

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СОРГО ЗЕРНОВОГО

Г. В. СЕДУКОВА

Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»,
г. Гомель, Республика Беларусь, 246007

(Поступила в редакцию 04.09.2024)

Представлены данные по урожайности зеленой массы сорго зернового, возделываемого на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимические показатели почвы варьировали в широком диапазоне. Обменная кислотность почвы изменялась от 5,17 до 7,07 ед., содержание гумуса варьировало в пределах 1,48–3,16 %, содержание подвижных форм калия и фосфора, соответственно, от 46 до 432 мг/кг почвы и от 130 до 468 мг/кг почвы. Установлено, что урожайность зеленой массы сорго зернового, убранного в фазу начала выметывания, изменялась за годы исследований от 174,5 до 427,0 ц/га при среднем значении 322,3 ц/га, в фазу молочно-восковой спелости зерна – от 269,4 ц/га до 635,0 ц/га, при среднем значении 456,9 ц/га. Отмечалась значительная изменчивость (на уровне 24 %) урожайности за все годы исследований.

Установлены частные корреляционные связи между обменной кислотностью дерново-подзолистой супесчаной почвы, содержанием в ней гумуса, подвижных соединений калия и фосфора с одной стороны и урожайностью зеленой массы сорго зернового, убранного в фазу начала выметывания и в фазу молочно-восковой спелости зерна, с другой стороны. Криволинейная корреляционная связь между урожайностью зеленой массы как в фазу начала выметывания, так и в фазу молочно-восковой спелости зерна, и обменной кислотностью почвы описывается экспоненциальной зависимостью. Корреляционное отношение, показывающее силу рассматриваемых зависимостей, составляет 0,98. Логарифмическая зависимость урожайности в фазу начала выметывания от уровня гумусированности почвы имеет корреляционное отношение 0,92, в фазу молочно-восковой спелости зерна – 0,87. Определено, что по мере увеличения уровня содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве приращение урожайности снижается. Связь между содержанием в почве подвижных форм калия и урожаем зеленой массы описывается также логарифмической зависимостью (корреляционное отношение 0,94). Установлена экспоненциальная зависимость урожайности зеленой массы сорго зернового от содержания в почве подвижных форм фосфора (корреляционное отношение 0,95 в фазу начала выметывания, 0,93 в фазу молочно-восковой спелости зерна). В статье показаны уравнения регрессии, описывающие зависимости между изучаемыми показателями.

На основании результатов исследований возможно определить научно обоснованные оптимальные значения основных агрохимических показателей. Используя уравнения, обеспечивается возможность прогнозировать урожайность зеленой массы культуры в разные фазы укосной спелости при изменении агрохимических показателей.

Ключевые слова: дерново-подзолистая супесчаная почва, сорго зерновое, урожайность зеленой массы, агрохимические показатели почвы, корреляционная связь

The article presents data on the green mass yield of grain sorghum cultivated on sod-podzolic sandy loam soil. Agrochemical parameters of the soil varied widely. Exchangeable soil acidity varied from 5.17 to 7.07 units, humus content varied within 1.48–3.16 %, content of mobile forms of potassium and phosphorus varied from 46 to 432 mg/kg of soil and from 130 to 468 mg/kg of soil, respectively. It was found that the green mass yield of grain sorghum harvested at the beginning of earing phase varied over the years of research from 17.45 to 42.70 t/ha with an average value of 32.23 t/ha, in the milky-wax ripeness phase of grain – from 26.94 t/ha to 63.50 t/ha, with an average value of 45.69 t/ha. A significant variability (at the level of 24 %) of the yield was noted over all the years of research.

Particular correlations were established between the exchange acidity of sod-podzolic sandy loam soil, the content of humus, mobile compounds of potassium and phosphorus in it, on the one hand, and the yield of green mass of grain sorghum harvested in the phase of the beginning of panicle formation and in the phase of milky-wax ripeness of grain, on the other hand. The curvilinear correlation between the yield of green mass both in the phase of the beginning of panicle formation and in the phase of milky-wax ripeness of grain, and the exchange acidity of the soil is described by an exponential dependence. The correlation ratio showing the strength of the dependencies under consideration is 0.98. The logarithmic dependence of the yield in the phase of the beginning of panicle formation on the level of soil humus content has a correlation ratio of 0.92, in the phase of milky-wax ripeness of grain – 0.87. It has been determined that as the humus content in sod-podzolic sandy loam soil increases, the yield increase decreases. The relationship between the content of mobile forms of potassium in the soil and the yield of green mass is also described by a logarithmic dependence (correlation ratio 0.94). An exponential dependence of the yield of green mass of grain sorghum on the content of mobile forms of phosphorus in the soil has been established (correlation ratio 0.95 in the phase of the beginning of earing, 0.93 in the phase of milky-wax ripeness of grain). The article shows regression equations describing the relationships between the studied indicators.

Based on the research results, it is possible to determine scientifically substantiated optimal values of the main agrochemical indicators. Using the equations, it is possible to predict the yield of green mass of the crop in different phases of mowing maturity with changes in agrochemical indicators.

Key words: sod-podzolic sandy loam soil, grain sorghum, green mass yield, agrochemical soil parameters, correlation relationship.

Введение

В южном регионе республики нарастает проблема роста засушливых явлений, в результате которых произрастающие растения остро ощущают недостаток влаги в период вегетации. Наблюдается снижение запасов продуктивной влаги в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте. Повышение среднегодовой температуры воздуха, снижение количества осадков обуславливает превышение испа-

ряемости влаги над ее поступлением [1, с. 106, с. 110]. Все это приводит к снижению продуктивности посевов за счет гибели или повреждения сельскохозяйственных культур.

Одной из мер, направленных на адаптацию к изменениям климата, является введение в севооборот новых культур [2, с. 6], приспособленных к засушливым условиям и способных при этом обеспечить хорошую продуктивность. Среди засушливых культур рассматривается сорго, характерной биологической особенностью которого является засухоустойчивость. За счет воскового налета, которым покрыты листья и стебли растений сорго, наблюдается снижение испарения [3]. Транспирационный коэффициент у сорго находится на уровне 150–200. В качестве объекта исследования выбрано сорго зерновое, которое можно использовать как на зеленую массу, в которой содержится в среднем 0,7 к.ед., около 11 % сырого протеина, 1,5 % жира, около 8 % углеводов [4], так и для получения зерна, содержание кормовых единиц в котором находится на уровне 1,1, протеина 11,4 %.

Одним из элементов технологии является подбор участков для размещения культуры. Известно, что для каждой культуры (группы культур) существует оптимальный уровень агрохимических показателей, обеспечивающий реализацию ее потенциала. Так, например, оптимальными уровнями содержания подвижных форм фосфора и калия для севооборотов с преобладанием зерновых культур, многолетних и однолетних трав, возделываемых на дерново-подзолистых супесчаных почвах, является 150–250 мг/кг почвы и 200–250 мг/кг почвы соответственно [справочник агрохимика]. Исследованиями В. Б. Воробьева установлено, что оптимальное содержание гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве для ячменя находится в интервале от 1,90 до 2,20 %, для озимой ржи – в интервале от 1,80 до 2,30 % [5]. По данным В. А. Борисова, оптимальное количество гумуса в почвах для овощей находится на уровне 2,5–3,5 % [6].

Учитывая, что сорго для Беларуси является относительно новой культурой, для ее рационального использования в производстве необходимо установить закономерности изменения урожайности культуры при различных агрохимических показателях почвы, которые, в последующем, будут являться научной основой для разработки рекомендаций по размещению культуры и применению удобрений. В связи с этим, целью исследований являлось установить влияние агрохимических показателей дерново-подзолистой супесчаной почвы на урожайность сорго зернового.

Основная часть

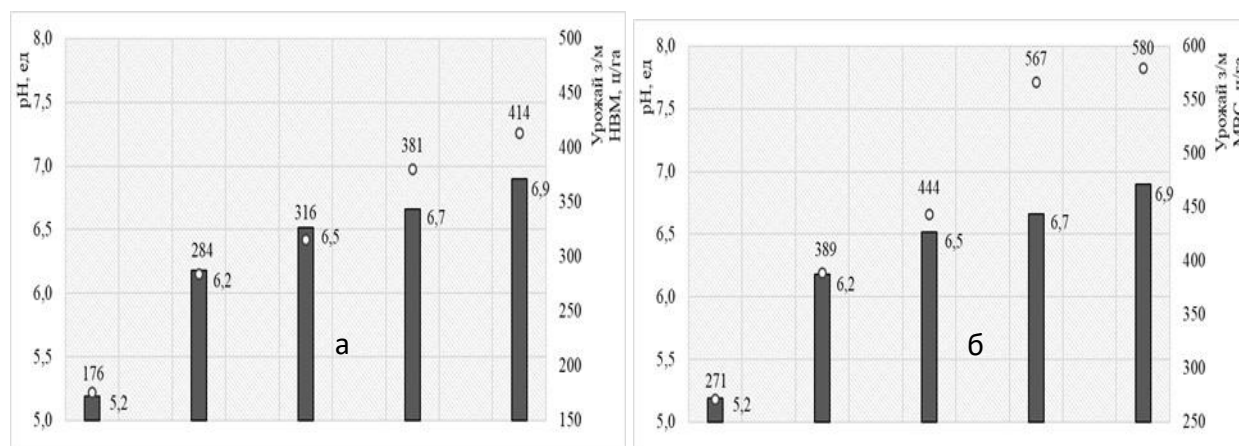
Исследования проводились путем постановки полевых опытов [7] на дерново-подзолистой супесчаной почве в 2021–2023 годах. Для установления количественных параметров изменения урожайности зеленой массы в разные фазы укосной спелости влияния сорго зернового культуру возделывали на почвах, характеризующихся различными агрохимическими показателями. Так, обменная кислотность почвы изменялась в диапазоне 5,17–7,07 ед., содержание гумуса варьировало в пределах 1,48–3,16 %, содержание подвижных форм калия и фосфора – соответственно, от 46 до 432 мг/кг почвы и от 130 до 468 мг/кг почвы. Содержание в почве гумуса определяли по Тюрину в модификации ЦИ-НАО [8], подвижных форм калия и фосфора – по Кирсанову [9], обменную кислотность – потенциометрическим методом [10].

Высевали сорго зерновое (сорт «Славянское поле СЛВ 3») ширококородно с шириной междурядий 45 см. Посев проводился в начале третьей декады мая. Норма высева сорго зернового – 15 кг/га (500 тыс. шт/га). Повторность опыта 3-кратная, общая площадь делянки составляла 10 м², учетная – 4 м². Уборку культуры проводили в конце июля – начале августа в период наступления фазы начала выметывания (НВМ) и во 2–3 декаде сентября при достижении фазы молочно-восковой спелости (МВС) зерна. При установлении влияния агрохимических показателей почвы учитывалась урожайность сорго зернового, полученная за счет естественного плодородия почвы. Урожайность учитывали с учетной площади делянок с последующим пересчетом на гектар. Влияние изучаемых факторов и количественные показатели изменчивости результирующего показателя устанавливали путем корреляционного и регрессионного анализов.

Урожайность зеленой массы, убранной в фазу НВМ, за годы исследований варьировала от 174,5 до 427,0 ц/га при среднем значении 322,3 ц/га, в фазу МВС – от 269,4 ц/га до 635,0 ц/га, при среднем значении 456,9 ц/га. Изменчивость урожайности за все годы исследований находилась на уровне 24 %, что позволяет говорить о значительной изменчивости данного показателя, обусловленной различными влияющими факторами. Рассматривая урожайность зеленой массы культуры в отдельные годы, отмечено, что в 2021 году коэффициент вариации был наибольшим (около 40 %), а в 2022 году – наименьшим (около 15 %).

На основании анализа установлена криволинейная корреляционная связь между урожайностью зеленой массы и уровнем обменной кислотности почвы (рис. 1). Изменение урожайности зеленой мас-

сы в фазу НВМ при различной обменной кислотности почвы описывается экспоненциальной зависимостью уравнением $Y=13,097e^{0,4987x}$, в фазу МВС – уравнением $Y=24,835e^{0,4548x}$. Корреляционное отношение, показывающее силу рассматриваемых криволинейных зависимостей, составляет 0,98.



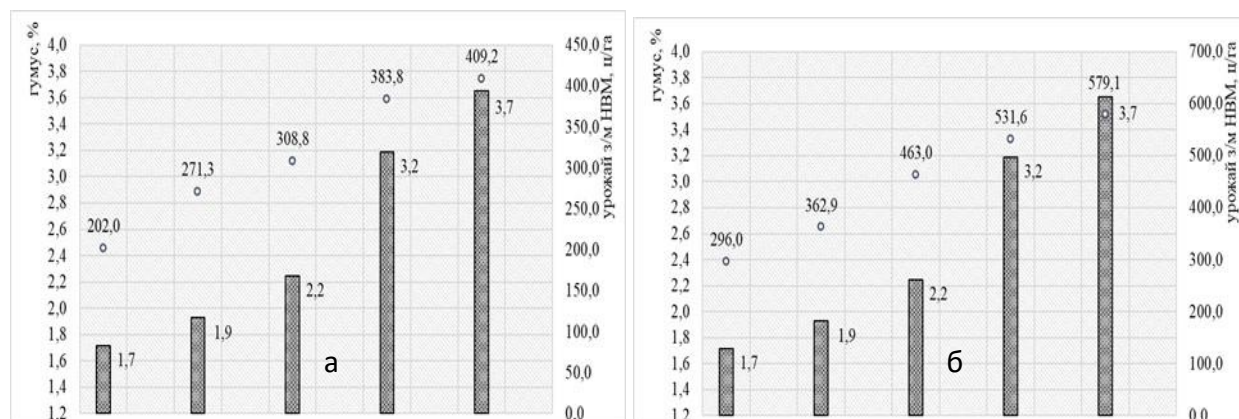
где: ■ pH_{кис}, ед.

○ урожайность з/м сорго зернового в фазу НВМ (а) и в фазу МВС (б), ц/га

Рис. 1. Графическое представление криволинейной корреляционной связи между урожайностью зеленой массы сорго зернового и обменной кислотностью почвы

Между урожайностью зеленой массы и содержанием в почве гумуса также отмечена криволинейная корреляционная связь. На рис. 2 представлено графическое представление изменения урожайности зеленой массы в фазу НВМ (а) и МВС (б). Уравнение логарифмической зависимости, описывающее связь урожайности в фазу НВМ с уровнем гумусированности почвы, имеет следующий вид: $Y=254,55\ln(x)+87,949$ при корреляционном отношении 0,92. На основании установленной криволинейной зависимости определено, что по мере увеличения уровня содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве приращение урожайности снижается. Так, при увеличении содержания гумуса от 1,7 % до 2,2 % каждый 0,1 % гумусированности сопровождается ростом урожайности зеленой массы в фазу НВМ 20 ц/га. В диапазоне 2,2–3,2 % гумуса, повышение показателя на 0,1 % обеспечивает рост урожайности зеленой массы в первую укосную спелость культуры на 8 ц/га. А при дальнейшем повышении гумуса до 3,7 % – всего на 5 ц/га.

Зависимость урожайности в фазу МВС от уровня гумусированности почвы можно представить уравнением $Y=351,15\ln(x)+133,29$ (корреляционное отношение 0,87). Количественные параметры изменения урожая зеленой массы МВС при варьировании уровня гумусированности почвы имеют следующие значения: в диапазоне содержания гумуса 1,7–2,2 % каждый 0,1 % гумусированности сопровождается ростом урожайности зеленой массы 32 ц/га, в диапазоне 3,2–3,7 % – около 10 ц/га.



где: ■ содержание гумуса, %.

○ урожайность з/м сорго зернового в фазу НВМ (а) и в фазу МВС (б), ц/га

Рис. 2. Графическое представление криволинейной корреляционной связи между урожайностью зеленой массы сорго зернового и содержанием в почве гумуса

Оценка влияния содержания в почве подвижных форм K_2O на урожайность зеленой массы сорго зернового показала наличие сильной корреляционной связи между данными показателями (рис. 3).

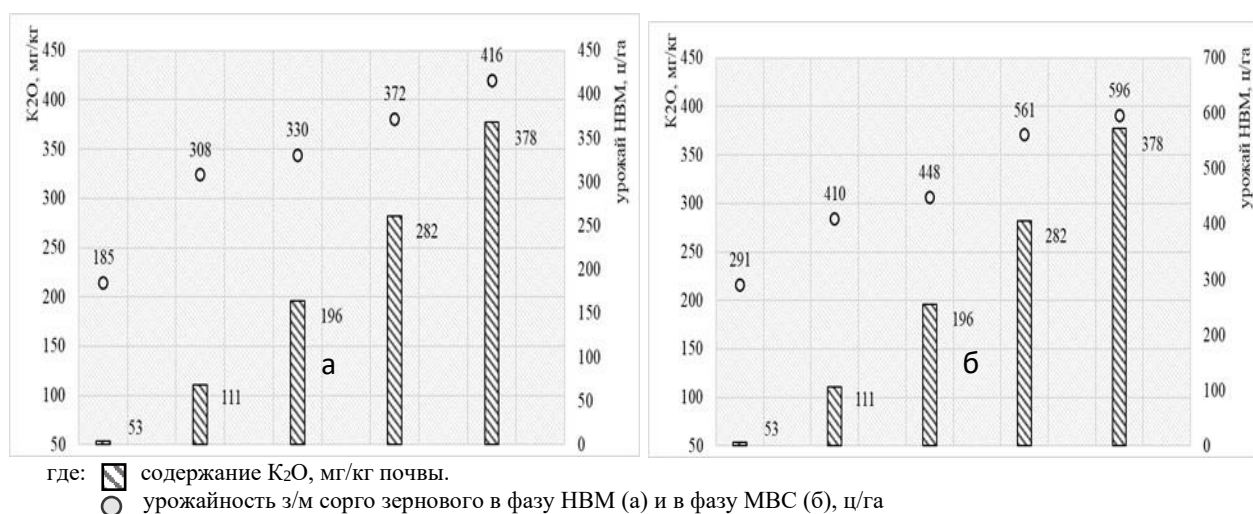


Рис. 3. Графическое представление криволинейной корреляционной связи между урожайностью зеленой массы сорго зернового и содержанием в почве подвижных форм калия

Связь между содержанием в почве подвижных форм калия и урожаем зеленой массы в фазу НВМ описывается логарифмической зависимостью $Y=109,35\ln(x)-236,35$ при корреляционном отношении 0,95, в фазу МВС – $Y=154,17\ln(x)-326,32$ при корреляционном отношении 0,94. Увеличение содержания калия в почве с 53 мг/кг до 378 мг/кг почвы обеспечивает рост урожайности зеленой массы в первую укосную спелость с 185 до 416 ц/га, во вторую – с 291 до 596 ц/га. Однако интенсивность прироста урожая при различном уровне обеспеченности почвы калием не одинакова. Так, на уровне 53–111 мг/кг почвы – повышение на каждые 10 мг/кг способствует росту зеленой массы в фазу НВМ на 21 ц/га, в фазу МВС на 20,8 ц/га, а на уровне 282–378 мг/кг – всего на 3,6 ц/га.

Также установлена криволинейная связь между содержанием в почве подвижных форм фосфора и урожайностью зеленой массы сорго зернового (корреляционное отношение 0,95 в фазу НВМ, 0,93 в фазу МВС). Графическое представление экспоненциальных зависимостей представлено на рис. 4.

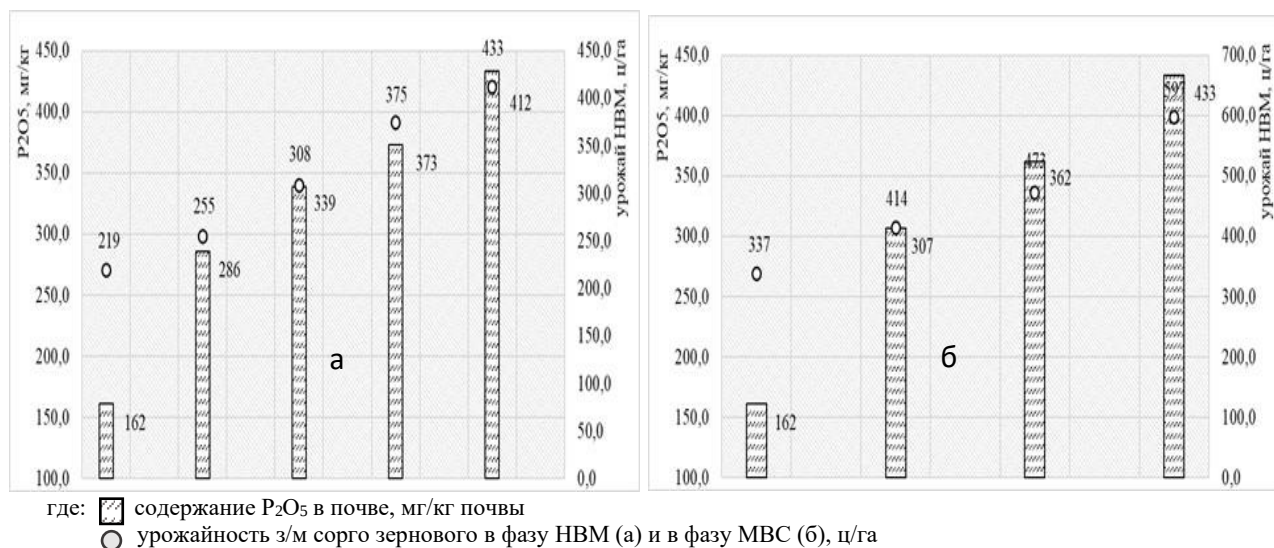


Рис. 4. Графическое представление криволинейной корреляционной связи между урожайностью з/м сорго зернового и содержанием в почве P_2O_5

Уравнения регрессии имеют вид: $Y=139,93e^{0,0025x}$ для урожая зеленой массы в фазу НВМ и $Y=139,93e^{0,0025x}$ для урожая зеленой массы в фазу МВС.

Заключение

На урожайность зеленой массы сорго зернового существенное влияние оказывают агрохимические показатели почвы. Установлена криволинейная корреляционная связь между урожайностью зеленой массы в фазу начала выметывания и в фазу молочно-восковой спелости зерна, с одной стороны, и основными

агрохимическими показателями (обменная кислотность, содержание гумуса, подвижных форм калия и фосфора) дерново-подзолистой супесчаной почвы, с другой. Корреляционная связь имеет криволинейный характер и описывается экспоненциальной или логарифмической зависимостью с корреляционными отношениями 0,87–0,98. Установлены уравнения, описывающие тренды изменения урожайности культуры в разные фазы укосной спелости при варьировании агрохимических показателей почвы. Используя уравнения, возможно прогнозировать количественные параметры изменения продуктивности сорго зернового при варьировании кислотности почвы, уровня гумусированности, а также содержания K_2O и P_2O_5 в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельник, В. И. Оценка влагозапасов и повторяемости почвенных засух на территории белорусского полесья в период современного потепления климата / В. И. Мельник, И. В. Буяков, Н. Г. Пискунович, Т. Г. Шумская // Природные ресурсы. – 2020. – №2. – С. 104–114.
2. Кураленя, А. А. Исследование мер по адаптации к изменениям климата / А. А. Кураленя, И. П. Наркевич // Экологический вестник. – 2008. – №2 (5). – С. 5–10.
3. Сорго. Технология выращивания [Электронный ресурс]. – URL: <https://farming.org.ua/Технология%20выращивания%20сорго%20farming.org.ua.html> (дата обращения: 24.08.2024).
4. Определение радиологического и зоотехнического качества зеленой массы и зерна. Пополнение базы данных по сорговым культурам: отчет о НИР (промеж., этап 3.4) / Ин-т радиобиол. НАН Беларуси; науч. рук. Г. В. Седукова. – Гомель, 2023. – 84 с. – № ГР 20213468.
5. Воробьев, В. Б. Трансформация гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под влиянием антропогенной нагрузки: автореф. дис. д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / В. Б. Воробьев; РНДУП «Ин-т почвоведения и агрохимии» – Минск, 2018. – 50 с.
6. Борисов, В. А. Система удобрения овощных культур / В. А. Борисов. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 392 с.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212-91. – Взамен ГОСТ 26212-84; введ. 1993-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
9. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207-91. – Взамен ГОСТ 26207-84; введ. 1993-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
10. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483-85. – Введ. 1986-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.