

К ВОПРОСУ О РОЛИ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СОРГО ЗЕРНОВОГО

Г. В. Седукова

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Являясь ценной пищевой и кормовой культурой, сорго, в силу своих биологических особенностей, способно сформировать достаточно высокие урожаи зеленой массы и зерна. Более чем в 80 странах мира возделывают сорго. В некоторых странах данной культуре принадлежит доминирующая роль. Самые большие посевные площади расположены в Индокитае (27 млн га), Африке (15,5 млн га), Северной и Южной Америке (4,5–5 млн га). В России во времена СССР посевные площади сорго занимали 110–140 тыс. га. После распада страны площади под сорго были сокращены [1].

В настоящее время сорго возделывается в 14 регионах Российской Федерации. Около 31,5 % от общих посевных площадей сорго в России сосредоточено в Ростовской области. Крупные посевные площади находятся также в Саратовской, Волгоградской, Оренбургской и Самарской областях. На территории России в Государственный реестр селекционных достижений включены более 40 сортов сорго, допущенных к использованию [2].

Ценность культуры возрастает в районах, в которых другие основные культуры не обеспечивают высоких урожаев из-за засушливого климата. Отличительной особенностью сорго является теплолюбивость, очень высокая засухоустойчивость. Последние исследования показали, что за десятилетие (2009–2018 гг.) отмечается рост температуры воздуха в весенний и летний периоды по всем областям Беларуси. Особенно активно данный процесс наблюдается в Гомельской области [3]. За указанное выше десятилетие в Гомельской области отмечаются самые высокие средние температуры за весенний (8,8 °С) и летний (19,5 °С) периоды [4].

Изменение климатических условий обуславливает снижение урожайности распространенных сельскохозяйственных культур в южном регионе страны. Следовательно, возникает необходимость посевов культур, способных выдерживать высокие температуры воздуха и недостаточное увлажнение почвы. Целесообразно вводить в севооборот культуры, использовать которые возможно, по мере необходимости как на зерно, так и на зеленую массу. В качестве таковой культуры рассматривается сорго зерновое. Генетический потенциал культуры проявляется при возделывании на почвах с оптимальными агрохимическими показателями.

Для установления отзывчивости изучаемой культуры на изменение агрохимических показателей почв проведены научные исследования, результаты которых представлены в статье.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2021–2023 гг. на дерново-подзолистых супесчаных почвах в Брагинском и Ветковском районах Гомельской области. Опыты проводились в 3-кратной повторности с общей площадью делянок 10 м², учетной – 4 м². Для оценки влияния агрохимических показателей почвы на урожайность зеленой массы культуры в исследованиях, результаты которых представлены в данной статье, использованы варианты без внесения удобрений. Таким образом оценивалась урожайность, полученная за счет плодородия почвы. Для анализа отбирались сопряженные пробы почвы и растений сорго. Учет урожайности зеленой массы сорго зернового (Славянское поле СЛВ 15) проводили в фазу начала выметывания (НВМ) (первая фаза укосной спелости) и в фазу молочно-восковой спелости (МВС) (вторая фаза укосной спелости). Уборку урожая осуществляли поделочно со взвешиванием зеленой массы с учетной площади. Зеленую массу, убранную в фазу НВМ, используют в качестве зеленых кормов в летний период, убранную в фазу МВС – как в качестве подкормки, так и для заготовки кормов на зимне-стойловый период.

Почва пахотного горизонта характеризовалась различными агрохимическими показателями. Содержание гумуса в пахотном горизонте почвы полевых экспериментов изменялось в широком диапазоне – от 1,5 до 3,6 %. Интервал вариабельности обменной кислотности почвы составил 5,2–7,1 ед. Содержание подвижных форм калия (K₂O) варьировало от 46 до 432 мг/кг почвы, фосфора (P₂O₅) – от 130 до 468 мг/кг почвы. Широкий диапазон варьирования агрохимических показателей обеспечил возможность изучения реакции культуры при возделывании на почвах, относящихся к разным группам обеспеченности K₂O и P₂O₅ и градаций по уровню гумусированности и кислотности [5], а также установить их роль в формировании продуктивности зеленой массы сорго зернового и количественные параметры изменения урожайности.

Агрохимические показатели почвы определяли по общепринятым методикам: обменная кислотность – потенциметрическим методом [6], содержание гумуса – по Тюрину в модификации ЦИНАО [7], подвижных форм фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО [8].

Вегетационные периоды в годы проведения исследований характеризовались недостаточным количеством осадков. Гидротермический коэффициент (ГТК), определяющий условия увлажнения в период роста и развития растений, составлял в первый год исследований 1,3, во второй – 0,9, в третий – 0,8. В соответствии с классификацией зон увлажнения по ГТК сорго зерновое возделывалось в засушливых условиях (слабозасушливые в 2021 г. и засушливые в 2022 и 2023 гг.).

Роль агрохимических показателей в формировании урожайности зеленой массы культуры в разные фазы укосной спелости выполняли путем множественной корреляции. Оценку тесноты связи проводили по частным (r) и множественному (R) коэффициентам корреляции.

Для оценки силы корреляционной связи использована шкала Чеддока, в соответствии с которой при коэффициенте корреляции r от 0,1 до 0,3 – связь характеризуется как слабая; при r от 0,3 до 0,5 – умеренная; от 0,5 до 0,7 – заметная; от 0,7 до 0,9 – высокая; от 0,9 до 1,0 – весьма высокая (сильная).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность зеленой массы сорго зернового в фазу НВМ изменялась от 175 до 427 ц/га и среднем за годы исследований находилась на уровне 322 ц/га. Урожайность зеленой массы в фазу МВС в 1,4 раза выше, чем в первую укосную спелость. Интервал варибельности сбора зеленой массы во вторую укосную спелость составил 269–635 ц/га. Усредненное значение урожайности зеленой массы сорго зернового в фазу МВС зерна находилась на уровне 457 ц/га. Различия между урожайностью в фазу НВМ и фазой МВС изменялись от 95 до 208 ц/га и в среднем составили 135 ц/га.

В результате проведения корреляционного анализа, где в качестве резульативного признака выступила урожайность сорго зернового в фазы НВМ и МВС, а в качестве факториальных – обменная кислотность, содержание гумуса, содержание подвижных форм калия и фосфора, установлены частные и множественный коэффициенты корреляции. Частные коэффициенты корреляции (r), свидетельствуют о степени сопряженности двух показателей, а множественный (R) – между совокупностью показателей.

Определено, что между урожайностью зеленой массы и агрохимическими показателями почвы существует высокая связь (рис. 1).

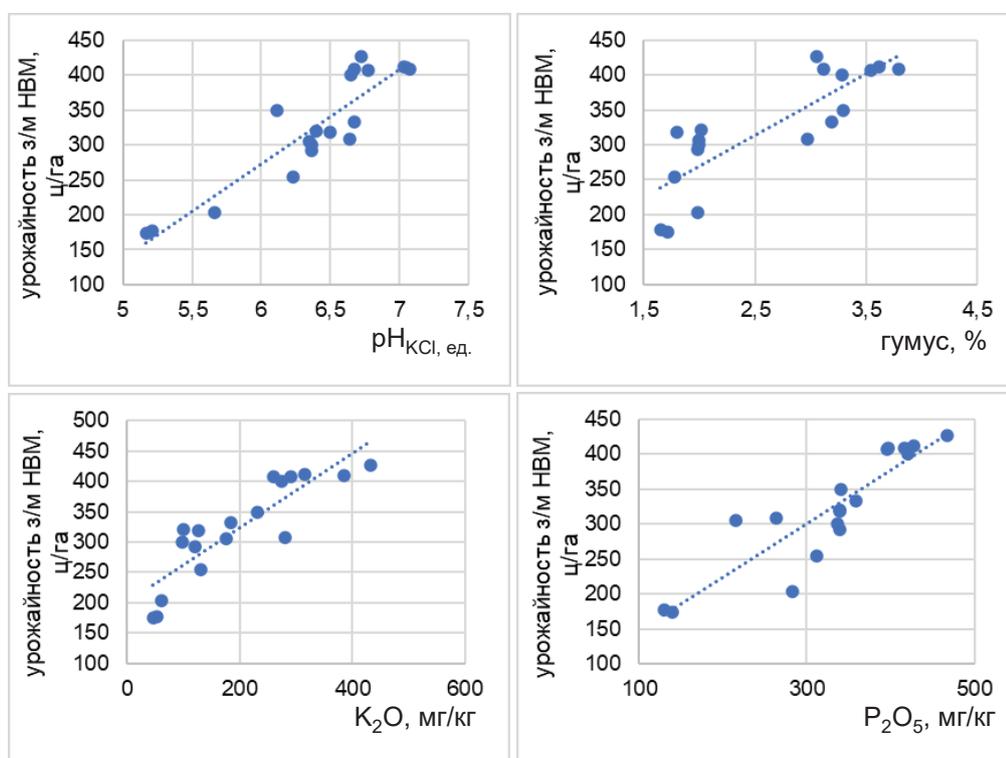


Рис. 1. Связь урожайности зеленой массы в фазу начала выметывания метелки сорго зернового с агрохимическими показателями почвы

Коэффициенты корреляции r , показывающие связь между урожайностью зеленой массы культуры в фазу НВМ и агрохимическими показателями почвы, а также уравнения регрессии, описывающие данные зависимости представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели, характеризующие связь между урожайностью зеленой массы сорго зернового в фазу НВМ и агрохимическими показателями почвы

Показатель	Коэффициент корреляции	Уравнение регрессии
pH_{KCl}	0,90	$y = 135,75x - 541,75$
Содержание K_2O	0,87	$y = 0,61x + 201,38$
Содержание P_2O_5	0,89	$y = 0,77x + 69,09$
Содержание гумуса	0,83	$y = 87,86x + 93,83$

На основании анализа представленных уравнений регрессии парной корреляции свидетельствует о том, что при изменении кислотности на 0,1 ед. урожайность зеленой массы НВМ культуры увеличится на 13,6 ц/га. При повышении K_2O и P_2O_5 на 10 мг/кг почвы урожайность повысится на 6,1 ц/га и 7,7 ц/га соответственно. Увеличение содержания гумуса в почве на 0,1 % обеспечит рост сбора зеленой массы в первую укосную спелость сорго на 8,8 ц/га.

Между урожайностью зеленой массы в фазу МВС и агрохимическими показателями также прослеживается высокая корреляционная зависимость (рис. 2, табл. 2).

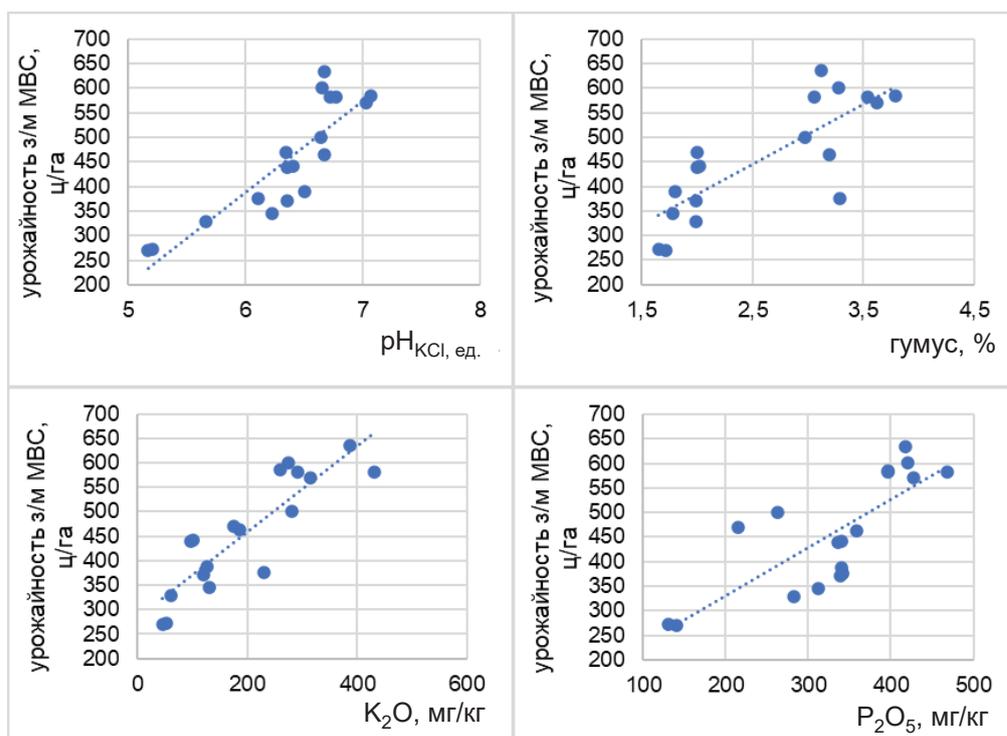


Рис. 2. Связь урожайности зеленой массы в фазу молочно-восковой спелости зерна сорго зернового с агрохимическими показателями почвы

Таблица 2

Показатели, характеризующие связь между урожайностью зеленой массы сорго зернового в фазу МВС и агрохимическими показателями почвы

Показатель	Коэффициент корреляции	Уравнение регрессии
pH _{KCl}	0,86	$y = 187,00x - 733,35$
Содержание K ₂ O	0,88	$y = 0,88x + 282,23$
Содержание P ₂ O ₅	0,79	$y = 0,98x + 135,25$
Содержание гумуса	0,80	$y = 122,05x + 139,49$

Анализ уравнений регрессии парной корреляции свидетельствует о том, что при увеличении значения pH на 0,1 ед. урожайность зеленой массы МВС культуры вырастет на 18,7 ц/га. При повышении K₂O на 10 мг/кг почвы урожайность повысится на 8,8 ц/га. При повышении P₂O₅ на 10 мг/кг почвы урожайность повысится на 8,8 ц/га. Увеличение гумусированности почвы на 0,1 % обеспечит рост сбора зеленой массы в данную фазу развития сорго на 12,2 ц/га.

Проведя анализ множественной корреляционной связи, установлены уравнения регрессии, описывающие изменение урожайности (y) в разные фазы укосной спелости при варьировании всех изучаемых показателей. Так, уравнения множественной корреляции имеют следующий вид:

– в фазу НВМ: $y = -162,956 + 50,499 \text{ pH} + 0,206 \text{ K}_2\text{O} + 0,251 \text{ P}_2\text{O}_5 + 15,509 \text{ гумус}$;

– в фазу МВС: $y = -304,433 + 99,792 \text{ pH} + 0,478 \text{ K}_2\text{O} - 0,019 \text{ P}_2\text{O}_5 + 14,480 \text{ гумус}$.

Используя выше представленные уравнения регрессии, рассчитаны количественные параметры изменения урожайности сорго зернового при изменении показателей, характеризующих основные агрохимические свойства почвы. Так, при одновременном повышении уровня гумусированности почвы на 0,1 %, содержания в почве K₂O и P₂O₅ на 20 мг/кг почвы и подщелачивании на 0,1 ед. урожайность зеленой массы в фазу НВМ увеличится на 16 ц/га, в фазу МВС зерна – на 21 ц/га. При сохранении уровня содержания гумуса, подвижных форм калия и фосфора в почве, но изменении pH_{KCl} на 0,1 ед. рост урожайности в фазу НВМ составит 5 ц/га, в фазу МВС – 10 ц/га. При сохранении кислотности почвы и содержания в ней K₂O и P₂O₅, но изменение гумусированности на 0,1 % рост урожайности в фазу НВМ составит 2 ц/га, в фазу МВС – всего 1,5 ц/га. Увеличение содержания K₂O на 10 мг/кг почвы при неизменных остальных показателях способствует повышению урожайности зеленой массы в первую укосную спелость на 2 ц/га, во вторую – на 5 ц/га. Увеличение содержания подвижных форм фосфора на 10 мг/кг почвы при сохранении остальных показателей обеспечит рост урожайности зеленой массы в первую укосную спелость на 3 ц/га, и останется без изменений во вторую фазу укосной спелости.

Установленные уравнения регрессии позволяют выполнить прогноз урожайности зеленой массы сорго зернового в разные фазы уборочной спелости при возделывании культуры на дерново-подзолистых супесчаных почвах с различными агрохимическими показателями.

Для проверки правильности прогноза выполнена сравнительная оценка фактической и прогнозной урожайности зеленой массы (рис. 3).

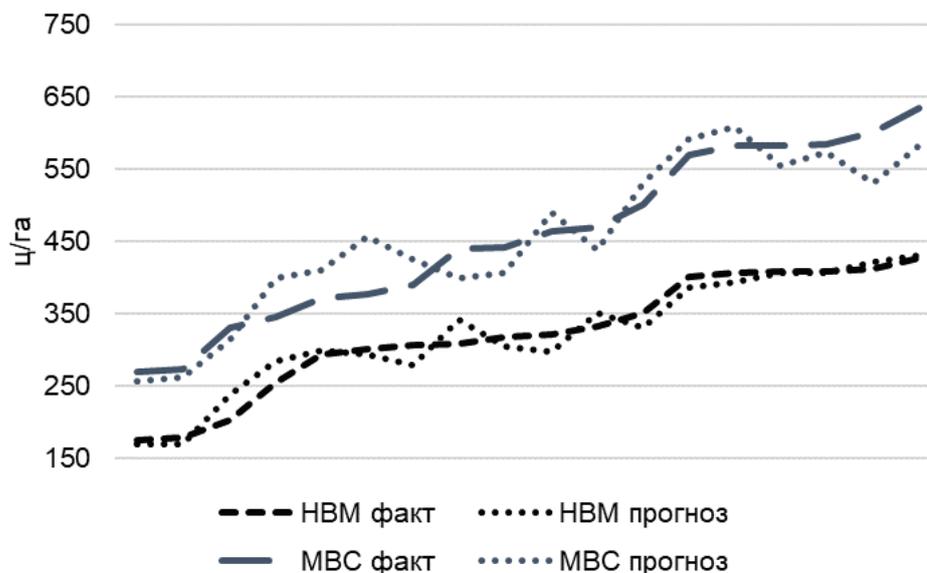


Рис. 3. Графическое представление фактической и прогнозной урожайности зеленой массы сорго зернового

Точность прогноза урожайности зеленой массы в фазу НВМ при варьировании агрохимических показателей почвы составила 95 %, в фазу МВС зерна – 92 %, что позволяет утверждать об адекватности модели и возможности ее использования для определения наиболее вероятных значений изучаемого параметра.

Согласно прогнозным расчетам, оптимизация агрохимических показателей почвы (pH_{KCl} близкая к нейтральной, содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия – повышенное) обеспечит рост сбора зеленой массы в фазу НВМ с гектара посевов 200 ц/га, по сравнению с урожайностью изучаемой культуры на почвах со среднекислой реакцией среды и остальными агрохимическими показателями, входящими в группу с низким содержанием. Рост сбора зеленой массы с гектара посевов в фазу МВС, при указанных выше условиях возделывания культуры, составит 254 ц/га.

ВЫВОДЫ

На урожайность зеленой массы сорго зернового существенное влияние оказывают основные агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы. Установлена высокая корреляционная связь между урожайностью зеленой массы в фазу начала выметывания и в фазу молочно-восковой спелости зерна с основными агрохимическими показателями дерново-подзолистой супесчаной почвы.

Проведенный анализ множественной корреляционной связи позволил установить уравнения регрессии, описывающие изменение урожайности в разные фазы укосной спелости при варьировании агрохимических показателей почвы:

– в фазу начала выметывания: $y = -162,956 + 50,499 pH + 0,206 K_2O + 0,251 P_2O_5 + 15,509$ гумус;

– в фазу молочно-восковой спелости: $y = -304,433 + 99,792 pH + 0,478 K_2O - 0,019 P_2O_5 + 14,480$ гумус.

Это позволило определить количественные параметры изменения урожайности зеленой массы сорго зернового в разные фазы укосной спелости при варьировании обменной кислотности, уровня гумусированности, содержания подвижных форм фосфора и калия. Наибольшее изменение в сборе зеленой массы культуры с единицы площади обуславливает варьирование обменной кислотности почвы.

Установленные уравнения регрессии позволяют выполнить прогноз урожайности зеленой массы сорго зернового в разные фазы уборочной спелости при возделывании культуры на дерново-подзолистых супесчаных почвах с различными агрохимическими показателями. Проведенная проверка фактической и прогнозной урожайности зеленой массы сорго показала, что точность прогноза в фазу НВМ составила 95 %, в фазу МВС зерна – 92 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабушев, А. В. Технологические приемы возделывания и использования сорго / А. В. Алабушев. – Ростов-на-Дону, 2007. – 224 с.
2. Абрамова, А. В. Перспективы и проблемы использования сорго для создания безглютеновой продукции / А. В. Абрамова, Т. В. Меледина, Р. А. Фёдорова // Известия СПбГАУ. – 2016. – № 42. – С.72–77.
3. Мельник, В. И. Основные результаты мониторинга изменения климата на территории Республики Беларусь / В. И. Мельник // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Брест, 6–8 апреля 2016 г. : в 2 частях / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Брестский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды, Брестмелиоводхоз; под ред. А. А. Волчека [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2016. – Часть 1. – С. 230–237.
4. Оценка влагозапасов и повторяемости почвенных засух на территории белорусского Полесья в период современного потепления климата / В. И. Мельник, И. В. Буяков, Н. Г. Пискунович [и др.] // Природные ресурсы. – 2020. – № 2. – С.104–114.
5. Справочник агрохимика / В. В. Лапа, Н. Н. Цыбулько, М. В. Рак [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. В. В. Лапа. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
6. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН по методу ЦИНАО. – Введ. 01.07.1986. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.
7. ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.1993. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
8. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.1993. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.

**TO THE QUESTION OF THE ROLE OF AGROCHEMICAL INDICATORS
OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL IN THE FORMATION OF THE
PRODUCTIVITY OF GREEN MASS OF GRAIN SORGHUM**

G. V. Sedukova

Summary

The article presents data on the yield of green mass of grain sorghum harvested in the phase of the beginning of panicle and milky-wax ripeness of grain. The variability of the yield of green mass is shown with varying the main agrochemical parameters of sod-podzolic sandy loam soil. The regression equations are presented that describe the pair and multiple correlation of the yield of green mass in both phases of mowing maturity with the exchangeable acidity of the soil, the content of humus, mobile forms of potassium and phosphorus. The quantitative parameters of the change in yield with an increase in the level of soil humus content, the content of P_2O_5 and K_2O , and a decrease in the reaction of the soil environment are given.

Поступила 01.11.24