

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СОРГО САХАРНОГО В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

В. Л. КОПЫЛОВИЧ

РНДУП «Полесский институт растениеводства»,
аг. Кричиный, Республика Беларусь, 247781, e-mail: mzpolf@mail.gomel.by

Н. М. ШЕСТАК

УО «Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина»
г. Мозырь, Республика Беларусь, 247760

В. А. РАДОВНЯ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: wladrad@tut.by

(Поступила в редакцию 25.10.2021)

В условиях дерново-подзолистых супесчаных почв Белорусского Полесья в 2016-2018 гг. проведены полевые исследования по влиянию возрастающих доз внесения азота на рост, развитие и продуктивность раннеспелого сорта сорго сахарного Яхонт. Возделывание велось ширококормным способом (70 см) после озимой ржи на фоне внесения $P_{60}K_{90}$. Сроки сева – ранние (начало мая).

Установлено, что оптимальной дозой внесения азотных удобрений является N_{90} , которая обеспечивает урожайность сухого вещества 130–169 ц/га при его содержании 19–24 %. В условиях опыта увеличение доз азота до N_{120} сопровождалось полеганием посевов и снижением содержания сухого вещества до 18–19 %. Азотные удобрения способствовали увеличению высоты растений в 1,5 раза, кустистости в 1,3 раза, массы одного растения в 1,5–4,4 раза. В засушливые годы при внесении N_{120} отмечается снижение густоты стояния растений к уборке. Решение проблемы полегания сорго сахарного при высоких дозах азотного удобрения обозначено перспективным направлением селекционных и агротехнических исследований.

Наибольшая урожайность сухого вещества сорго сахарного в условиях Белорусского Полесья наблюдается в наиболее теплообеспеченные годы с умеренным количеством осадков и выпадением их во второй половине вегетации. Согласно регрессионному анализу при удобрении N_{90} в среднестатистический нормальный год (сумма активных температур $2642^{\circ}C$ и количество осадков за вегетационный период 367 мм) теоретическая урожайность сухого вещества сорго сахарного раннеспелого сорта Яхонт составляет 146,7 ц/га. При решении проблемы полегания при дозе N_{120} можно повысить урожайность сухого вещества до 170 ц/га.

Ключевые слова: сорго сахарное, азотное удобрение, урожайность, сухое вещество, стабильность.

In the conditions of sod-podzolic sandy loam soils of Belarusian Polesye in 2016-2018, field research was carried out into the influence of increased doses of nitrogen on the growth, development and productivity of the early-maturing variety of sugar sorghum Yakhont. Cultivation was carried out in a wide-row method (70 cm) after winter rye against the background of introduction of $P_{60}K_{90}$. Sowing dates are early (early May).

It has been established that the optimal dose of nitrogen fertilizer is N_{90} , which provides a yield of dry matter of 13.0–16.9 t / ha with its content of 19–24 %. Under experimental conditions, an increase in nitrogen doses to N_{120} was accompanied by lodging of crops and a decrease in dry matter content to 18-19%. Nitrogen fertilizers contributed to an increase in plant height by 1.5 times, bushiness by 1.3 times, and the weight of one plant by 1.5–4.4 times. In dry years, when N_{120} is applied, a decrease in the density of plants before harvesting is noted. The solution to the problem of lodging of sugar sorghum at high doses of nitrogen fertilizer is indicated as a promising direction in breeding and agrotechnical research.

The highest yield of dry matter of sugar sorghum in the conditions of Belarusian Polesye is observed in the most heat-provided years with a moderate amount of precipitation and their fallout in the second half of the growing season. According to the regression analysis, with N_{90} fertilization in an average normal year (the sum of active temperatures is $2642^{\circ}C$ and the amount of precipitation during the growing season is 367 mm), the theoretical dry matter yield of the early-maturing sugar sorghum variety Yakhont is 14.67 t / ha. By solving the problem of lodging at a dose of N_{120} , it is possible to increase the yield of dry matter up to 17.0 t / ha.

Key words: sugar sorghum, nitrogen fertilizer, productivity, dry matter, stability.

Введение

С зоотехнической точки зрения, сорго сахарное является ценным кормовым растением. Его можно весьма гибко использовать в системе зеленого и сырьевого конвейеров для использования на зеленую массу, на сено, сенаж и силос [3].

Главным агрономическим преимуществом сорго сахарного является непревзойденная засухоустойчивость: способность возобновлять рост после длительной почвенной и воздушной засухи. При этом сорго сахарное крайне экономно расходует влагу (коэффициент транспирации составляет 240–300, тогда как у кукурузы 338–370, у пшеницы 513–550), толерантно к поздневесенней засухе (а на

Полесье они повторяются с частотой 25 %), активно использует осадки во второй половине вегетации и благодаря этому отличается достаточно стабильной урожайностью [7]. Засухоустойчивость и высокий потенциал продуктивности делает данную культуру весьма перспективной для возделывания в условиях Белорусского Полесья [4].

Известно, что азотные удобрения являются основным фактором интенсификации сельскохозяйственного производства. В литературе имеются данные, что, помимо мощного рост-регулирующего действия, азотные удобрения способствуют экономному использованию почвенной влаги, что важно для засушливых районов земледелия [8].

Вместе с тем, сорго сахарное, обладая низким коэффициентом транспирации, мощно-развитой корневой системой и другими механизмами засухоустойчивости, отличается высокой эффективностью использования минерального азота и соответственно не требует внесения высоких доз внесения азотных удобрений.

В исследованиях, проведенных в условиях центральной и северо-восточной зон Беларуси, характеризующихся небольшой теплообеспеченностью и большим количеством осадков, определены оптимальные дозы азотных удобрений для среднеспелых гибридов сорго сахарного на уровне N_{90-100} [5, 7]. В более теплообеспеченных условиях Брянской области А. В. Дроновым [1] на серых лесных почвах под сорго рекомендуется доза внесения N_{60} в основное внесение и N_{60-90} в подкормку. В степных условиях оптимальной нормой азотных удобрений для сахарного сорго на выщелоченном черноземе является N_{60} , на типичном и черноземе – N_{40} [3]. В лесостепной зоне на дерново-глеевых оподзоленных почвах Северной Осетии – Алании оптимальной нормой внесения является N_{90} [2].

Таким образом, оптимальные дозы внесения азотных удобрений в существенной мере определяются почвенными (тип почвы) и климатическими (тепло- и влагообеспеченность) условиями. Кроме того, значительное влияние на эффективность использования азота и его окупаемость оказывает скороспелость сорта и фаза уборки (содержание сухого вещества). Однако данное направление исследований до настоящего времени в должной мере не проработано.

Целью проведения представленных ниже исследований явилось изучение особенностей развития раннеспелого сорта сорго сахарного при различных дозах азотного удобрения в почвенно-климатических условиях Белорусского Полесья и определение оптимальных доз внесения.

Основная часть

Полевые опыты проводились на полях РНДУП «Полесский институт растениеводства» в 2016–2018 гг. Предшественник – озимая рожь. Обработка почвы включала зяблевую вспашку, 2 весенние культивации и предпосевную обработку почвы агрегатом АДН-4. Для борьбы с сорняками до всходов культуры применялся почвенный гербицид Гардо Голд (3,0 л/га).

В качестве объекта исследований использовался перспективный сорт *Яхонт*, который с 2019 года находится в Государственном сортоиспытании. Повторность опыта 4-кратная, расположение делянок систематическое со смещением. Общая площадь делянки – 28 м², учетная – 10 м².

Почва опытного участка дерново-подзолистая связно-супесчаная, рН – 5,7...5,9, содержание обменного фосфора 182–194 мг/кг, подвижного калия – 230–256 мг/кг почвы.

Фосфорно-калийные удобрения вносились разбрасывателем МТТ-4 общим фоном в дозе $P_{60}K_{90}$, азотные – вручную поделяночно. Посев проводился сеялкой СТВ-8 с нормой высева семян 400 тыс. шт/га 2–5 мая.

Уборка посевов сорго сахарного осуществлялась вручную в третьей декаде сентября при достижении растениями фазы молочно-восковой спелости. Убранные растения с каждой делянки подсчитывались и взвешивались. С двух повторений отбирались средние образцы (по 10 растений) для определения высоты и содержания сухого вещества.

Погодные условия в период проведения исследований были довольно контрастными. Сумма активных температур за период апрель–сентябрь за 2016, 2017, 2018 годы составила 3093 °С, 2928 °С и 3293 °С, за этот период выпало осадков 317, 458 и 289 мм соответственно. Расчет гидротермического коэффициента по Селянинову (ГТК) показал, что 2016 год можно охарактеризовать как слабозасушливый, 2017 год – влажный, 2018 год – засушливый.

Условия увлажнения наиболее точно характеризует влажность почвы. В 2016 году абсолютная влажность почвы превышала 7 %, дефицит почвенной влаги (< 3 %) отмечался лишь во второй декаде июля, а также в конце августа и в сентябре. В последующем 2017 году дефицит почвенной влаги не отмечался, а в июле влажность почвы достигала 10–12 %.

В 2018 году на фоне высоких среднесуточных температур воздуха и дефицита осадков на протяжении всего мая и I–II декад июня влажность почвы составляла лишь 1,5–4,7 %. В дальнейшем влаж-

ность почвы была в пределах 6,2–9,8 %, в связи с чем 2018 год оказался засушливым только в первой половине вегетации.

Фенологические наблюдения показали, что при посеве сорго сахарного в условиях Белорусского Полесья в первой декаде мая всходы появляются в течение двух недель. Период всходы-кущение продолжается около 32–35 дней. Затем наступают фазы активного роста: кущение-выход в трубку (13–15 дней) и выход в трубку – выметывание (28–29 дней). До начала цветения проходит неделя, затем линейный рост сорго сахарного прекращается, период цветения-молочной спелости зерна продолжается 26–30 дней. Восковая спелость зерна наступает еще через 12 дней.

В наших исследованиях полевая всхожесть семян сорго сахарного не зависела от доз внесения азотных удобрений $N_0 - N_{120}$ и в среднем за 2016–2017–2018 годы составила, соответственно, 67,2–59,5–37,8 %.

Во влажном 2017 и в засушливом 2018 годах густота стояния растений к уборке в варианте с внесением азотных удобрений в дозе N_{120} была достоверно на 3,5–10,5 % ниже, чем в вариантах с внесением N_0 и N_{30} , в других вариантах различия были незначительны (табл. 1).

Таблица 1. Влияние азотных удобрений на сохраняемость растений сорго сахарного к уборке

Вариант	Густота растений к уборке, шт/м ²				Сохраняемость растений, %			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
1.Фон ($N_0P_{60}K_{90}$)	17,4	15,2	10,8	14,5	65,2	63,3	73,0	67,2
2.Фон + N_{30}	17,5	14,8	11,0	14,4	66,0	63,0	74,3	67,8
3.Фон + N_{60}	17,4	15,2	10,2	14,3	64,0	63,0	65,4	64,1
4.Фон + N_{90}	16,6	14,6	9,6	13,6	61,9	60,5	63,2	61,9
5.Фон + N_{120}	16,8	13,6	9,2	13,2	61,8	58,3	60,5	60,2
НСР ₀₅	1,2	1,2	1,1					

В среднем за три года в исследованиях отмечена тенденция снижения сохраняемости взошедших растений к уборке по мере возрастания доз внесения азотных удобрений. Наибольшие различия между вариантами наблюдались в 2018 году.

С увеличением доз внесения азотных удобрений по всем годам исследований увеличивалась высота растений (до 1,5 раз), кустистость (до 1,3 раз). Масса одного растения при этом увеличивалась в 1,5–4,4 раза (табл. 2). Кроме того, отмечено, что азотные удобрения в период вегетации растений повышали облиственность растений и способствовали формированию листовой поверхности. Вместе с тем уже при дозе внесения N_{90} в 2018 году отмечалось полегание посевов на уровне 1 балла, а при дозе N_{120} в 2016 и 2018 году оно составило 3 балла.

Таблица 2. Влияние азотных удобрений на биометрические параметры сорго сахарного

Вариант	Высота при уборке, см				Кустистость				Масса 1 растения, г			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
1.Фон ($N_0P_{60}K_{90}$)	220	184	202	202	1,2	1,1	1,2	1,2	0,14	0,14	0,20	0,16
2.Фон + N_{30}	245	203	222	223	1,4	1,2	1,3	1,3	0,21	0,22	0,31	0,25
3.Фон + N_{60}	267	228	230	242	1,4	1,3	1,4	1,4	0,33	0,33	0,52	0,39
4.Фон + N_{90}	298	254	278	277	1,6	1,3	1,5	1,5	0,47	0,47	0,73	0,56
5.Фон + N_{120}	312	278	291	294	1,6	1,4	1,5	1,5	0,48	0,56	0,86	0,63

Соответственно, азотные удобрения оказали существенное влияние на урожайность зеленой массы сорго сахарного по всем изучаемым дозам внесения (табл. 3). Следует отметить значительное снижение содержания сухого вещества в растениях сорго сахарного в вариантах опыта по мере повышения доз внесения азотных удобрений. При дозе азота N_{120} во все годы исследований оно составляло лишь 18–19 %, в варианте N_{90} колебалось в более широких пределах 19–24 % и в значительной степени определялось погодными условиями.

Таблица 3. Влияние азотных удобрений на продуктивность сорго, (2016–2018 гг.)

Варианты	Урожайность, зеленой массы, ц/га				Содержание сухого вещества, %				Урожайность сухого вещества, ц/га			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
1.Фон($N_0P_{60}K_{90}$)	237	208	212	219	27	26	28	27	64	55	59	59
2.Фон + N_{30}	361	322	345	343	25	25	27	26	90	81	89	87
3.Фон + N_{60}	579	497	528	535	23	22	26	24	133	109	126	123
4.Фон + N_{90}	784	684	704	724	20	19	24	21	157	130	169	152
5.Фон + N_{120}	813	755	791	786	18	18	19	18	146	136	150	144
НСР ₀₅	66,8	60,1	62,4						15,8	12,1	16,4	

Пересчет урожайности зеленой массы на содержание сухого вещества показал, что наибольшая урожайность сухого вещества ежегодно достигалась в варианте N_{90} . При этом наибольшая окупаемость 1 кг д.в. азотных удобрений сухим веществом в различные годы достигалась либо в варианте

N₆₀, либо в варианте N₉₀ (соответственно 0,9...1,15 ц/кг и 0,83...1,22 ц/кг). При N₁₂₀ окупаемость снизилась до 0,68–0,76 ц/кг.

Вариация урожайности сухого вещества на фоне внесения только фосфорно-калийных удобрений составила 7,6 %, при внесении N₃₀ она снизилась до 5,7 %, а при дозе N₉₀ увеличилась до 13,1 %.

Нами сделан регрессионный анализ, который показал, что в условиях супесчаных почв Белорусского Полесья зависимость урожайности сухого вещества сорго сахарного (Y, ц/га) от доз внесения азотных удобрений (N, кг) имеет следующий вид:

$$Y = 0,78N + 66,0 \quad R^2 = 0,84 \quad (1)$$

$$Y = -0,0061N^2 + 1,52N + 54,9 \quad R^2 = 0,90 \quad (2)$$

Заметно, что квадратичная функция более точно описывает анализируемую зависимость. Однако следует отметить, что снижение урожайности сухого вещества раннеспелого сорта *Яхонт* при внесении высоких доз азота более N₉₀ происходит не только по биологическим, но и по технологическим причинам (полегание посевов). Таким образом, изучение причин полегания и решение их селекционными и агротехническими путями является на перспективу актуальной задачей, способной повысить продуктивность посевов.

Наибольшая урожайность сухого вещества в условиях опыта достигалась в наиболее теплообеспеченные 2016 и 2018 годы. При включении в формулу 1 дополнительных параметров (переменные O – сумма осадков за апрель-сентябрь, мм и T – сумма активных температур за апрель-сентябрь, °C) получается новая формула 3, более точно описывающая рассматриваемую зависимость и не учитывающая полегание при избытке азота:

$$Y = 0,78N + 0,01T - 0,1O + 86,7 \quad R^2 = 0,88 \quad (3)$$

Расчет уравнения показывает, что при внесении азотных удобрений в дозе N₉₀ в среднестатистический нормальный год (T=2642 °C; O=367 мм) урожайность сухого вещества сорго сахарного раннеспелого сорта *Яхонт* составляет 146,7 ц/га.

Кроме того, формула 3 позволяет спрогнозировать потенциальную продуктивность раннеспелого сорта сорго сахарного в среднестатистический нормальный год при дозе N₁₂₀ в случае, если проблема полегания будет решена – 170 ц/га сухого вещества (+16 % к дозе N₉₀). Следует отметить, что в наших исследованиях в 2018 году урожайность сухого вещества в варианте с внесением азота в дозе N₉₀ составила 169 ц/га, таким образом рассчитанный потенциал продуктивности 170 ц/га является вполне реализуемым.

Заключение

1. Внесение азотных удобрений под сорго сахарное в условиях супесчаных почв Белорусского Полесья увеличивает высоту растений до 1,5 раза, кустистость до 1,3 раза, массу одного растения до 1,5–4,4 раза. В засушливые годы при внесении N₁₂₀ отмечается снижение густоты стояния растений к уборке.

2. При возделывании сорго сахарного после озимой ржи небольшие дозы внесения азотных удобрений N₃₀ стабилизируют урожайность сухого вещества и позволяют получать 81–90 ц/га. Наибольшая урожайность сухого вещества 130–169 ц/га у раннеспелого сорта *Яхонт* достигается при внесении на фоне P₆₀K₉₀ 90 кг/га д.в. азотных удобрений. При дальнейшем повышении доз внесения азотных удобрений до N₁₂₀ увеличивается полегание посевов и в тоже время происходит снижение содержания сухого вещества до 18–19 %. Решение проблемы полегания сорго сахарного при высоких дозах азотного удобрения является перспективным направлением селекционных и агротехнических исследований.

3. Наибольшая урожайность сухого вещества сорго сахарного в условиях Белорусского Полесья наблюдается в наиболее теплообеспеченные годы с умеренным количеством осадков и выпадением их во второй половине вегетации. Регрессионный анализ показывает, что при внесении азотных удобрений в дозе N₉₀ в среднестатистический нормальный год (T=2642 °C; O=367 мм) урожайность сухого вещества сорго сахарного раннеспелого сорта *Яхонт* составляет 146,7 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дронов, А. В. Совершенствование элементов технологии возделывания сорговых культур на серых лесных почвах юго-западной части центрального региона России / А. В. Дронов, О. Ю. Дьяченко, М. Ю. Дышлок // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. – 2012. – №3.

2. Икоева, В. А. Особенности технологии возделывания сахарного сорго в лесостепной зоне Республики Северная Осети-Алания: автореф. дис. ... канд. с.х. наук: 06.01.01 / В. А. Икоева; ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». – Владикавказ, 2016. – 24 с.
3. Сорго в ЦЧР / С. В. Кадыров [и др.]. – Ростов н/Д: ЗАО «РостИздаТ», 2008. – 80 с.
4. Копылович, В. Л. Сравнительная продуктивность кормовых культур, развивающаяся по типу фотосинтеза С4 / В. Л. Копылович, Н. М. Шестак / Матер. междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 25–26 июня 2009 г. – Жодино, 2009. – С. 14–16.
5. Персикова, Т. Ф. Влияние сроков посева, доз азотных удобрений и микроэлементов на продуктивность и качество зеленой массы сорго сахарного в условиях северо-востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, А. З. Большаков, Е. А. Блохина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №2. – С. 105–109.
6. Шестак, Н. М. Продуктивность и основные приемы возделывания сорго сахарного в южной части Беларуси: автореф. дис. ... канд. с.х. наук: 06.01.09 / Н. М. Шестак; НАН Беларуси, НПЦ по земледелию. – Жодино, 2019. – 20 с.
7. Шлапунов, В. Н. Динамика формирования урожая сорго сахарного и его зависимость от уровня азотного питания / В. Н. Шлапунов и др. // Весці нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2006. – № 4. – С. 43–45.
8. Ткачук, Е. С. Физиология водопотребления при оптимизации минерального питания растений / Е. С. Ткачук. – Киев: Наукова думка, 1986. – 167 с.