуры воздуха в летние месяцы (на 1,4–1,6 °С) при дефиците осадков (28–38 %) при повторном выращивании кукурузы, убранной на зерно, снизили эффективность вносимых азотных удобрений. При менее выраженном дефиците осадков наибольшая высота растений отмечалась при дозах азота 90–120 кг/га, при более выраженном – только 90 кг/га, что на 3,4 и 5,7 % больше контрольного варианта без внесения азотных удобрений.

Заключение

1. На дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м, содержащей в пахотном слое 2,24–2,70 % гумуса, на начальном этапе до фазы начала интенсивного роста растений кукурузы (9–11 листьев) на их прирост большее влияние оказывает почвенное питание, а не доза внесения минерального азота.

2. Наибольший прирост растений в высоту отмечается в июне и дефицит влаги в почве в данный период негативно сказывается на этом показателе. При близком к среднемноголетнему значению количестве осадков высота растений кукурузы в 1,5 раза выше, по сравнению с тем, когда в мае-июне их выпадает лишь 30 мм.

3. Более высокие среднесуточные температуры воздуха в летние месяцы (на 1,4–1,6 °С) с дефицитом осадков (28–38 %) при повторном выращивании кукурузы, убранной на зерно, снижают эффективность вносимых азотных удобрений. При менее выраженном дефиците осадков наибольшая высота растений отмечается при дозах азота 90–120 кг/га, при более выраженном – только 90 кг/га, что на 3,4 и 5,7 % больше контрольного варианта без внесения азотных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плурд, Дж. Данные об увеличении урожайности монокультуры в Центральной Америке / Дж. Плурд // Сельское хозяйство. Окружающая среда. Экономика. – 2013. – № 165. – С. 50–59.

2. Бондарева, В. Ю. Возделывание кукурузы на зерно в насыщенных севооборотах и бессменных посевах / В. Ю. Бондарева. – М., 1986. – 50 с.

3. Стулин, А. Ф. Удобрение бессменных посевов кукурузы в условиях Центрального Черноземья / А. Ф. Стулин // Плодородие. – 2021. – № 4. – С. 30–32.

4. Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). В 2 т. / А. А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН, 2001. – 490 с.

5. Бельченко, С. А. Оценка влияния агротехнологий возделывания кукурузы на качество зеленой массы и силоса в условиях Юго-Западной части Нечерноземья / С. А. Бельченко, И. Н. Белоус // Вестник Курской ГСХА. – 2014. – № 6. – С. 48–50.

6. Дронов, А. В. Адаптивность и урожайность гибридов кукурузы различных по скороспелости в условиях Брянской области / А. В. Дронов, С. А. Бельченко, В. В. Ланцев // Вестник Брянской ГСХА. – 2018. – № 4 (68). – С. 30–34.

7. Крамарёв, С. М. Потребление основных элементов питания кукурузы при комплексном применении средств химизации / С. М. Крамарев // Бюллетень НИИ кукурузы. – 1995. – № 80. – С. 43–50.
8. Агафонов, Е. В. Применение удобрений под гибриды разного срока созревания / Е. В. Агафонов, А. А. Батаков // Кукуруза и сорго. – 2000. – № 3. – С. 6–7.
9. Агеев, В. В. Системы удобрения в севооборотах Юга России : учеб. пособие / В. В. Агеев, А. И. Подколзин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь: Изд-во СГСХА, 2001. – 352 с.
10. Кукуруза. Агротехнические основы возделывания на черноземах Западного Предкавказья / Т. Р. Толорая, Н. Ф. Лавренчук, М. В. Чумак, В. П. Малаканова; Краснодар. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва им. П. П. Лукьяненко. – Краснодар, 2003. – 310 с.
11. Крамарёв, С. М. Интенсивность поступления основных макроэлементов в растения кукурузы в онтогенезе / С. М. Крамарёв, Л. Н. Скрипник и др. // Агрохимия. – 2002. – № 12. – С. 21–30.
12. Михайлов, Н. Н. 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.
13. Мосолов, И. В. Физиологические основы применения минеральных удобрений. – М., Колос, 1979. – 256 с.
14. 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.
15. Podolak, M. Vplyv davor dusika na urodu silaznej kukurice v kukuricnej vyrobnej oblasti / M. Podolak // Polnohospodarstvo. – 1976. – V. 22. – № 5. – P. 416–427.
16. 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.
17. Кошен, Б. Н. Сортовая агротехника кукурузы в борьбе с засухой / Б. Н. Кошен // Кукуруза и сорго. – 2001. – № 6. – С. 5–6.
18. 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.
19. Стулин, А. Ф. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы в условиях Воронежской области / А. Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 1. – С. 19–24.
20. 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.
21. Hollinger, S. E. / Influence of weather on yeatro-year yield response of corn to ammonia fertilization / S. E. Hollinger, R. G. Hoefl // Agron. J. – 1986. – V. 78. – P. 818–823.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. Крамарёв, С. М. Удобрение кукурузы на черноземах обыкновенных степной зоны Украины. – Днепрпетровск: Новая идеология, 2010. – 632 с.
26. Бельтюков, Л. П. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от удобрений и густоты стояния растений: монография / Л. П. Бельтюков, Е. К. Кувшинова, И. М. Тюрин, В. А. Козлов. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 182 с.
27. Мышко, М. Н. Урожайность и качество кукурузы в зависимости от удобрений на выщелоченном черноземе Кубани: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04/ М. Н. Мышко. – Краснодар, 2004. – 174 с.