

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОЗ, СПОСОБОВ И СРОКОВ ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД КУКУРУЗУ

Г. Н. Куркина, аспирант

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
Жодино, Беларусь*

Аннотация

Представлены результаты исследования по дозам (90 и 120 кг/га), способам (разбросное и локальное) и срокам (в предпосевную культивацию, при севе, в подкормку в 5–6 или 7–8 листьев) внесения азотных удобрений под кукурузу. Установлено, что различные варианты внесения мочевины показывают близкую между собой высоту растений и урожайность зеленой массы кукурузы. Внесение мочевины при севе в дозе 30 кг/га д.в. приводит к снижению полевой всхожести семян кукурузы на 10,2–11,6% и в итоге к существенному недобору сухого вещества и зерна. Наибольшая урожайность сухого вещества и зерна, а также лучшие экономические показатели получены в вариантах с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазу 7–8 листьев кукурузы разбросным способом.

Ключевые слова: кукуруза, основное внесение удобрений, припосевное удобрение, азотная подкормка, урожайность.

Abstract

G. N. Kurkina

EFFICIENCY OF RATES, METHODS AND TIMING OF THE APPLICATION OF NITROGEN FERTILIZERS FOR MAIZE

The results of the study on rates (90 and 120 kg/ha), methods (scattered and local) and timing (pre-sowing cultivation, sowing, additional fertilizing in 5–6 or 7–8 leaves) of applying nitrogen fertilizers for corn. It is established that different variants of application of urea show close to each other, the height of plants and yield of green mass of corn. The introduction of urea during sowing at a rate of 30 kg / ha a.i. leads to a decrease in field germination of corn seeds by 10.2–11.6% and as a result to a significant shortage of dry matter and grain. The highest yield of dry matter and grain, as well as the best economic indicators, are formed in the variants with 30 kg/ha of nitrogen to the basic application and 60 or 90 kg/ha in the phase of 7-8 corn leaves in a scatter way.

Keywords: maize, basic application fertilizers, sowing fertilizers, nitric additional fertilizing, yield.

Введение

Кукуруза предъявляет большие требования к условиям минерального питания [1]. Ее высокая отзывчивость на удобрения, прежде всего, связана с высокой потенциальной урожайностью [2]. Этот процесс с разной интенсивностью происходит постоянно на протяжении всего довольно длительного периода вегетации, в течение которого она поглощает из почвы в 2–3 раза больше питательных элементов, чем другие зерновые культуры [3, 4]. С 1 т зеленой массы кукуруза на фоне полной заправки дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы минеральными удобрениями в среднем выносит 3,1 кг азота, 2,2 кг фосфора и 5,0 кг калия [5]. В первую очередь гибриды кукурузы хорошо отзываются на внесение азотных удобрений [6]. Эффективность фосфора и калия значительно ниже, а при повышенной и вы-

сокой обеспеченности почв этими элементами необходимость их внесения отпадает [7]. Азот необходим растениям кукурузы на протяжении всего периода роста и прежде всего в периоды дифференциации развития вегетативных и репродуктивных органов [8]. В фазу 7-го листа происходит закладка генеративных органов растений, что требует благоприятных условий, одним из которых является дополнительное питание с помощью подкормок [9]. Внесение удобрений «под корень» провоцирует снижение урожайя. Это происходит из-за снижения всхожести семян и уменьшения густоты стояния на единице площади в результате слишком высокой концентрации удобрения в непосредственной близости к семенам [10]. Подкормка кукурузы на легких минеральных почвах позволяет равномерно его внести и

в меньшем количестве, благодаря более высокому коэффициенту использования. Однако применение твердых азотных удобрений в разброс по вегетирующим растениям вызывает ожоги самых молодых листьев и, как следствие, задерживает развитие растений на 7–10 дней, что приводит к недобору

Методика исследований

Полевые опыты проводили в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве 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.

Предшественник – кукуруза. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. В опыте использовалось последствие навоза (60 т/га). Калийные (K_{105}) в виде хлористого калия ежегодно и фосфорные удобрения (P_{60} под урожай 2018 г.) в виде аммонизированного суперфосфата вносились перед зяблевой вспашкой. Посев гибридом Колизей осуществлялся 25 апреля в 2017 г., 4 мая в 2018 г., 23 апреля в 2019 г., всходы отмечены 22.05 в 2017 г. и 12.05 в 2018 и 2019 г. Норма высева – 110 тыс. семян/га. Способ сева: широкорядный, ширина междурядий 70 см. В фазу 2–3 листьев кукурузы применялся гербицид Люмакс 3,5 л/га. Площадь опытных делянок 25 м². Повторность – четырехкратная.

За годы проведения исследований погодные условия складывались по-разному (таблица 1). Так, в третьей декаде апреля – первой декаде мая 2017 г. осадков выпало на 22,2 и 18,0 мм больше нормы, а средняя температура воздуха за этот период составила 5,3 и 8,7 °С, что на 3,1 и 2,7 °С ниже средних многолетних значений. Холоднее нормы оказались и первые два летних месяца (на 0,5 и 0,9 °С соответственно). В августе и сентябре среднесуточная температура воздуха соответственно на 1,8 и 2,0 °С превысила норму.

Температурные условия в 2018 г. оказались очень благоприятными для роста и развития кукурузы на протяжении все-

10–15 % урожая кормовых единиц [11]. Кукуруза в монокультуре предъявляет повышенные требования в отношении азота. При увеличении дозы азота до $N_{120}P_{60}K_{60}$ прирост зеленой массы кукурузы в севообороте составил 11,5 т/га, в монокультуре – 13,2 т/га, что больше на 14,8% [12].

го вегетационного периода. Теплая погода 2018 г. способствовала быстрому прорастанию семян и появлению всходов, однако из-за существенного дефицита влаги (28,7 мм против 132 мм с апреля по первую декаду июня) полевая всхожесть семян оказалась невысокой. Во второй и третий летние месяцы за годы исследований, когда отмечается максимальная потребность растений кукурузы в воде, наблюдалось достаточное выпадение осадков, поэтому критический период также проходил в благоприятных условиях.

Погодные условия третьей декады апреля 2019 г. характеризовались повышенными среднесуточными температурами воздуха. Более высокая относительно нормы температура воздуха была во второй и третьей декадах мая. В среднем с апреля по май температура воздуха оказалась на 1,5 °С выше нормы. Осадков в апреле выпало лишь 0,4 мм, за первую декаду мая – 56,1 мм, в последующие 2 декады – 16,6 мм. Погода в июне благоприятствовала хорошему росту и развитию культуры благодаря высоким температурам воздуха (на 4,5 °С выше нормы) и умеренному количеству осадков (50 мм). Июль оказался прохладным (на 1,3 °С ниже нормы) и влажным (105,5 мм осадков). Больше нормы выпало осадков и в августе при умеренных температурах. В целом погодные условия складывались благоприятно для формирования высокого урожая.

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2017 г. составила 843 °С, в 2018 г. – 1145 °С, в 2019 г. – 981 °С при норме 822 °С. С мая по сентябрь в 2017 году по данным метеостанции Борисов выпало 368 мм, в 2018 г. – 297 мм, в 2019 г. – 384 мм при норме 370 мм.

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

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С				Осадки, мм			
		норма	2017 г.	2018 г.	2019 г.	норма	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Апрель	1	4,3	8,0	8,0	5,9	16	4,5	7,0	0
	2	6,6	3,1	10,6	6,1	16	15,8	0,7	0,4
	3	9,1	5,3	11,1	14,1	17	39,2	11,2	0
	За месяц	6,7	5,5	9,9	8,7	49	59,5	18,9	0,4
Май	1	11,4	8,7	17,4	8,6	17	35,0	2,0	56,1
	2	13,4	11,5	15,3	15,8	18	3,6	3,9	3,9
	3	14,7	16,4	17,6	18,0	23	6,3	3,9	12,7
	За месяц	13,2	12,3	16,8	14,3	58	44,9	9,8	72,7
Июнь	1	15,5	13,9	16,1	20,4	25	7,0	0,0	4,1
	2	16,2	16,9	17,9	22,2	28	19,5	24,6	27,7
	3	17,1	16,7	17,2	19,7	30	20,3	17,4	17,7
	За месяц	16,3	15,8	17,1	20,8	83	46,8	42,0	49,5
Июль	1	17,8	15,2	16,2	14,8	29	17,3	44,9	28,4
	2	18,4	16,5	20,1	15,6	28	35,1	60,4	20,1
	3	18,6	19,1	21,5	18,4	30	61,8	20,1	57,0
	За месяц	18,3	17,0	19,3	17,0	87	114,2	125,4	105,5
Август	1	18,4	19,8	21,5	15,0	25	14,3	1,0	49,5
	2	17,5	21,9	19,7	17,8	25	1,0	14,4	63,8
	3	15,8	13,8	17,0	18,7	26	62,7	54,4	3,4
	За месяц	17,2	18,3	19,3	17,2	76	78,0	69,8	116,7
Сентябрь	1	13,8	14,5	19,1	17,0	23	37,5	5,0	2,4
	2	11,7	14,7	15,2	12,2	22	30,0	7,6	7,3
	3	9,9	11,5	10,1	7,7	21	17,0	37,8	30,0
	За месяц	11,8	13,6	14,8	12,3	66	84,5	50,4	39,7
Октябрь	1	8,2	7,7	8,6	7,2	20	32,9	10,4	24,0

Результаты исследований и их обсуждение

В 2017 г. в третьей декаде апреля, когда была высеяна кукуруза, и в первой декаде мая выпало 74 мм осадков (в 2,2 раза больше нормы) а среднесуточная температура на протяжении трех декад была ниже нормы

на 1,9–3,8 °С. В таких условиях внесение N_{90} и N_{120} в разброс перед севом кукурузы (варианты 2, 10) привело к снижению полевой всхожести семян относительно контроля (N_0) на 5,5–6,0% при $НСР_{05} = 4,5\%$ (таблица 2).

Таблица 2 – Полевая всхожесть семян в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений, %

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N_0	86,5	81,8	88,0	85,4
2	N_{90} – основное	80,5	68,4	88,1	79,0
3	N_{90} – в междурядье в 5-6 листьев	87,5	70,7	88,4	82,2
4	N_{90} – в разброс в 5-6 листьев	86,8	79,4	86,2	84,1
5	N_{10} при севе + N_{80} в междурядья в 5–6 листьев	87,0	80,2	81,1	82,8
6	N_{10} при севе + N_{80} в разброс в 5–6 листьев	87,8	78,7	81,5	82,7

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
7	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядья в 7–8 листьев	89,5	61,6	70,2	73,8
8	N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	89,0	79,7	82,7	83,8
9	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	88,0	68,6	69,1	75,2
10	N ₁₂₀ – основное	81,0	84,6	82,3	82,6
11	N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	88,2	84,3	85,8	86,1
12	N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5-6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	86,2	82,5	82,2	83,6
13	N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядья в 7–8 листьев	87,2	78,9	86,3	84,1
НСР ₀₅		4,5	16,8	2,1	10,1

В 2018 г. сложилась совершенно противоположная ситуация. При достаточно теплой погоде существенный дефицит осадков (22% от нормы) в течение семи декад, начиная с апреля, привел к тому, что внесенный при севе вблизи семян азот в дозе 30 кг/га д.в. в виде мочевины снизил их полевую всхожесть (варианты 7, 9) относительно контрольного варианта на 20,2 и 13,2% соответственно. В 2019 г. припосевное применение этой дозы азота также привело к падению полевой всхожести на 17,8–18,9%. Негативное действие данного приема на полевую всхожесть семян было заметно уже при внесении 10 кг/га азота, где снижение составило 6,5–6,9%. При этом влажность почвы в дождливый период, в отличие от предыдущего года, имела оптимальное значение. В итоге, в среднем за 3 года существенно меньшие показатели полевой всхожести семян имели варианты с припосевным внесением 30 кг/га д.в. мочевины (на 3–5 см глубже семян и 3–5 см в сторону от семян).

Измерение высоты растений в 2017 г. показало, что она существенно не различалась по вариантам внесения удобрений и только в контрольном варианте на 25–35 см уступала им (таблица 3). В 2018 г. самыми рослыми были растения при большей дозе внесения азота (120 кг/га), независимо от способов и сроков их применения. В 2019 г. недостаточно хороший рост растений кукурузы оказался в контрольном варианте (243 см) и при внесении 90 кг азота в основную заправку (257 см). В итоге, в среднем за 3 года исследований только в контрольном варианте высота растений

уступала остальным вариантам с внесением азотных удобрений на 17–28 см.

Учет урожая зеленой массы в 2017 г. показал (таблица 4), что не только в контрольном варианте ее сбор оказался меньшим, но и в вариантах с внесением азота в междурядья с заделкой при суммарной дозе 90 кг/га. Это произошло за счет существенно меньшей урожайности листостебельной массы, тогда как по урожайности початков все варианты с внесением азотных удобрений были равнозначными.

В 2018 г. только в контрольном варианте и при внесении всей дозы (90 кг азота на 1 га) в междурядья в 5–6 листьев получен существенно меньший сбор зеленой массы (383 и 426 ц/га соответственно) относительно лучшего варианта с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 кг/га в разброс в фазу 7–8 листьев (473 ц/га). Все другие варианты внесения азота различались между собой в пределах ошибки опыта.

В условиях 2019 г. лучшие результаты по урожайности зеленой массы обеспечили варианты с внесением 120 кг/га азота или варианты с поздними подкормками и суммарной дозой азота 90 кг/га. А самый высокий ее сбор получен в варианте: 30 кг/га азота в основную заправку и 90 кг/га в разброс в фазу 7–8 листьев (481 ц/га). Он же показал и самую высокую урожайность в среднем за 3 года. Вместе с тем, существенной разницы по сбору зеленой массы между вариантами опыта не выявлено, за исключением контрольного, в котором она составила 390 ц/га при 455–497 ц/га в вариантах с применением удобрений.

Таблица 3 – Высота растений в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений, см

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N ₀	235	279	243	252
2	N ₉₀ – основное	266	289	257	271
3	N ₉₀ – в междурядьях в 5–6 листьев	259	285	263	269
4	N ₉₀ – в разброс в 5–6 листьев	258	287	265	270
5	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в междурядьях в 5–6 листьев	258	284	265	269
6	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в разброс в 5–6 листьев	263	289	266	273
7	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядьях в 7–8 листьев	260	285	272	272
8	N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	263	287	268	273
9	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	266	289	268	274
10	N ₁₂₀ – основное	270	295	274	280
11	N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	269	294	272	278
12	N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5-6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	268	297	267	277
13	N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядьях в 7–8 листьев	262	291	264	272
НСР ₀₅		18	9	13	14

Таблица 4 – Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения, ц/га

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N ₀	418	383	369	390
2	N ₉₀ – основное	555	439	416	470
3	N ₉₀ – в междурядьях в 5–6 листьев	505	426	434	455
4	N ₉₀ – в разброс в 5–6 листьев	527	458	412	466
5	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в междурядьях в 5–6 листьев	499	450	431	460
6	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в разброс в 5–6 листьев	526	449	431	469
7	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядьях в 7–8 листьев	511	435	446	464
8	N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	530	473	454	486
9	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	529	444	453	475
10	N ₁₂₀ – основное	540	471	465	492
11	N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	545	464	481	497
12	N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5-6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	532	464	451	482
13	N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядьях в 7–8 листьев	528	447	456	477
НСР ₀₅		47	39	44	43

Вариант с внесением 90 кг/га азота перед севом в 2017 г. обеспечил максимальный сбор сухого вещества (180,4 ц/га). Несущественно уступили ему все другие с различ-

ными дозами, способами и сроками внесения азота, за исключением варианта N₁₀ при севе + N₈₀ в междурядьях в 5–6 листьев, где получено 163,1 ц/га (таблица 5).

Таблица 5 – Сбор сухого вещества кукурузы в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения, ц/га

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N ₀	135,2	155,5	141,3	144,0
2	N ₉₀ – основное	180,4	176,5	160,6	172,5
3	N ₉₀ – в междурядья в 5–6 листьев	167,3	172,0	172,8	170,7
4	N ₉₀ – в разброс в 5–6 листьев	175,2	187,1	162,0	174,8
5	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в междурядья в 5–6 листьев	163,1	180,0	168,2	170,4
6	N ₁₀ при севе + N ₈₀ в разброс в 5–6 листьев	170,7	183,8	168,5	174,3
7	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядья в 7–8 листьев	166,6	167,5	171,4	168,5
8	N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	175,8	192,2	178,4	182,1
9	N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	174,0	174,9	177,5	175,5
10	N ₁₂₀ – основное	172,7	187,0	179,1	179,6
11	N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	178,2	187,1	189,4	184,9
12	N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5-6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	174,5	184,7	175,4	178,2
13	N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядья в 7–8 листьев	171,4	181,3	178,1	176,9
НСР ₀₅		15,4	15,6	16,9	16,0

В 2018 г. лучший результат по сбору сухого вещества показал вариант с внесением N₃₀ в основную заправку и N₆₀ в разброс в 7–8 листьев, который составил 192,2 ц/га. Это существенное превышение не только над контрольным вариантом (155,5 ц/га), но и вариантами с внесением: N₉₀ – с заделкой в междурядья в 5–6 листьев, N₃₀ при севе + N₆₀ с заделкой в междурядья в 7–8 листьев, N₃₀ при севе + N₆₀ в разброс в 7–8 листьев, где сбор сухого вещества равнялся 167,5–174,9 ц/га.

В 2019 г. лучшим по сбору сухого вещества оказался вариант с внесением N₃₀ основное + N₉₀ в разброс в 7–8 листьев (189,4 ц/га). В то же время ему несущественно уступили варианты с такой же суммарной дозой азота (120 кг/га), а также с поздним разбросным внесением в фазу 7–8 листьев 60 кг/га азота при суммарной дозе 90 кг/га, в которых получено 177,5–179,1 ц/га. Несущественно меньшая урожайность сухого вещества (172,8 ц/га) отмечена и в варианте с заделкой в междурядья в фазу 5–6 листьев кукурузы полной дозы 90 кг/га.

В среднем за 3 года наиболее высокий сбор сухого вещества получен в вариан-

тах с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазу 7–8 листьев кукурузы разбросным способом. Он составил 182,1–184,9 ц/га. В то же время и другие варианты применения азотных удобрений с урожайностью сухого вещества 170,4–179,6 ц/га могут иметь место, поскольку снижение у них недостоверное. Исключением является вариант припосевного внесения 30 кг/га азота с междурядной подкормкой N₆₀ в 7–8 листьев, где урожайность упала до 168,5 ц/га.

В 2017 г. существенной разницы по урожайности зерна между вариантами с применением удобрений не наблюдалось. Урожайность зерна стандартной влажности здесь составила 90,6–98,3 ц/га при 75,2 ц/га на контроле (таблица 6).

В 2018 г. наибольшая урожайность зерна получена в варианте с внесением N₃₀ в основную заправку + N₆₀ в разброс в 7–8 листьев (124,4 ц/га). Затем следуют: N₃₀ основное + N₉₀ в разброс в 7–8 листьев (117,9 ц/га), N₁₀ при севе + N₈₀ в разброс в 5–6 листьев (117,2 ц/га), N₁₂₀ – основное (116,7 ц/га), N₉₀ – в разброс в 5–6 листьев (116,4 ц/га). Самая низкая урожайность зер-

на (100,9–107,2 ц/га), не считая контроля (97,8 ц/га) получена в вариантах с припосевным внесением 30 кг/га азота.

Если в 2017 г. в числе лучших по урожайности зерна находились все 12 вариантов внесения удобрений, в 2018 г. – 5 вариантов,

то в 2019 г. – только три. Наибольшей она была в варианте с внесением N_{30} в основное + N_{90} в разброс в 7–8 листьев (112,3 ц/га), затем следуют N_{90} в междурядья в 5–6 листьев и N_{30} в основное + N_{60} в разброс в 7–8 листьев (104,2 ц/га).

Таблица 6 – Урожайность зерна в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения, ц/га

№ вар.	Вариант опыта	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
1	N_0	75,2	97,8	77,5	83,5
2	N_{90} – основное	98,3	112,4	89,5	100,1
3	N_{90} – в междурядья в 5–6 листьев	93,3	110,7	104,2	102,7
4	N_{90} – в разброс в 5–6 листьев	97,7	116,4	95,9	103,3
5	N_{10} при севе + N_{80} в междурядья в 5–6 листьев	90,6	111,3	98,3	100,1
6	N_{10} при севе + N_{80} в разброс в 5–6 листьев	93,1	117,2	95,8	102,0
7	N_{30} при севе + N_{60} в междурядья в 7–8 листьев	91,8	100,9	96,2	96,3
8	N_{30} основное + N_{60} в разброс в 7–8 листьев	93,9	124,4	104,2	107,5
9	N_{30} при севе + N_{60} в разброс в 7–8 листьев	95,2	107,2	101,5	101,3
10	N_{120} – основное	93,2	116,7	100,6	103,5
11	N_{30} основное + N_{90} в разброс в 7–8 листьев	97,6	117,9	112,3	109,3
12	N_{30} основное + N_{45} в 5–6 листьев + N_{45} в 7–8 листьев в разброс	94,4	114,4	102,3	103,7
13	N_{30} основное + N_{90} в междурядья в 7–8 листьев	94,1	114,3	99,7	102,7
НСР ₀₅		8,4	9,8	9,7	9,3

В среднем за три года лучший результат получен в вариантах с ежегодно стабильно высокой урожайностью зерна. Это 30 кг/га д.в. мочевины в основную заправку + 60 или 90 кг/га д.в. мочевины в разброс в фазу 7–8 листьев кукурузы, где его сбор составил 107,5–109,3 ц/га. Возможны и другие варианты применения карбамида с урожайностью 100,1–103,7 ц/га. Единственным вариантом, показавшим два года из трех худший результат, а в итоге и в среднем за три года (96,3 ц/га), явилось припосевное внесение 30 кг/га азота + N_{60} с заделкой в междурядья в фазу 7–8 листьев кукурузы.

Эффективное по годам действие азотных подкормок в разброс связано с погодными условиями во время их проведения. Например, в 2017 г. при внесении азотных удобрений в фазу 5–6 листьев кукурузы отмечались невысокая дневная температура воздуха

(18 °С) и выпадение осадков в вечернее время. В фазу 7–8 листьев дневная температура достигала 25 °С, но также вечером выпали осадки. Поэтому ожогов листьев в этом году не наблюдалось. В 2018 г. небольшие ожоги листьев наблюдались при внесении удобрений в разброс в фазу 7–8 листьев. Температура воздуха в обе фазы внесения азотных подкормок была близкой к норме. В 2019 г., напротив, высокие температуры при низкой относительной влажности воздуха с отсутствием росы не только не вызвали ожогов листьев, но и привели к значительным потерям азота, в результате чего 120 кг/га оказалось дозой более эффективной. Так, по зерну средняя прибавка относительно 90 кг/га составила 5,6%, сухому веществу – 6,2%, тогда как в 2018 г. эти показатели равнялись 2,8 и 3,2%, а в 2017 г. – лишь 0,6 и 1,5% соответственно.

Таблица 7 – Экономическая эффективность применения азотных удобрений при выращивании кукурузы на силос и зерно

Вариант опыта	На силос			На зерно				
	Стоимость продукции, руб./га	Затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т к.ед., руб.	Стоимость продукции, руб./га	Затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т зерна, руб.
N ₀	3381,63	1892,47	1489,15	181,88	2939,20	2055,76	883,44	246,20
N ₉₀ – основное	4052,10	2146,59	1905,51	172,17	3523,52	2311,65	1211,87	230,93
N ₉₀ – в междурядье в 5–6 листьев	4063,48	2142,31	1921,16	171,34	3616,04	2339,60	1276,44	227,81
N ₉₀ – в разброс в 5–6 листьев	4133,03	2141,29	1991,74	168,38	3636,16	2323,18	1312,98	224,90
N ₁₀ при севе + N ₈₀ в междурядья в 5–6 листьев	4020,25	2175,00	1845,25	175,83	3523,52	2347,40	1176,12	234,51
N ₁₀ при севе + N ₈₀ в разброс в 5–6 листьев	4106,70	2154,79	1951,91	170,53	3590,40	2326,31	1264,09	228,07
N ₃₀ при севе + N ₆₀ в междурядья в 7–8 листьев	3937,70	2191,05	1746,65	180,84	3389,76	2351,14	1038,62	244,15
N ₃₀ основное + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	4303,98	2165,20	2138,77	163,50	3784,00	2339,26	1444,74	217,61
N ₃₀ при севе + N ₆₀ в разброс в 7–8 листьев	4115,15	2181,03	1934,12	172,25	3565,76	2337,00	1228,76	230,70
N ₁₂₀ – основное	4208,75	2225,74	1983,01	171,87	3643,20	2393,75	1249,45	231,28
N ₃₀ основное + N ₉₀ в разброс в 7–8 листьев	4372,23	2231,15	2141,08	165,85	3847,36	2415,77	1431,59	221,02
N ₃₀ основное + N ₄₅ в 5–6 листьев + N ₄₅ в 7–8 листьев в разброс	4190,23	2213,36	1976,86	171,67	3650,24	2391,08	1259,16	230,58
N ₃₀ основное + N ₉₀ в междурядья в 7–8 листьев	4156,10	2242,12	1913,98	175,33	3615,04	2408,35	1206,69	234,50

Не установлено преимущество заделки мочевины в почву при проведении между-рядной обработки. Возможно, что это связано с недостаточным выпадением осадков в первую половину вегетации кукурузы в 2018–2019 гг. и более эффективным поглощением азота из мочевины листьями. Мочевина содержит азот в амидной форме, которая хорошо усваивается листьями растения, в то время как корневая система кукурузы усваивает нитратную форму и на переход азота из амидной формы в нитратную уходит определенное время.

Выводы

1. По результатам трехлетних исследований на связносупесчаной дерново-подзолистой почве установлено, что внесение мочевины при севе (на 3–5 см глубже семян и 3–5 см в сторону от семян) в дозе 30 кг/га д.в. приводит к снижению полевой всхожести семян кукурузы на 10,2–11,6%.

2. Различные дозы (90–120 кг/га), сроки (в предпосевную культивацию, в фазу 5–6 или 7–8 листьев) и способы внесения мочевины (в междурядье с заделкой или в разброс) не оказывают существенного влияния на высоту растений и урожайность зеленой массы кукурузы.

3. Наибольший урожай сухого вещества и зерна сформирован в вариантах с внесением

Экономические расчеты, основанные на трехлетних результатах исследований, показывают, что при выращивании кукурузы, как на силос, так и на зерно, наибольшая величина чистого дохода и наименьшая себестоимость 1 т урожая получена в наиболее урожайных вариантах: 30 кг/га д.в. мочевины в основную заправку + 60 или 90 кг/га д.в. мочевины в разброс в фазу 7–8 листьев кукурузы. Противоположные значения имели варианты без внесения азотных удобрений и с припосевным внесением 30 кг/га азота + N₆₀ с заделкой в междурядья в фазу 7–8 листьев кукурузы (таблица 7).

30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазу 7–8 листьев кукурузы разбросным способом. Могут иметь место и другие варианты применения азотных удобрений, поскольку снижение урожайности у них недостоверное, за исключением припосевного внесения 30 кг/га азота с междурядной подкормкой N₆₀ в 7–8 листьев.

4. При выращивании кукурузы на силос и зерно наилучшие экономические показатели обеспечиваются при внесении 30 кг/га д.в. мочевины в основную заправку и 60 или 90 кг/га д.в. мочевины в разброс в фазу 7–8 листьев кукурузы.

Библиографический список

1. Никитишен, В. И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии / В. И. Никитишен. – М. : Наука, 1984. – 214 с.
2. Надточаев, Н. Ф. Готовим и удобряем почву под кукурузу / Н. Ф. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 2 (130). – С. 53–56.
3. Крамарев, С. М. Интенсивность поступления основных макроэлементов в растения кукурузы в онтогенезе / С. М. Крамарев, Л. Н. Скрипник, Ю. И. Усенко // Агрохимия. – 2002. – № 12. – С. 21–30.
4. Крамарев, С.М. Удобрение кукурузы на черноземах обыкновенных в условиях степной зоны Украины: [монография] / С.М. Крамарев. – Днепропетровск : Изд-во «Новая идеология», 2010. – 668 с.
5. Марцуль, О. Н. Продуктивность и вынос элементов питания кукурузой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О. Н. Марцуль // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1 (44). – С. 204–212.
6. Моисеев, А. А. Эффективность удобрений под кукурузу на зерно в лесостепи среднего Поволжья / А. А. Моисеев, А. В. Ивойлов, П. Н. Власов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (138). – С. 28–33.

7. 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.
8. Кидин, В. В. Агрохимия: учебник / В. В. Кидин, С. П. Торшин. – М : Проспект, 2016. – 603 с.
9. Коваленко-Алексеев, И. В. Оценка эффективности дробного внесения азотного удобрения зерновой кукурузы в условиях северной лесостепи Челябинской области / И. В. Коваленко-Алексеев. // Агронимия и биотехнологии: материалы студенческой научной конференции / ред. М. Ф. Юдин; рец.: Н. И. Козакова, А. Э. Панфилов, А. А. Овчинников. – Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. – С. 42–49.
10. Шульц, П. Прямой сев кукурузы: плюсы и минусы / П. Шульц // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 3. – С.16–23.
11. Надточаев, Н. Ф. На погоду надейся, а сам не плошай / Н. Ф. Надточаев // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 2–7.
12. Стулин, А. Ф. Продуктивность кукурузы в условиях длительного применения удобрений и содержание тяжелых металлов в почве и растениях / А. Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2017. – № 1. – С. 3–9.

Поступила 16.01.2020