УДК 631.8.633 DOI: 10.25680/S19948603.2025.145.08

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАРТОВОГО РАЗВИТИЯ ПРОРОСТКОВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ПРИ ПОСЕВНОМ ВНЕСЕНИИ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ

Н.А. Багринцева, к.с-х.н., Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (ФНАЦ),
С.С. Ладан, к.б.н., Всероссийский НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова,
Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49,
127434, г. Москва, ул. Прянишникова 31А, s.ladan@bk.ru

Изучалась реакция разнокалиберных семян (<3,0; 3,0-3,6; >3,6 мм) трех сортов сорго зернового (Зерста 97, Круста, Состав) на припосевное внесение азота (в расчетной дозе N_{10}) по всхожести и морфометрическим показателям проростков. Растения выращивали в вегетативных сосудах емкостью 500 см^3 с почвой средней обеспеченности азотом. Всхожесть зерен сорго зернового (по ГОСТу 12038-84) возрастала с увеличением фракции зерна по всем вариантам опыта. Установлена тенденция к уменьшению всхожести при применении карбамида по фракциям более 3,6 мм для всех сортов вне зависимости от обеспеченности почвы азотом. Только семена фракции <3 мм положительно реагировали на внесение припосевного азота.

Морфометрические показатели проростков выявили явное преобладание сорта Круста, но не обнаружили сортовых различий по реакции на карбамид. Установлено, что в условиях посева калиброванными семенами внесение карбамида в качестве припосевного азотного удобрения не дает всходам существенных преимуществ в развитии. Влияние этого фактора сказывалось только на длине стебля (52%), на энергию прорастания, всхожесть и длину корня наибольшее влияние оказывала фракция семян (78,3, 61,9 и 32,5% соответственно). Сортовых различий по изученным показателям не отмечено, однако сочетание фактора «сорт» с другими факторами опыта оказывало самое существенное влияние на длину и массу корня. Анализ ростового потенциала зерновки по ее реакции на обеспеченность почвенным питанием может служить методом при районировании, оценке технологичности выращивания или селекционном отборе ценных образцов зернового сорго.

Ключевые слова: сорго зерновое, всхожесть семян, фракции зерна, длина корня и проростка.

Для цитирования: *Багринцева Н.А., Ладан С.С.* Морфометрические показатели стартового развития проростков сорго зернового при посевном внесении азотного удобрения // Плодородие. – 2025. – №4. – С. 31-34. DOI: 10.25680/S19948603.2025.145.08.

Сортовые семена сорго, предназначенные для посева, должны соответствовать требованиям ГОСТа Р 52325-2005, что обеспечивает единообразие посевных партий и контролируемое качество семенного материала. У сорго метёлка крупная, антезис и налив зерновок протекают градиентно — от верхних ярусов к нижним, растянуто во времени примерно на 10–14 сут. В результате формируются партии семян с выраженной ярусной гетерогенностью, т.е. с разной степенью физиологической зрелости и жизнеспособности. Такая разнокачественность усиливает чувствительность семян к абиотическим стрессорам в фазе прорастания.

Биологической особенностью культуры является замедленный начальный рост, поэтому агротехнические приёмы, направленные на стимуляцию ранней вегетации (ускорение начального роста и становление корневой системы), имеют критическое значение для выравнивания полевых всходов. Поэтому для сорго особенно важны технологические приемы стимулирования начального роста и развития растений. Так, технологические карты возделывания сорго, как и практически всех полевых культур, включают обязательный агроприем – внесение удобрений при посеве [5, 6]. При выращивании сорго на зеленый корм такой прием приводит к повышению кустистости и роста, объема вегетативной массы, что нежелательно при возделывании зернового сорго. Внесение припосевного удобрения может быть целесообразно только для повышения интенсивности процессов развития вегетативной массы, внесение удобрений при возделывании зернового сорго может быть нерентабельно [6].

Оценка ростовых характеристик проростков не заменяет стандартную проверку всхожести, но дополняет её, предоставляя информацию и о количестве взошедших семян, и об их физиологическом качестве (длина корня и колеоптиля/проростка как маркёры ранней энергетики).

Публикации по близкой тематике касаются преимущественно пшеницы и описывают связь технологических характеристик зерновки с морфометрией проростков на день определения всхожести. Эти зависимости могут быть использованы при разработке подходов к селекции и семенной оценке, однако их перенос на сорго требует верификации с учётом видовых особенностей органогенеза и начального роста [3, 9, 10]. Калибровка семенного материала всех культурных растений является обязательным приемом отбора крупных семян, обладающих высокими жизнеспособностью и всхожестью в полевых условиях. Экспериментальные данные изменения основных показателей качества различных фракций зерна, например, озимой ржи [8], показали, что прибавки урожая зерна при увеличении дозы минеральных удобрений минимальны у самой мелкой и самой крупной фракций, максимальные – у средней фракции зерна 2,2–2,4 мм.

Цель исследований – выявить взаимосвязь между фракцией (калибром) семян и припосевным внесением азота, оцениваемую по всхожести и морфометрическим показателям проростков.

Методика. Объектами исследования были семена сорго зернового сортов Зерста 97, Круста, Состав селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Для

проведения лабораторных исследований отбирали средние образцы по фракциям зерна (использовали сита с ячейками >3,6 мм, 3,0-3,6, < 3,0 мм). Масса 1000 зерен по фракциям составила: у сорта Зерста 97 – < 3,0 мм – 11,38 г; 3,0 – 3,6 мм – 19,27 г; >3,6 мм – 27,31 г.; у сорта Круста – < 3,0 мм – 12,87 г; 3,0 – 3,6 мм – 20,51 г; > 3,6 мм – 25,15 г; у сорта Состав – < 3,0 мм – 12,77 г; 3,0 – 3,6 мм – 20,92 г; > 3,6 мм – 26,57 г. Методическая часть исследования опиралась на действующие стандарты: определение лабораторной всхожести выполняли по ГОСТу 12038-84, массу 1000 зерновок — по ГОСТу 10842-91; измеряли длину корня и проростка на 8-е сут, соответствующие дню определения всхожести по ГОСТу 12038-84.

Показатели были сгруппированы в три блока: технологические характеристики зерна, морфометрические его признаки, и посевные качества (всхожесть) зерна с дополнительными измерениями корневой и побеговой длины проростков. Такой подход позволяет сопоставлять технологические атрибуты партии с функциональными маркёрами ранней жизнеспособности.

Изучение потребности в азоте на начальных стадиях сравнивали при прорастании семян в фильтровальной бумаге (вариант Ф0), в почве без удобрений (вариант П0), а также в почве с внесением азота при посеве (вариант ПА). Посев осуществляли в вегетационные сосуды с почвой средне обеспеченной азотом, фосфором и калием. Повторность – четырехкратная. Изучаемые факторы: фактор А – сорт, фактор В – размер зерновки (фракция семян), фактор С – питательный фон. Достоверность различий между вариантами экспериментов оценивали по Б. А. Доспехову на уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. По результатам опыта лабораторная всхожесть зерна сорго возрастала с увеличением фракции (крупности) зерновок. Одновременно отмечено статистически снижение всхожести при использовании припосевного удобрения по сравнению с вариантом без удобрения и контролем во всех фракциях. Это указывает на возможный стрессовый эффект технологии внесения и/или дозы на ранних этапах прорастания (табл. 1).

1. Всхожесть зернового сорго в зависимости от фракции зерна

Сорт	Фон*	Энергия прорастания, %			Всхожесть, %		
		Фракция зерна, мм					
		<3,0	3,0-3,6	>3,6	<3,0	3,0-3,6	>3,6
Зерста 97	Ф0	54	73	80	76	92	97
	П0	55	71	78	74	82	96
	ПА	46	68	76	72	80	92
Состав	Ф0	34	72	85	84	91	96
	П0	32	70	76	76	84	82
	ПА	32	70	72	76	80	82
Круста	Ф0	62	75	90	74	96	98
	П0	56	71	79	74	86	96
	ПА	49	71	77	61	88	90
$НСР_{0,5}$		9	6	5	5	4	4

**Ф0* – посев семян в рулоны фильтровальной бумаги, П0- посев в почву без удобрений, ПА – внесение азота в почву при посеве *(здесь и в табл. 2 и 3)*.

Ограничивающие факторы, проявившиеся во время прорастания семян сорго, характеризующийся медленным образованием надземной массы в начальные периоды, могут значительно повлиять на продуктивность растений. Показатели интенсивности начального роста служат важными индикаторами оптимальности условий стартового развития. Линейные размеры проростков являются основными и доступными в полевых условиях морфологическими показателями (табл. 2).

2. Линейные размеры проростков в зависимости от фракции зерна

Сорт	Фон	Длина стебля, см			Длина корня, см			Длина корня к общей длине, %		
		Фракция зерна, мм								
		<3,0	3,0-3,6	>3,6	<3,0	3,0-3,6	>3,6	<3,0	3,0-3,6	>3,6
Зерста 97	Ф0	7,1	7,5	8,6	7,2	6,6	6,6	50,3	46,8	43,4
	П0	8,2	16,6	20,2	5,6	11,1	11,5	40,6	40,1	36,3
	ПА	12,7	16,9	14,1	6,8	7,7	8,2	34,9	31,3	36,8
Состав	Ф0	8,1	8,3	12,1	6,8	8,9	12,5	45,6	51,7	50,8
	Ф	10	18,2	16,8	8,7	11,8	12,9	46,5	39,3	43,4
	ПА	13,1	17,7	15,1	4,7	9,3	11,8	26,4	34,4	43,9
Круста	Ф0	10,1	10,5	12,3	7,6	7,5	7,2	42,9	41,7	36,9
	П0	12,2	16,4	18,8	7,2	13,9	23,8	37,1	45,9	55,9
	ПА	16,7	16,1	18,5	6,4	13,5	17,5	27,7	45,6	48,6
$НСР_{0,5}$		2,9	3,5	4,1	2,9	3,1	3,5	-	-	-

Сорговые виды являются культурами позднего весеннего срока посева. Прорастание семян часто проходит в период острой недостаточности влаги, что делает необходимым учет реакции зерновки по показателям развития подземной части растения [2, 4]. Длина корня сортов Зерста 97 и Круста относительно общей длины проростка была большей у проростков фракции зерна <3 мм, а у сорта Состав с увеличением фракции увеличивалась и доля корня в общей длине проростка .

При внесении при посеве азотного удобрения наблюдается уменьшение длины корня по всем сортам. Анализ вариантов опыта показал, что применение минерального удобрения положительного влияния на корневую систему не оказывало (см табл. 2). По всем сортам от мелкой фракции к большей наблюдалось увеличение длины корня более чем на 50%. Длина стебля всех сортов более крупных фракций была больше длины стебля мелкой фракции (< 3 мм). Наблюдалась отзывчивость проростков на внесение азота у фракции < 3 мм: у сорта Зерста 97 от 8,7 см без удобрения до 12,7 см с удобрением; у сорта Состав от 10 см без удобрения до 13,1 см с удобрением, у сорта Круста от 12,2 до 16,7 см. Семена фракции > 3,6 мм демонстрировали снижение длины стебля при внесении удобрения по всем сортам. Припосевное внесение азотных удобрений оказало воздействие только на линейные показатели мелких фракций.

Помимо линейных показателей в опыте учитывали и массу проростков (табл. 3).

3. Масса проростков в зависимости от фракции зерна

Сорт	Фон	Доля корня в общей массе проростка, %			Масса стеблей, г			Масса корня, г		
		Фракция, мм								
		<3,0	3,0-3,6	>3,6	<3,0	3,0-3,6	>3,6	<3,0	3,0-3,6	>3,6
Зерста 97	Ф0	6,5	3,3	3,9	1,73	2,08	2,74	0,12	0,07	0,11
	П0	2,1	9,6	7,8	2,8	2,97	4,51	0,06	0,87	0,38
	ПА	2,0	8,6	7,1	2,89	2,96	4,57	0,08	0,41	0,35
Состав	Ф0	5,2	5,0	3,8	1,83	2,25	3,06	0,1	0,12	0,12
	П0	2,5	3,6	4,6	2,69	4,07	5,01	0,07	0,15	0,24
	ПА	3,7	3,4	3,5	2,88	3,7	4,05	0,11	0,13	0,17
Круста	Ф0	8,0	5,5	6,7	1,95	2,73	3,93	0,17	0,16	0,28
	П0	7,0	5,5	8,4	2,34	4,97	5,91	0,25	0,29	0,54
	ПА	4,6	4,7	7,1	3,51	4,9	5,86	0,17	0,24	0,45
$НСР_{0.5}$		-	-	-	0,29	0,26	0,23	0,03	0,04	0,05

На контроле по всем сортам наблюдается закономерное увеличение общей массы проростков от меньшей фракции к большей (от <3 мм к >3,6 мм). Применение удобрения дало положительный эффект только у фракции <3 мм, более крупные фракции не отзывчивы на внесение удобрения. При анализе структуры массы проростков видно, что корневая система в условиях отсутствия удобрения развивается интенсивнее, особенно при проращивании на фильтровальной бумаге. При отсутствии дополнительного корневого питания растение интенсивнее наращивает корень. Масса надземной части демонстрирует обратную зависимость и при применении удобрений она больше. Дисбаланс развития надземной и подземной частей растения в начале развития проростков может отрицательно сказаться на засухоустойчивости растений в последующие фазы развития.

Факторы опыта по-разному отражались в изученных показателях (табл. 4). Для всех параметров размер зерновки превалировал по воздействию. Применение азотного удобрения было основным по воздействию на развитие стебля. В пределах изученных сортов не обнаружено сортоспецифичности реакций, что говорит, вероятно, о несортовой или общегрупповой реакции сорго зернового на азотные припосевные удобрения.

4. Влияние факторов опыта на изученные показатели, %

Факторы опыта	Энергия прорастания	Всхожесть	Длина стебля	Длина корня	Общая масса проростка	Масса стебля	Масса корня
А (сорт)	7,4	0,5	5,0	13,7	12,8	12,4	14,9
В (фракция)	**78,3**	**61,9**	21,4	**32,5**	**38,2**	**42,8**	**17,3**
С (фон)	3,0	15,4	**52,7**	15,8	**41,2**	**32,7**	**16,5**
АВ	7,7	11,7	2,3	8,1	3,1	5,3	17,3
АС	0,4	1,7	1,2	8,4	0,9	1,7	7,7
ВС	0,5	1,0	12,8	9,6	2,4	3,0	10,1
АВС	0,4	3,0	4,4	11,6	1,1	2,0	15,5

Выводы. Всхожесть семян сорго зернового закономерно увеличивается вместе с увеличением фракции зерна. В пределах достоверности происходит уменьшение всхожести при применении предпосевного удобрения. Сортоспецифичность отклика растений сорго на применение удобрения выразилась в специфике формирования подземной части. Доля длины корня в общей длине проростков у сортов Зерста 97 и Круста возрастала у фракции <3 мм, а у сорта Состав с увеличением фракции увеличивается отношение длины корня к общей длине проростка. Закономерным было увеличение общей массы проростков от меньшей фракции к большей (от <3 мм до >3,6 мм) для всех сортов. Применение удобрения дало положительный эффект только для фракции <3 мм, более крупные фракции не показали отзывчивость к внесению удобрения. Применение в производственных условиях припосевного азотного удобрения может быть нерентабельным, особенно для семян крупного калибра и вызывать риски засухоустойчивости при дисбалансе развития подземной и надземной частей.

Литература

1. *Архипов М. В., Рутковская Т. С., Пасынкова Е. Н. и др.* Исследование взаимосвязи технологических качеств зерновки пшеницы с показателями всхожести и ростового потенциала для отбора хозяйственно ценных партий семян // Таврический вестник аграрной науки. -2023. - № 4 (36). -С. 8–17. EDN: AVZWNI. DOI: 10.5281/zenodo.10258886
2. *Барановский А.В., Ковтунов В.В., Ковтунова Н.А.* Оценка показателей адаптивности сортимента зернового сорго в условиях Донбасса //Зерновое хозяйство России. -2024- №16(2)- С.56-61. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-56-61
3. *Васин А. В., Казутина Н. А.* Влияние приемов предпосевной обработки семян и посевов стимуляторами роста на урожайность зернового сорго //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №. 4. – С. 3-5.
4. *Володин А. Б., Капустин С. И., Капустин А. С.* И др. Адаптивность сортов зернового сорго к условиям выращивания. //Бюл. Ставропольского НИИСХ. – 2017. – № 9. – С. 22-28. – EDN YKULVH.
5. *Зангиева Ф. Т.* Продуктивность зернового сорго в зависимости от сроков, норм высева и удобрений //Научная жизнь. – 2016. – №. 9. – С. 16-25.
6. *Нафиков М. М., Смирнов С. Г., Нигматзянов А. Р.* Влияние сроков сева и внесения удобрений на продуктивность сорго // Сб.тр конф: Цифровые технологии в подготовке кадров АПК. – 2022. – С. 519-527.
7. *Павлова О. В., Марченкова Л. А., Чавдарь Р. Ф. и др.* Посевные качества семян и ростовые процессы на ранних этапах органогенеза озимой пшеницы в зависимости от обработки их биопрепаратами // Известия ТСХА. -2023.- Вып. 1. – С. 36–43. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-36-43.
8. *Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н.* Влияние возрастающих уровней минерального питания на качество различных фракций зерна озимой ржи Агрохимия. – 2023. – № 3. – С. 43-52. DOI: 10.31857/S0002188123030109
9. *Рокотянский М.И., Сарычев А.Н., Резникова О.В., Серединцев Е.К.* Влияние гибридов, регуляторов роста и органоминеральных удобрений на формирование урожая зернового сорго // Научно-агрономический журнал. -2024. -№1(124) – С. 56-62. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.007.56-62

10. *Степанченко Д.А., Степанченко В.И., Бочкарева Ю.В. и др.* Оценка посевных качеств семян сортов зернового сорго при применении хелатных микроудобрений [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st_629.pdf DOI: https://doi.org/10.51419/202136629 – EDN FKKNGI.. – 2023.

MORPHOMETRIC INDICES OF INITIAL DEVELOPMENT OF GRAIN SORGHUM SEEDLINGS WITH SOWING APPLICATION OF NITROGEN FERTILIZER.

[1]Bagrintseva N.A. , [2]Ladan S.S.
[1]North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Mikhailovsk, Nikonov St., 49. Stavropol kray, Russia..
[2]D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, 31A Pryanishnikova St., Moscow, Russia; s.ladan@bk.ru

The response of seeds of three varieties of grain sorghum, Zersta 97, Krusta and Sostav, differing in size (less than 3.0, 3.0–3.6 and greater than 3.6 millimeters), was investigated in terms of germination and morphological parameters of seedlings after near-sowing application of nitrogen (estimated at N10). The plants were cultivated in growth chambers with a volume of 500 cubic centimeters and a medium nitrogen-enriched soil. The rate of germination of sorghum seeds, as determined according to GOST 12038-84, increased with an increase in seed size for all experimental groups. However, there is a trend towards a decrease in germination when carbamide is applied to seeds larger than 3.6 millimeters, regardless of nitrogen availability in the soil. Only the smallest seeds, less than 3 millimeters in size, responded positively to the near-sowing addition of nitrogen.

The morphometric characteristics of the seedlings clearly demonstrated a predominance of the «Krust» variety, yet failed to reveal any varietal distinctions in response to carbamide application. It was determined that under conditions involving the use of calibrated seeds for sowing, the application of carbamide as an in-furrow nitrogen fertilizer did not provide the seedlings with significant advantages in their development. The impact of this factor primarily affected the stem length, accounting for 52% of the total influence, while the germination vigor, germination rate, and root length were primarily influenced by the seed size fraction, accounting for 78.3%, 61.9%, and 32.5% of the respective impacts. No varietal differences were observed in the studied parameters; however, the interaction of the «grade» factor with other experimental variables had the most substantial impact on the length and weight of the roots. The assessment of the growth potential of a crop based on its response to soil nutrient availability can serve as a tool for zoning, evaluating the feasibility of cultivation, and the selective breeding of valuable varieties of grain sorghum.

Key terms: grain sorghum, germination of seeds, fractions of grain, length of roots and seedlings.