

Формирование урожая кукурузы в зависимости от погодных условий, доз, сроков и способов внесения карбамида

Г. Н. Куркина, научный сотрудник,
А. Н. Романович, Н. Л. Холодинская, кандидаты с.-х. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 11.02. 2021 г.)

В статье представлены результаты исследования по дозам (90–120 кг/га), способам (разбросное и локальное) и срокам (в предпосевную культивацию, при севе, в подкормку в фазе 5–6 или 7–8 листьев) внесения карбамида. Установлено, что наибольший урожай сухого вещества и зерна формируют варианты с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазе 7–8 листьев кукурузы разбросным способом. Могут иметь место и другие варианты применения мочевины, поскольку снижение урожайности в них недостоверное, за исключением припосевного внесения 30 кг/га азота с междурядной подкормкой N_{60} в фазе 7–8 листьев.

Введение

Применение удобрений является значимым фактором, определяющим высокую продуктивность кукурузы, и выяснение закономерностей питания растений позволяет целесообразно управлять их ростом и развитием, а также наиболее рационально использовать удобрения. Вместе с тем система удобрений до настоящего времени остается одним из узких мест в повышении продуктивности этой культуры [1], а главным лимитирующим урожайность кукурузы элементом по-прежнему остается азот [2]. Именно он чаще всего в дерново-подзолистой почве оказывается в минимуме и в первую очередь влияет на величину урожая и его качество [3].

Несмотря на высокую потребность в элементах минерального питания, кукуруза чувствительна к повышенной концентрации солей в почве, особенно в период прорастания семян и появления всходов. Причем наиболее отрицательно действует увеличение концентраций соединений азота: медленнее прорастают семена, снижается всхожесть, усиленно развивается вегетативная масса в ущерб зерну, усиливается расход воды на транспирацию, повышается склонность к полеганию, снижается устойчивость к вредителям и болезням, задерживается развитие растений [4, 5].

На почвах с содержанием глины более 15 % рекомендуется вносить полную дозу азотных удобрений перед севом. На легких почвах азот лучше применять в два приема: перед севом и в фазе 6–8 листьев. При дробном внесении снижается общий расход азотных удобрений благодаря более продуктивному использованию азота независимо от погодных условий [6]. Дробное ленточное применение удобрений хорошо зарекомендовало себя на почвах с низкой степенью обеспеченности подвижными формами питательных веществ [7]. На дерново-подзолистой песчаной почве с содержанием гумуса 1,5–1,7 % наиболее эффективным оказалось внесение азота в срок, приближенный к периоду наибольшего потребления растениями [8]. В опытах НПЦ НАН Беларуси по земледелию внесение 30 кг/га азота

The article presents the results of a study on rates (90–120 kg/ha), methods (scattered and local) and timing (in pre-sowing cultivation, sowing, additional fertilizing in 5–6 or 7–8 leaves) of urea application. It is established the highest yield of dry matter and grain are formed in the variants with 30 kg/ha of nitrogen in the basic application and 60 or 90 kg/ha in the phase of 7–8 corn leaves in a scatter way. There may be other options for using urea, since the yield reduction is equivocal, with the exception of the application of 30 kg/ha of nitrogen with side-dressing of N_{60} in 7–8 leaves.

в предпосевную культивацию и 60 кг/га в подкормку на фоне 50 т/га навоза на супесчаной, подстилаемой песками, почве по влиянию на урожайность кукурузы и его качество было равноценно 150–180 кг/га азота в предпосевную культивацию [9].

Условия и методика проведения исследований

Полевые опыты проводили в НПЦ НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием в пахотном слое 2,24–2,70 % гумуса, 180–200 мг/кг 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}) удобрения в виде хлористого калия ежегодно и фосфорные (P_{60} под урожай 2018 г.) в виде аммонизированного суперфосфата вносили перед зяблевой вспашкой. Сев гибрида Колизей осуществляли 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. шт./га семян. Способ сева – широкорядный, ширина междурядий – 70 см. В фазе 2–3 листьев кукурузы применяли гербицид Люмакс, СЭ – 3,5 л/га. Площадь опытных делянок – 25 м². Повторность – четырехкратная.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования показали, что азотные удобрения по-разному влияют на формирование урожая кукурузы в зависимости от сложившихся погодных условий. Например, урожайность початков без оберток при внесении 90–120 кг/га д. в. в виде карбамида в 2017 г. повышалась на 20–31 % независимо от срока и способа его применения (таблица 1).

В итоге в среднем за 3 года азотные удобрения в количестве 90–120 кг/га д. в. обеспечивали существенную прибавку урожая початков без оберток, составившую 25–45 ц/га или 16–30 %. Все способы и сроки внесения

показали несущественно различающуюся урожайность (181–197 ц/га), за исключением варианта N₃₀ при севе + N₆₀ в междурядья в фазе 7–8 листьев, где она составила 177 ц/га.

При том что в 2017 г. получена самая высокая урожайность сырых початков, в пересчете на сухое вещество это превосходство не сохранилось. В среднем по опыту она составила 94,9 ц/га, тогда как в 2018 г. равнялась

Таблица 1 – Урожайность початков без оберток в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения

Вариант	Урожайность, ц/га							
	натуральной влажности				в сухом веществе			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
N ₀	156	164	137	152	76,0	97,6	78,9	84,2
N ₉₀ в ПК	204	187	157	183	100,7	110,9	90,8	100,8
N ₉₀ в МР в 5–6 листьев	190	184	181	185	94,8	108,8	103,9	102,5
N ₉₀ ВР в 5–6 листьев	197	192	168	186	99,3	114,5	96,4	103,4
N ₁₀ при севе + N ₈₀ в МР в 5–6 листьев	188	182	172	181	92,5	109,8	98,9	100,4
N ₁₀ при севе + N ₈₀ ВР в 5–6 листьев	194	193	169	185	95,3	116,2	97,7	103,1
N ₃₀ при севе + N ₆₀ в МР в 7–8 листьев	190	173	167	177	93,7	100,5	96,4	96,9
N ₃₀ в ПК + N ₆₀ ВР в 7–8 листьев	194	207	178	193	98,2	122,7	103,9	108,3
N ₃₀ при севе + N ₆₀ ВР в 7–8 листьев	193	179	177	183	96,7	106,4	102,9	102,0
N ₁₂₀ в ПК	194	194	179	189	94,5	115,0	102,9	104,1
N ₃₀ в ПК + N ₉₀ ВР в 7–8 листьев	201	194	196	197	99,8	116,0	112,8	109,5
N ₃₀ в ПК + N ₄₅ + N ₄₅ ВР в 5–6 и 7–8 листьев	194	191	183	189	96,8	113,5	103,6	104,6
N ₃₀ в ПК + N ₉₀ в МР в 7–8 листьев	196	187	178	187	96,0	112,9	103,1	104,0
НСР ₀₅	17	16	20	18	8,6	9,7	11,6	10,0

Примечание – ПК – предпосевная культивация, МР – междурядье, ВР – вразброс.

Таблица 2 – Урожайность листостебельной массы кукурузы в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения

Вариант	Урожайность, ц/га							
	натуральной влажности				в сухом веществе			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
N ₀	262	219	232	238	59,2	57,9	62,4	59,8
N ₉₀ в ПК	351	252	259	287	79,7	65,6	69,8	71,7
N ₉₀ в МР в 5–6 листьев	315	242	253	270	72,5	63,2	68,9	68,2
N ₉₀ ВР в 5–6 листьев	330	266	244	280	75,9	72,6	65,6	71,4
N ₁₀ при севе + N ₈₀ в МР в 5–6 листьев	311	268	259	279	70,6	70,2	69,3	70,0
N ₁₀ при севе + N ₈₀ ВР в 5–6 листьев	332	256	262	284	75,4	67,6	70,8	71,3
N ₃₀ при севе + N ₆₀ в МР в 7–8 листьев	321	262	279	287	72,9	67,0	75,0	71,6
N ₃₀ в ПК + N ₆₀ ВР в 7–8 листьев	336	266	276	293	77,6	69,5	74,5	73,9
N ₃₀ при севе + N ₆₀ ВР в 7–8 листьев	336	265	276	292	77,3	68,5	74,6	73,5
N ₁₂₀ в ПК	346	277	286	303	78,2	72,0	76,2	75,5
N ₃₀ в ПК + N ₉₀ ВР в 7–8 листьев	344	270	285	300	78,4	71,1	76,6	75,4
N ₃₀ в ПК + N ₄₅ + N ₄₅ ВР в 5–6 и 7–8 листьев	338	273	268	293	77,7	71,2	71,8	73,6
N ₃₀ в ПК + N ₉₀ в МР в 7–8 листьев	332	260	278	290	75,4	68,4	75,0	72,9
НСР ₀₅	30	23	27	27	6,8	6,1	7,4	6,8

Примечание – ПК – предпосевная культивация, МР – междурядье, ВР – вразброс.

111,1 ц/га, в 2019 г. – 99,4 ц/га. Дисперсионный анализ показал, что те варианты, которые были лучшими по урожайности сырых початков, остались такими и в пересчете на абсолютно сухие. В среднем за 3 года, азотные удобрения в количестве 90–120 кг/га д. в. обеспечивали существенную прибавку урожая сухого вещества початков без оберток, составившую 12,7–25,3 ц/га или 15–30 %. Все способы и сроки внесения показали несущественно различающуюся урожайность (100,4–109,5 ц/га), за исключением варианта N_{30} при севе + N_{60} в междурядья в 7–8 листьев, где она составила 96,9 ц/га.

В отличие от початков, азотные удобрения несколько по-иному воздействовали на формирование листостебельной массы кукурузы (таблица 2). Наиболее тесная корреляционная зависимость между урожайностью початков и листостебельной массы (ЛСМ) получена в 2017 г. ($r = 0,95$). В 2018 г. она оказалась средней ($r = 0,63$) и в 2019 г. немного возросла до сильной ($r = 0,72$). В 2017 г., подобно початкам, получен самый высокий сбор листостебельной массы от применения азотных удобрений, который составил в среднем 333 ц/га, что на 71 % превышает урожайность початков и в 2,1 раза – контрольный вариант. В 2018 г. средняя урожайность ЛСМ в удобренных вариантах равнялась 263 ц/га, что лишь на 39 % больше, чем собрано початков, и на 60 % – чем в контроле. В 2019 г. урожайность ЛСМ мало изменилась (269 ц/га), но относительно початков возросла до 54 %, а вариант без удобрений превысила в 2 раза.

Существенно уступивших по сбору ЛСМ вариантов, не считая контроля, в опыте было немного. Ежегодно низкий сбор показывало применение N_{90} в междурядья в фазе 5–6 листьев, в 2017 г. к ним добавился вариант с применением N_{10} при севе + N_{80} в междурядья в фазе 5–6 листьев, в 2018 г. – N_{90} в предпосевную культивацию,

в 2019 г. – N_{90} вразброс в фазе 5–6 листьев. В итоге в среднем за 3 года только контрольный (238 ц/га) и вариант с применением N_{90} в междурядья в фазе 5–6 листьев (270 ц/га) оказались самыми низкоурожайными, существенно уступившими вариантам, показавшим самую высокую урожайность ЛСМ – N_{30} в ПК + N_{90} вразброс в фазе 7–8 листьев и N_{120} в ПК (300–303 ц/га).

Что касается сухого вещества листостебельной массы, то по ее урожайности 2017 г. сохранил лидирующие позиции при среднем сборе 74,7 ц/га. В 2018 г. он составил 68,1 ц/га, в 2019 г. – 71,6 ц/га. Здесь, как и по початкам, сохранились статистически достоверные различия по вариантам опыта. В среднем за 3 года в контроле сбор сухого вещества с ЛСМ составил 59,8 ц/га, а при внесении удобрений – от 68,2 ц/га (N_{90} в междурядья в 5–6 листьев) до 75,4–75,5 ц/га (N_{30} в ПК + N_{90} вразброс в 7–8 листьев и N_{120} в ПК).

Таким образом, наши исследования показали, что азотные удобрения по-разному влияют на формирование урожая кукурузы в зависимости от дозы и способа их применения. Учет урожая зеленой массы кукурузы в среднем за три года показал, 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 (таблица 3).

Вариант с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 90 кг/га вразброс в фазе 7–8 листьев (497 ц/га) показал самую высокую урожайность зеленой массы в среднем за 3 года. Вместе с тем существенной разницы по сбору зеленой массы между вариантами опыта не выявлено, за исключением контрольного, в котором он составил 390 ц/га.

Таблица 3 – Продуктивность кукурузы в зависимости от дозы, срока и способа внесения азотного удобрения (среднее за 3 года)

Вариант	Продуктивность кукурузы, ц/га			
	зеленая масса	сухое вещество	зерно 14%-й влажности	
			в натуре	сырой протеин
N_0	390	144,0	83,5	5,52
N_{90} в предпосевную культивацию (ПК)	470	172,5	100,1	7,26
N_{90} в междурядья в 5–6 листьев	455	170,7	102,7	7,73
N_{90} вразброс в 5–6 листьев	466	174,8	103,3	7,83
N_{10} при севе + N_{80} в междурядья в 5–6 листьев	460	170,4	100,1	7,59
N_{10} при севе + N_{80} вразброс в 5–6 листьев	469	174,3	102,0	7,40
N_{30} при севе + N_{60} в междурядья в 7–8 листьев	464	168,5	96,3	7,25
N_{30} в ПК + N_{60} вразброс в 7–8 листьев	486	182,1	107,5	8,26
N_{30} при севе + N_{60} вразброс в 7–8 листьев	475	175,5	101,3	7,62
N_{120} в ПК	492	179,6	103,5	7,90
N_{30} в ПК + N_{90} вразброс в 7–8 листьев	497	184,9	109,3	8,22
N_{30} в ПК + N_{45} + N_{45} вразброс в 5–6 и 7–8 листьев	482	178,2	103,7	8,14
N_{30} в ПК + N_{90} в междурядья в 7–8 листьев	477	176,9	102,7	7,84
HCP_{05}	43	16,0	9,3	0,70

Наиболее высокий сбор сухого вещества в среднем за 3 года получен в вариантах с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазе 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 N_{60} в фазе 7–8 листьев, где урожайность упала до 168,5 ц/га.

По урожаю зерна в среднем за три года лучший результат получен в варианте с 30 кг/га д. в. мочевины в основную заправку + 60 или 90 кг/га д. в. мочевины вразброс в фазе 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 фазе 7–8 листьев кукурузы.

Поскольку питательная ценность растений кукурузы при использовании на корм определяется долей зерна в урожае, нами проведен анализ структуры урожая зеленой массы и сухого вещества в зависимости от доз, сроков и способов внесения азота под данную культуру. В среднем, по данным трехлетних исследований, на початки без оберток в общем урожае зеленой массы приходилось от 38,1 % (N_{30} при севе + N_{60} в междурядья в фазе 7–8 листьев) до 40,7 % (N_{90} в междурядья в фазе 5–6 листьев). Доля абсолютно сухого зерна в общем урожае колебалась от 49,2 % до 51,7 %, а абсолютно сухих початков – от 57,5 % до 60,0 % и соответствовала названным вариантам. К числу лучших с большей долей зерна в урожае можно также отнести варианты с внесением N_{90} вразброс в фазе 5–6 листьев, N_{10} при севе + N_{80} в междурядья в фазе 5–6 листьев, N_{10} при севе + N_{80} вразброс в фазе 5–6 листьев, N_{30} в ПК + N_{60} вразброс в фазе 7–8 листьев, N_{30} в ПК + N_{90} вразброс в фазе 7–8 листьев.

Известно, что азотные удобрения способствуют не только формированию более высокого урожая, но и могут задержать созревание растений, особенно при внесении повышенных доз в поздние фазы развития. Наши исследования показали, что на содержание влаги в зерне и сухого вещества в растениях сроки и способы внесения карбамида в количестве 90–120 кг/га оказывают малое влияние. Эти показатели в сильной степени изменяются под влиянием погодных условий, в первую очередь температурных, что было заметно при ежегодных наблюдениях. В среднем за 3 года, влажность зерна колебалась от 37 % (N_{30} в ПК + N_{60} вразброс в фазе 7–8 листьев) до 37,8 % (N_{30} при севе + N_{60} в междурядья в фазе 7–8 листьев), содержание сухого вещества в растениях – от 36,5 % (N_{30} при севе + N_{60} в междурядья в фазе 7–8 листьев) до 37,8 % (N_{90} в междурядья в фазе 5–6 листьев и N_{90} вразброс в фазе 5–6 листьев).

Корреляционный анализ показывает, что между влажностью зерна и содержанием сухого вещества в растениях кукурузы хотя и существует сильная обратная зависимость ($r = -0,76$), но и сама структура урожая является сильнодействующим фактором, влияющим на содержание сухого вещества в растениях.

В среднем за 3 года, внесение полной дозы азота в предпосевную культивацию обеспечило содержание сырого протеина в зерне 8,49–8,86 %, что на уровне применения по вегетирующим растениям. Более поздние азотные подкормки повышают содержание протеина в зерне на 0,1 %, а способ его применения не сказывается на этом показателе.

Выводы

1. На связносупесчаной дерново-подзолистой почве при повторном размещении кукурузы и использовании последствий 60 т/га навоза КРС внесение 90–120 кг/га д. в. карбамида повысило урожайность початков на 16–30 %. Все способы и сроки внесения показали несущественно различающуюся урожайность в сухом веществе (100,4–109,5 ц/га), за исключением варианта с припосевным внесением 30 кг д. в. карбамида + N_{60} в междурядья в фазе 7–8 листьев (96,9 ц/га) по причине снижения полевой всхожести семян и, как следствие, недостаточной густоты стояния растений.
2. По сбору листостебельной массы, в среднем за 3 года, прибавка составила 13–27 %. Все способы и сроки внесения также показали несущественно различающуюся урожайность в сухом веществе (70,0–75,5 ц/га), за исключением варианта с внесением 90 кг д. в. карбамида в фазе 5–6 листьев в междурядья по причине позднего поступления в растения, где она составила 68,2 ц/га.
3. Наибольший урожай сухого вещества и зерна сформирован в вариантах с внесением 30 кг/га азота в основную заправку и 60 или 90 кг/га в фазе 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 N_{60} в фазе 7–8 листьев.

Литература

1. Семенов, Н. Н. Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика / Н. Н. Семенов. – Минск: Альфа-книга, 2020. – 320 с.
2. Евдакова, М. В. Экологические аспекты применения минеральных удобрений при возделывании кукурузы / М. В. Евдакова // Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пос. Персиановский, 2020. – С. 233–239.
3. Современные аспекты возделывания кукурузы в связи с изменением климата / Н. Ф. Надточаев [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 153 с.
4. Лассер, Д. Локальное внесение азотных удобрений: да или нет? / Д. Лассер // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 62–64.
5. Шульц, П. Прямой сев кукурузы: плюсы и минусы / П. Шульц // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 16–23.
6. Desvignes, P. Mais et azote les Clefs de la réussite. Cultivar / P. Desvignes // Кукуруза и сорго. – 1988. – № 11. – С. 3.
7. Оверчук, Н. А. Применение удобрений под кукурузу в США / Н. А. Оверчук // Химизация сельского хозяйства. – 1988. – № 12. – С. 66–69.
8. Бердников, А. М. Влияние азотных удобрений при разных сроках внесения в сочетании с зеленым удобрением на продуктивность кукурузы на дерново-подзолистой почве / А. М. Бердников, О. П. Гульчук // Агрохимия. – 1987. – № 7. – С. 3–6.
9. Надточаев, Н. Готовим и удобряем почву под кукурузу / Н. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 52–55.