

УДК 631.8

DOI

ПОЛУЧЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ТОРФА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОГИДРОУДАРА И ОБОГАЩЕНИЕ ЕЕ АЗОТОМ**М. М. Нафиков¹⁾, Р. Р. Хузина¹⁾, Ман. Мак. Нафиков¹⁾, С. Г. Смирнов²⁾, Л. Г. Шашкаров³⁾**¹⁾Казанский (Приволжский) федеральный университет

420008, Казань, Российская Федерация

²⁾ФГБОУ ДПО «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса»,

420059, Казань, Российская Федерация

³⁾Чувашский государственный аграрный университет

428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены устройство и основные принципы работы устройства для получения гуминовых веществ и результаты получения гуминовых веществ из торфа низинного. Приведены ее технические характеристики и анализ получаемого конечного продукта. Раскрыта актуальность использования гуминовых веществ в условиях современного сельскохозяйственного производства. Гуматы в своей основе составляя основу гумуса почвы, влияют благотворно на физические и химические свойства, повышают содержание доступной влаги и воздухопроницаемость, снижают водную и воздушную эрозию почвы, которая определяют ее естественное плодородие. В Российской Федерации не существует массового производства специализированного оборудования для получения гуминовых веществ из торфа. Производители гуминовых веществ вынуждены для этих целей приспосабливать различные виды технологического оборудования. Полученные гуминовые вещества, обогащенные азотом, применяют для предпосевной обработки семян и посадочного материала, а также для корневых и некорневых подкормок. Также мы проводили исследования получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидроудара при разных напряжениях (15 кВ, 30 кВ, 60 кВ). В результате проведенных лабораторных исследований разработан способ получения гуминовых веществ из торфа методом электрогидроудара и устройство для его реализации, позволяющее получить продукт: с высоким содержанием гуминовых веществ – не менее 50 % ; с высоким содержанием азота – не менее 60%; без разрушения природной структуры гуминовых веществ, что установлено по ГОСТ Р 54221-2010 «Метод определения биологически активности гуминовых препаратов»; при минимальных затратах электроэнергии, что обусловлено отсутствием в представленной установке высокоэнергосъёмного оборудования; простой технологии, поскольку этот способ состоит из простых и общеизвестных действий – отстаивание, перемешивание, электрогидроудар. Полученные результаты доказывают, что применение мочи крупного рогатого скота позволяет получить гуминовые вещества с высоким содержанием азота, что позволит сельхозтоваропроизводителям избежать загрязнения продуктами жизнедеятельности крупного рогатого скота.

Ключевые слова: электрогидроудар, гуминовые вещества, низинный торф, моча крупного рогатого скота.

Введение. Современное сельскохозяйственное производство направлено на получение экологически чистой продукции, которая требует снижения применения химических удобрений и средств защиты растений. В то же время появилась необходимость утилизации всех отходов животноводства вплоть до сведения к минимуму жидких стоков.

Особо важным считается в органическом земледелии, применение гуминовых удобрений, которые важны как катализаторы биохимических процессов в почве. Внесенные гуминовые удобрения усиливают микробиологическую активность в пахотном слое почвы в год внесения и в последующие три года в севообороте [7,1,3,10].

Исследованиями доказано, что использование гуминовых удобрений в растениеводстве увеличивают урожайность культурных растений в среднем, от 10 до 25%, также улучшаются качественные показатели семян (всхожесть, энергия прорастания, сила роста), увеличивается масса корней и повышается качество получаемой продукции, за счет снижения нитратов и ядохимикатов [4,5,6].

Увеличение производства препаратов и удобрений на основе гуминовых веществ в Российской Федерации должно способствовать импортозамещению, а базой производства являются огромные запасы торфа, а также отходы жизнедеятельности сельскохозяйственных животных. В настоящее время известны химические и механические методы получения гуминовых веществ. Но применение химических недостаточно эффективно, так как меняется природная структура гуминовых веществ, а также невозможно получение конечного продукта с заданными характеристиками. А метод основанный на механическом воздействии для получения гуминовых веществ (ГВ) из торфа является ресурсозатратным и к тому же сложен технологически [2,9,12].

Целью наших исследований является получение гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидроудара и обогащение его азотом за счет использования в производстве (ГВ) мочи крупного рогатого скота (КРС).

Материалы и методы. Исследования проводились на базе Инженерного института ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» в лаборатории «Безопасность жизнедеятельности». В опытах изучался способ получения ГВ из низинного торфа методом электрогидродара с дальнейшим обогащением полученных гуминовых веществ азотом мочи КРС. В опытах использовали устройство для получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидродара [8].

Результаты исследований и их обсуждение.

Задачей наших исследований является разработка способа получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидродара и устройство для его реализации, позволяющее получить продукт:

- с высоким содержанием гуминовых веществ – не менее 50 %,
- с высоким содержанием азота – не менее 60%,
- без разрушения природной структуры гуминовых веществ,
- при минимальных затратах электроэнергии,
- консистенция раствора гуминовых веществ не позволяет засорять форсунки,
- простота технологии и технологической линии.

Решением задачи исследований является способ получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидродара, заключающийся в том, что на первом этапе в отстойник, который представляет собой емкость с опущенной в нее трубой, собирают мочу крупного рогатого скота и проводят ее предварительную очистку, которая включает отстаивание мочи от механических примесей при комнатной температуре; затем мочу перекачивают насосом через трубу отстойника в реактор-смеситель; на втором этапе из емкости для воды в реактор-смеситель закачивают воду насосом для перекачки воды в соотношении моча : вода = 1:1 и перемешивают смесь мочи с водой при комнатной температуре в течение 10-15 минут; на третьем этапе берут низинный торф, измельчают его до состояния микрочастиц, пересыпают измельченный низинный торф через воронку для насыпания низинного торфа в реактор-смеситель со смесью воды и очищенной мочи, полученной на втором этапе, в соотношении низинный торф : смесь воды и очищенной мочи = от 1:1 до 1:5, и перемешивают при температуре от +10 до +12 °С в течение 15-20 минут до достижения однородного состава; на четвертом этапе полученную однородную смесь перекачивают насосом для перекачки смеси из реактора-смесителя в емкость для электрогидродара с трансформатором с электродом, и подвергают электрогидродару, для чего на электроды трансформатора подают импульсное высоковольтное напряжение U от 15 до 60 кВ, при этом при возникновении электрического разряда возникает эффект кавитации с одновременным обеззараживанием смеси из торфа и получения гуминовых веществ, обработку проводят при комнатной температуре от 20 до 40 минут; на пятом этапе полученный продукт перекачивают насосом в центрифугу и выполняют центрифугирование со скоростью вращения 1500 об/мин в течение 6-7 минут с отделением от смеси жидкой фракции, состоящей из гуминовых веществ. Устройство для реализации способа по п.1, состоящее из следующих связанных между собой конструктивных элементов: отстойника, выполненного с опущенной в него трубой отстойника, далее насоса для перекачки жидких стоков из отстойника в реактор-смеситель, при этом параллельно к реактору-смесителю присоединена емкость для воды с насосом для перекачки воды; сверху реактора-смесителя выполнена роторно-дисковая установка с воронкой для насыпания низинного торфа в реактор-смеситель; далее к реактору-смесителю присоединен насос для перекачки смеси в емкость для проведения процесса электрогидродара с установленным на ней трансформатором с электродом; далее к емкости для проведения процесса электрогидродара подключен насос для перекачки смеси в центрифугу, выполненную с краном для слива жидкой фракции и краном для слива осадка в виде суспензии, при этом элементы заявленного устройства связаны между собой трубами.

На рисунке представлено устройство для получения гуминовых веществ с ее обогащением азотом мочи КРС.

Предлагаемый нами способ получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидродара, который состоит из нескольких, последовательно реализуемых этапов.

На первом этапе в отстойник 1, который представляет собой емкость с опущенной в нее трубой 3, собираются жидкие стоки (мочу КРС). В своем составе моча, как правило, содержит до 90% мочевины, которая содержит амидную форму азота - наиболее пролонгированную форму, что дает возможность обеспечивать азотным питанием растение в длинном вегетационном периоде. Проводили предварительную очистку жидких стоков, которая включает отстаивание в отстойнике 1 жидких стоков от механических примесей, (солома, песок, гравий и др.), при комнатной температуре в течение 60 минут.

Затем жидкие стоки перекачивали насосом 2 через трубу отстойника 3 в реактор-смеситель 8 с мешалкой, который представляет собой закрытую ёмкость объёмом, марки РВ-0,5.

На втором этапе из емкости для воды 4 в реактор-смеситель 8 закачивали насосом 5 воду в соотношении жидкие стоки (моча КРС): вода = 1:1 и перемешивали смесь жидких стоков с водой при комнатной температуре в течение 10-15 минут.

На третьем этапе брали низинный торф, измельчали его до состояния микрочастиц на роторно-дисковой установке 6, марки РДИ-2/350.

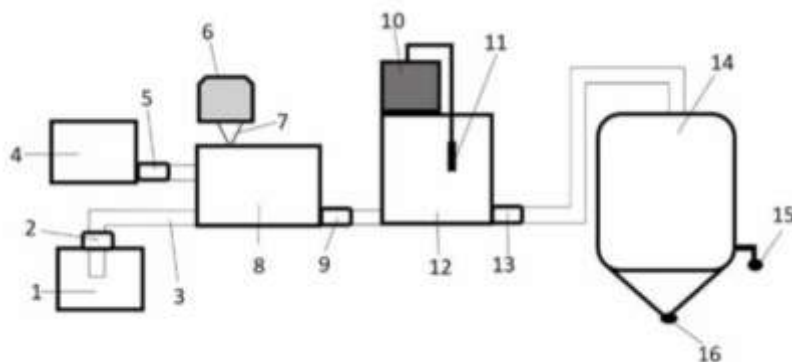


Рис. Устройство для получения гуминовых веществ с ее обогащением азотом мочи КРС.

- 1 – отстойник, 2 – насос для перекачки жидких стоков (мочи КРС) из отстойника, 3 – труба отстойника, 4 – емкость для воды, 5 – насос для перекачки воды, 6 – роторно-дисковая установка, 7 – воронка для насыпания низинного торфа, 8 – реактор-смеситель, 9 – насос для перекачки смеси из реактора-смесителя, 10 – трансформатор, 11 – электрод трансформатора, 12 – емкость для проведения процесса электрогидроудара, 13 – насос для перекачки смеси из емкости для электрогидроудара, 14 – центрифуга, 15 – кран для слива жидкой фракции, 16 – кран для слива осадка (в виде суспензии).

Пересыпали измельченный низинный торф через воронку для насыпания низинного торфа 7 в реактор-смеситель 8 со смесью воды и очищенной мочи КРС, полученной на втором этапе, в соотношении низинный торф : смесь воды и очищенной мочи = от 1:1 до 1:5, и перемешивали при температуре от +10 до +12 °С в течение 15-20 минут до достижения однородного состава.

На четвертым этапе, полученную на третьем этапе однородную смесь перекачивали насосом 9 в закрытую емкость для электрогидроудара 12, с трансформатором 10 с электродом 11, и подвергали электрогидроудару – эффект Юткина Л.А. [11].

Для этого на электроды 11 трансформатора 10 подавали импульсное высоковольтное напряжение U от 15 до 60 кВ. При возникновении электрического разряда возникает эффект кавитации с одновременным обеззараживанием смеси из торфа и получения гуминовых веществ. Обработку проводили при комнатной температуре от 20 до 40 минут. При этом в случае обработки менее 20 минут уменьшается выход целевого продукта и не происходит полного обеззараживания целевого продукта, в случае обработки более 40 минут происходит перерасход электроэнергии и повышается износ оборудования.

Использование электрогидроудара существенно увеличивает выделение гуминовых веществ и макроэлементов из полученной смеси.

На пятом этапе, полученный на четвертом этапе продукт перекачивали насосом 13 в центрифугу 14, марки РЦ-1500, и выполняли центрифугирование продукта с разделением его на жидкую фракцию и густую фракцию – осадок в виде суспензии. Центрифугирование проводили со скоростью вращения 1500 об/мин в течение 6-7 минут. При этом жидкая фракция, состоящая из гуминовых веществ, отделяется в центрифуге от осадка в виде суспензии. При этом жидкая фракция сливается через кран 15, осадок в виде суспензии – через кран 16.

Выход готовой продукции – гуминовых веществ – составляет 80-95% от объема смеси.

Полученные гуминовые вещества, обогащенные азотом, применяют для предпосевной обработки семян и посадочного материала, а также для корневых и некорневых подкормок.

Также мы проводили исследования получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидроудара при разных напряжениях (15 кВ, 30 кВ, 60 кВ).

Рассмотрим пример получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидроудара при напряжении 15 кВ.

В отстойник 1, который представляет собой емкость с опущенной в нее трубой 3, собирали жидкие стоки (мочу КРС). Проводили предварительную очистку жидких стоков, которая включает отстаивание в отстойнике 1 жидких стоков от механических примесей при комнатной температуре в течение 1 часа.

Затем жидкие стоки перекачивали насосом 2 через трубу отстойника 3 в реактор-смеситель 8 с мешалкой, который представляет собой закрытую емкость.

На втором этапе из емкости для воды 4 в реактор-смеситель 8 закачивали насосом 5 воду в соотношении жидкие стоки : вода = 1:1 и перемешивали смесь жидких стоков с водой при комнатной температуре в течение 10 минут.

На третьем этапе брали низинный торф, измельчали его до состояния микрочастиц на роторно-дисковой установке 6 марки РДИ-2/350.

Пересыпали измельченный низинный торф через воронку для насыпания низинного торфа 7 в реактор-смеситель 8 со смесью воды и очищенной мочи, полученной на втором этапе, в соотношении низинный торф : смесь воды и очищенной мочи = 1:1, и перемешивали при температуре +10 °С в течение 15 минут до достижения однородного состава.

На четвертом этапе, полученную на третьем этапе однородную смесь перекачивали насосом 9 в закрытую емкость для электрогидроудара 12, сверху которого выполнен трансформатор 10 с электродом 11, и подвергали электрогидроудару – эффект Юткина Л.А. [11].

Для этого на электроды 11 с помощью трансформатора 10 подавали импульсное высоковольтное напряжение U 15 кВ. При возникновении электрического разряда возникает эффект кавитации с одновременным обеззараживанием смеси из торфа и получения гуминовых веществ. Обработку проводили при комнатной температуре в течение 20 минут.

Использование электрогидроудара существенно увеличивает выделение гуминовых веществ и макроэлементов из полученной смеси.

На пятом этапе, полученный на четвертом этапе продукт перекачивали насосом 13 в центрифугу 14 марки РЦ-1500, и выполняли центрифугирование продукта с разделением его на жидкую фракцию и густую фракцию – осадок в виде суспензии. Центрифугирование проводили со скоростью вращения 1500 об/мин в течение 6 минут. При этом жидкая фракция, состоящая из гуминовых веществ, отделяется в центрифуге от осадка, жидкая фракция сливается через кран 15, осадок в виде суспензии – через кран 16.

Выход готовой продукции – гуминовых веществ составил 80% от объема смеси.

Установлено по ГОСТ Р 54221-2010 «Метод определения выхода свободных гуминовых кислот», что содержание гуминовых веществ составило 50%.

Установлено по методу Кьельдаля [<https://www.nv-lab.ru/issues.php?ID=33&ysclid=l4r1khnppqf522398067>], что содержание азота составило 60%.

Установлено по ГОСТ Р 54221-2010 «Метод определения биологически активности гуминовых препаратов», что природная структура полученных гуминовых веществ не разрушена.

Также изучали процесс получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидроудара при напряжении 30 кВ.

Провели по выше изложенной последовательности, которая отличается тем, что:

- на втором этапе смешивание проводили в течение 13 минут,
- на третьем этапе смешивали низинный торф со смесью воды и очищенной мочи в соотношении 1:2, при температуре +11 °С в течение 18 минут,
- на четвертом этапе на электроды подавали импульсное высоковольтное напряжение 30 кВ в течение 30 минут,
- на пятом этапе выполняли центрифугирование смеси в течение 6,5 минут.

Выход готовой продукции – гуминовых веществ составил 90% от объема смеси.

Установлено по ГОСТ Р 54221-2010 «Метод определения выхода свободных гуминовых кислот», что содержание гуминовых веществ составило 54%.

Установлено по методу Кьельдаля [<https://www.nv-lab.ru/issues.php?ID=33&ysclid=l4r1khnppqf522398067>], что содержание азота составило 66%.

Установлено по ГОСТ Р 54221-2010 «Метод определения биологически активности гуминовых препаратов», что природная структура полученных гуминовых веществ не разрушена.

Исследовали также получение гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидроудара при напряжении 60 кВ.

Провели последовательность по опыту 1, отличающуюся тем, что:

- на втором этапе смешивание проводили в течение 15 минут,
- на третьем этапе смешивали низинный торф со смесью воды и очищенной мочи в соотношении 1:5, при температуре +12 °С в течение 20 минут,
- на четвертом этапе на электроды подавали импульсное высоковольтное напряжение 60 кВ в течение 40 минут,
- на пятом этапе выполняли центрифугирование смеси в течение 7 минут.

Выход готовой продукции – гуминовых веществ составил 95% от объема смеси.

Установлено по ГОСТ Р 54221-2010 «Метод определения выхода свободных гуминовых кислот», что содержание гуминовых веществ составило 59%.

Установлено по методу Кьельдаля [<https://www.nv-lab.ru/issues.php?ID=33&ysclid=l4r1khnppqf522398067>], что содержание азота составило 67%.

Установлено по ГОСТ Р 54221-2010 «Метод определения биологически активности гуминовых препаратов», что природная структура полученных гуминовых веществ не разрушена.

Таким образом, из вышеизложенного можно сделать вывод, что цель эксперимента достигнута, а именно – разработан способ получения гуминовых веществ из торфа методом электрогидроудара и устройство для его реализации, позволяющее получить продукт:

- с высоким содержанием гуминовых веществ – не менее 50 % ,

- с высоким содержанием азота – не менее 60%,
- без разрушения природной структуры гуминовых веществ, что установлено по ГОСТ Р 54221-2010 «Метод определения биологической активности гуминовых препаратов»,
- при минимальных затратах электроэнергии, что обусловлено отсутствием в заявленной установке высокоэнергосъёмного оборудования,
- простой технологии, поскольку заявленный способ состоит из простых и общеизвестных действий – отстаивание, перемешивание, электрогидроудар.

Литература

1. Белов, А. А. Планирование и проведение отсеивающего эксперимента по исследованию получения удобрений при электрогидравлической обработке растворов / А. А. Белов, В. Н. Топорков, А. Н. Васильев // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 5. – С. 22–28.
2. Биологическая активность и влияние гумавита на прорастание семян / Н. Ю. Петров, И. В. Юдаев, Е. К. Кувшинова, С. А. Родионова // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2 (58). – С. 83-94.
3. Васильева, И. Г. Инновационная энергосберегающая установка / И. Г. Васильева // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2011. – № 4(72). Ч. 1. – С. 7–12.
4. Гайбарян, М. А. Новые технические решения в технологической линии для производства гуминовых удобрений / М. А. Гайбарян, О. В. Ушаков, В. М. Соколин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 6. – С. 42-45.
5. Денисюк, Е. А. Технологии получения гуминовых веществ / Е. А. Денисюк, И. А. Кузнецова, Р. А. Митрофанов // Вестник НГИЭИ. – 2014. – № 2 (33). – С. 66–80
6. Измайлов, А. Ю. Совершенствование элементов теории кавитационной диспергации торфа / А. Ю. Измайлов, К. Н. Сорокин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 5. – С. 29-33.
7. Обоснование устройства для электрогидравлической обработки водных растворов / А. А. Белов, А. А. Мусенко, А. Н. Васильев, В. Н. Топорков // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – №2(46). – С. 23-29.
8. Патент. № 2792350 С1 Российская Федерация, МПК С05F11/02 С05F3/00 С05F3/06 Способ получения гуминовых веществ из низинного торфа методом электрогидроудара и устройство для его реализации : № 2022118191 : заявл. 05.07.2022: опубл. / Р. Н. Кашапов, М. М. Нафиков, Р. Р. Хузина, А. Л. Тевелева, А. Н. Хузина. – 15 с.
9. Сорокин, К. Н. Обоснование технических параметров технологической линии по производству гуминовых удобрений из торфа : автореферат диссертации кандидата технических наук / К. Н. Сорокин. – Москва, 2015. – 22 с.
10. Хузина, Р. Р. Применение электрогидравлических технологий в получении гуминовых веществ из низинного торфа / Р. Р. Хузина, А. Н. Хузина, А. Л. Тевелева // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2022 : материалы XI-й Международной научно-технической конференции. – Казань, 2022. – С. 314-319.
11. Юткин, Л. А. Об электрогидравлической обработке торфа / Л. А. Юткин // ЭОМ. – 1976. – № 6.
12. Zmanovskaya A. S., Dudkin D. V. Changes in the Chemical Composition of the Major Components of Peat under Cavitation Action // Chemistry for Sustainable Development. 2013. Vol. 21. P. 341-345.

OBTAINING HUMIC SUBSTANCES FROM PEAT BY ELECTRIC HYDRO-IMPACT METHOD AND ITS ENRICHMENT WITH NITROGEN

M.M. Nafikov¹, R.R. Khuzina¹, Man. Mak. Nafikov¹, S.G. Smirnov², L.G. Shashkarov³

¹FGAOU VO "Kazan (Volga Region) Federal University"

420008, Kazan, Russian Federation

²FGBOU DPO "Tatar Institute for the Retraining of Agribusiness Personnel", 420059, Kazan, Russian Federation

³Chuvash State Agrarian University

428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. The article presents the device and basic principles of operation of the device for obtaining humic substances and the results of obtaining humic substances from lowland peat. Its technical characteristics and analysis of the resulting final product are given. The relevance of the use of humic substances in the conditions of modern agricultural production is revealed. Humates, basically forming the basis of soil humus, have a beneficial effect on physical and chemical properties, increase the content of available moisture and air permeability, reduce water and air erosion of the soil, which determine its natural fertility. In the Russian Federation, there is no mass production of specialized equipment for obtaining humic substances from peat. Manufacturers of humic substances are forced to adapt various types of technological equipment for these purposes. The obtained humic substances enriched with

nitrogen are used for presowing treatment of seeds and planting material, as well as for root and foliar top dressing. We also carried out research on the production of humic substances from lowland peat by the method of electrohydraulic shock at different voltages (15 kV, 30 kV, 60 kV). As a result of laboratory studies, a method was developed for obtaining humic substances from peat by the method of electrohydraulic shock and a device for its implementation, which makes it possible to obtain a product: with a high content of humic substances - at least 50%; with a high nitrogen content - at least 60%; without destroying the natural structure of humic substances, which is established in accordance with GOST R 54221-2010 "Method for determining the biological activity of humic preparations"; with minimal energy consumption, which is due to the absence of high-energy-consuming equipment in the presented installation; simple technology, since this method consists of simple and well-known actions - settling, mixing, electric shock. The results obtained prove that the use of cattle urine makes it possible to obtain humic substances with a high nitrogen content, which will allow agricultural producers to avoid contamination with cattle waste products.

Key words: electric hydraulic shock, humic substances, lowland peat, cattle urine.

References

1. Belov, A. A. Planirovanie i provedenie otseivayushhego e`ksperimenta po issledovaniyu polucheniya udobrenij pri e`lektrogidravlicheskoj obrabotke rastvorov / A. A. Belov, V. N. Toporkov, A. N. Vasil`ev // *Mezhdunarodny`j tekhniko-e`konomicheskij zhurnal*. – 2018. – # 5. – S. 22–28.
2. Biologicheskaya aktivnost` i vliyanie gumavita na prorastanie semyan / N. Yu. Petrov, I. V. Yudaev, E. K. Kuvshinova, S. A. Rodionova // *Izvestiya nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy`shee professional`noe obrazovanie*. – 2020. – # 2 (58). – S. 83-94.
3. Vasil`eva, I. G. Innovatsionnaya e`nergoberegayushhaya ustanovka / I. G. Vasil`eva // *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I.Ya. Yakovleva*. – 2011. – # 4(72). Ch. 1. – S. 7–12.
4. Gajbaryan, M. A. Novy`e tekhnicheskie resheniya v tekhnologicheskoy linii dlya proizvodstva guminovy`kh udobrenij / M. A. Gajbaryan, O. V. Ushakov, V. M. Sokolin // *Sel`skokhozyajstvenny`e mashiny` i tekhnologii*. – 2015. – # 6. – S. 42-45.
5. Denisjuk, E. A. Tekhnologii polucheniya guminovy`kh veshhestv / E. A. Denisjuk, I. A. Kuzneczova, R. A. Mitrofanov // *Vestnik NGIE`I*. – 2014. – # 2 (33). – S. 66–80
6. Izmajlov, A. Yu. Sovershenstvovanie e`lementov teorii kavitatsionnoj dispergaczii torfa / A. Yu. Izmajlov, K. N. Sorokin // *Sel`skokhozyajstvenny`e mashiny` i tekhnologii*. – 2015. – # 5. – S. 29-33.
7. Obosnovanie ustrojstva dlya e`lektrogidravlicheskoj obrabotki vodny`kh rastvorov / A. A. Belov, A. A. Musenko, A. N. Vasil`ev, V. N. Toporkov // *Vestnik agrarnoj nauki Dona*. – 2019. – #2(46). – S. 23-29.
8. Patent. # 2792350 C1 Rossijskaya Federaczija, MPK C05F11/02 C05F3/00 C05F3/06 Sposob polucheniya guminovy`kh veshhestv iz nizinnogo torfa metodom e`lektrogidroudara i ustrojstvo dlya ego realizaczii : # 2022118191 : zayavl. 05.07.2022: opubl. / R. N. Kashapov, M. M. Nafikov, R. R. Khuzina, A. L. Teveleva, A. N. Khuzina. – 15 s.
9. Sorokin, K. N. Obosnovanie tekhnicheskikh parametrov tekhnologicheskoy linii po proizvodstvu guminovy`kh udobrenij iz torfa : avtoreferat dissertaczii kandidata tekhnicheskikh nauk / K. N. Sorokin. – Moskva, 2015. – 22 s.
10. Khuzina, R. R. Primenenie e`lektrogidravlicheskikh tekhnologij v poluchenii guminovy`kh veshhestv iz nizinnogo torfa / R. R. Khuzina, A. N. Khuzina, A. L. Teveleva // *Innovatsionny`e mashinostroitel`ny`e tekhnologii, oborudovanie i materialy` – 2022 : materialy` KHI-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferenczii*. – Kazan`, 2022. – S. 314-319.
11. Yutkin, L. A. Ob e`lektrogidravlicheskoj obrabotke torfa / L. A. Yutkin // *E`OM*. – 1976. – # 6.
12. Zmanovskaya A. S., Dudkin D. V. Changes in the Chemical Composition of the Major Components of Peat under Cavitation Action // *Chemistry for Sustainable Development*. 2013. Vol. 21. R. 341-345.

Information about authors

1. Nafikov Makarim Mahasimovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering and Innovation Management, Engineering Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Republic of Tatarstan, Kazan, st. Kremlin, 18; e-mail: nafikov_makarim@mail.ru, tel. 89274305979;
2. Shashkarov Leonid Gennadevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Crop Production, Selection and Seed Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: 89379581220@yandex.ru, tel. 89379581220;
3. Smirnov Sergey Gennadievich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Entrepreneurship and Business Management, Tatarstan Institute for the Retraining of Agribusiness Personnel, 420059, Republic of Tatarstan, Kazan, Orenburg Trakt, 8b; e-mail: ssg75@mail.ru, tel. 89179203809;

4. Khuzina Roza Rifatovna, post-graduate student of the Department of Biomedical Engineering and Innovation Management, Engineering Institute, Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Republic of Tatarstan, Kazan, st. Kremlin, 18; e-mail: khuzinaroza@yandex.ru, tel. 89172792806;

5. Nafikov Mansur Makarimovich, Master student of the Department of Biomedical Engineering and Innovation Management, Engineering Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Republic of Tatarstan, Kazan, st. Kremlin, 18; e-mail: mansur.nafikov777@mail.ru, tel. 89534923448.

УДК 633.791

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ КОРНЕЙ ХМЕЛЯ И МИНИМАЛЬНЫЙ ШАГ ПОСАДКИ РЯДА

П. А. Смирнов, Н. Н. Пушкаренко, А. В. Коротков

*Чувашский государственный аграрный университет,
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация: *Последние работы в мире по совершенствованию ультразвуковых методов просвечивания и создание приборов инфракрасного сканирования достаточно толстых слоев изучаемого материала привлекли внимание и агробиологов. К настоящему времени изучены корневые системы большинства зерновых и технических культур, и, таким образом, получены важнейшие знания о пространственном расположении корней этих растений. Следует заметить, что в некоторых случаях новые данные не совсем совпадают с традиционными, давно устоявшими знаниями. Из анализа строения всей корневой системы хмеля посредством инфракрасного сканирования определены распределения центральных корней радиусом 0,50 м и боковых корней радиусом 0,75...0,80 м, переплетенных с корнями соседнего растения. Построена идеализированная модель размещения хмеля по полурядам, и рассчитан минимальный шаг посадки в полурядах, равный 1,60 м. Показано, что растения, посаженные в шахматном порядке по полурядам, имеют преимущество по площади питания при сравнении с традиционным хмельником с рядной посадкой шагом 0,8...1,0 м. С учетом распространения корней хмеля только в продольном направлении, на традиционном хмельнике рядной посадки получается, что площадь питания каждого куста весьма ограничена. К тому же, площадь питания ограничивает использование тракторных агрегатов с увеличенной колеёй в междурядье традиционного хмельника, поэтому предложена постоянная технологическая колея на минимальном размере в предложенном хмельнике. В работе определены причины техногенного уплотнения почвы хмельника, ограничивающее распространение корней.*

Ключевые слова: *инфракрасное сканирование, хмель, корневая система, распространение корней, шаг посадки.*

Введение. До недавнего времени пространственное распределение корневой системы хмеля (*Humulus lupulus L.*) в почвенном профиле, и в зависимости от этого схема расположения кустов в ряду являлись менее изученным вопросом. Однако последние работы в мире по совершенствованию ультразвуковых методов просвечивания и создание приборов инфракрасного сканирования достаточно толстых слоев изучаемого материала привлекло внимание агробиологов. К настоящему времени изучены корневые системы большинства зерновых и технических культур, и, таким образом, получены важнейшие знания о пространственном расположении корней этих растений. Следует заметить, что в некоторых случаях новые данные не совсем совпадают с традиционными, давно устоявшими мнениями.

С помощью анализа инфракрасных изображений были определены интенсивность роста и пространственное расположение корней хмеля (*Humulus lupulus L.*) в почвенном профиле, и в целом, морфология корневой системы [8, 17]. Ранние исследования по теме определили глубину распространения корней хмеля от 1,0 м для активных корней, но не исключается проникновение до 2,25 м [2, 6, 9, 18]. Максимальная глубина отмечалась до 3,25 м [1]. Аналогично поперечная ширина корневой системы хмеля варьировала от 0,6 м до 1,5 м. [2, 18]. Но исследования современными методами наглядно продемонстрировали, что представленные данные по наиболее урожайным зарубежным сортам хмеля немного отличаются от указанных данных.

Полученные научные данные может сыграть важную роль в разработке новых технологий обработки почвы, внесения удобрений и орошения, включая использование принципов точного ресурсосберегающего земледелия. Именно с такой задачей проведены исследования в период с 2015 по 2018 год по распределению корневой системы хмеля в Чешской республике. Были оценены двенадцать растений пяти чешских сортов хмеля [17]. Также параллельные исследования шли в ФРГ. В рамках конференции „Корни и ризосфера: экофизиология, содержание гумуса и управление почвой” в сентябре 2015 года в Вольнах (Бавария, ФРГ) были представлены подробные исследования корневой системы хмеля и кукурузы [4, 14].