

ФИЗИКА - PHYSICS

УДК 581:53

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ СОРТА "НАВРУЗ"**М.И. Солихова¹, И.А. Курзина¹, Т.А. Ходжазода², А.Т. Ходжаев¹**¹Национальный Исследовательский Томский государственный университет²Таджикский национальный университет

В данной статье представлена обработка семян пшеницы СВЧ в течение 5, 20, 40 и 60 секунд с малой, средней и большой мощностями. Эксперимент был проведен в лабораторных условиях. Семена помещались в термостат при температуре 20°C. Облучение растений сверхвысокочастотным излучением воздействует на стимуляцию роста, энергию прорастания, всхожесть и, как следствие, на качество семян. Рассмотрены параметры влияния СВЧ на энергию прорастания и всхожесть пшеницы. Результаты исследований показали, что обработка малыми дозами СВЧ влияет на скорость прорастания и приводит к улучшению всхожести семян, а большая доза оказывает негативный эффект. Доказано, что обработка семян пшеницы с помощью СВЧ при малой дозе ведет к увеличению энергии прорастания и всхожести. Оценивание энергии прорастания и жизнеспособности семян выполнялось по тесту лабораторной энергии прорастания и всхожести.

Исследования сорта пшеницы "Навруз" позволяют предположить, что стимуляция электромагнитным излучением может положительно влиять на морфологические характеристики растений. Целью проводимого исследования является изучение действия микроволнового излучения на энергию прорастания, общую всхожесть и морфологические свойства семян пшеницы в лаборатории в зависимости от времени обработки и мощности.

Ключевые слова: СВЧ-излучение, пшеница, семена, энергия прорастания, всхожесть.**ТАДҚИҚОТИ ЛАБОРАТОРИЙ ОИД БА ТАЪСИРИ НУРДИҲИИ БАЛАНДШИДДАТ БА ПАРАМЕТРҲОИ МОРФОЛОГИИ ТУХМИ ГАНДУМИ НАВЪИ "НАВРУЗ"****М.И. Солихова, И.А. Курзина, Т.А. Ходжазода, А.Т. Ходжаев**

Дар ин мақола коркарди тухми гандуми нурдиҳии баландшиддат дар давомии 5, 20, 40 ва 60 сония бо қувваи хурд, миёна ва калон пешниҳод карда мешавад. Озмоиш дар шароити лаборатория гузаронида шуд. Тухмиҳо дар термостат дар ҳарорати 20°C ҷойгир карда шуданд. Равшани растанӣҳо бо нурдиҳии баландшиддат ба ҳавасмандкунии афзоиш, энергияи афзоиш, ва дар натиҷа ба сифати тухмҳо таъсир мерасонад. Параметрҳои нурдиҳии баландшиддат ба энергияи нашъунамо ва нашъунамои гандум баррасӣ карда мешаванд. Натиҷаҳои таҳқиқот нишон доданд, ки коркарди воияи хурди ба нурдиҳии баландшиддат суръати нашъунамо таъсир мерасонад ва ба бехтар шудани нашъунамои тухмӣ оварда мерасонад ва воияи калон таъсири манфӣ мерасонад. Коркарди тухми гандум бо микдори кам исбот шудааст, ки ба афзоиши энергияи нашъунамо ва нашъунамои оварда мерасонад. Арзёбии энергияи нашъунамо ва қобилияти тухмӣ аз санҷиши энергияи лаборатории нашъунамо ва нашъунамо гузаронида шуд. Натиҷаҳои дар ҷараёни тадқиқоти таҷрибавӣ дар навъи гандуми "Наврӯз" ба даст овардашуда имкон медиҳанд, ки эҳтимолияти истифодаи микдори ҳавасмандкунандаи радиатсияи электромагнитро барои ҷаҳол кардани равандҳои морфологӣ пешбинӣ кунанд. Мақсади тадқиқоти гузаронидашуда омӯзиши таъсири радиатсияи микроволновка ба энергияи сабзиш, нашъунамои умумӣ ва ҳосиятҳои морфологӣ тухмҳо мебошад гандум дар лаборатория вобаста ба вақти коркард ва қудрат.

Калидвожаҳо: нурдиҳии баландшиддат, гандум, тухм, энергияи афзоиш, афзоиш.**LABORATORY STUDY OF THE EFFECTS OF ULTRAHIGH FREQUENCY RADIATION ON THE MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF WHEAT SEEDS OF THE "NAVRUZ" VARIETY****M.I. Salikhova, I.A. Kurzina, T.A. Khojazoda, A.T. Khojaev**

This article presents microwave wheat seed treatment for 5, 20, 40 and 60 seconds with low, medium and high power. The experiment was conducted in a laboratory setting. The seeds were placed in a thermostat at 20 °C. Irradiation of plants with ultrahigh frequency radiation affects growth stimulation, germination energy, germination and, as a result, seed quality. The parameters of the microwave effect on germination energy and wheat germination are considered. The research results have shown that treatment with small doses of microwave affects the germination rate and leads to an improvement in seed germination, while a large dose has a negative effect. It has been proven that microwave treatment of wheat seeds at a low dose leads to an increase in germination energy and germination. The assessment of germination energy and seed viability was performed using the laboratory germination and germination energy test. The results obtained during experimental studies on the «Navruz» wheat variety suggest the possibility of using stimulating doses of electromagnetic radiation to activate morphological processes. The purpose of the study is to study the effect of microwave radiation on germination energy, total germination and morphological properties of wheat seeds in the laboratory, depending on the processing time and power.

Keywords: microwave radiation, wheat, seeds, germination energy, germination.**Введение**

В рамках данного исследования было установлено, что применение микроволнового излучения стимулирует более быстрое развитие и рост ростков, а также повышает процент всхожести зерна. Эффект воздействия микроволн эффективно применяется для интенсификации процесса прорастания семян. Традиционное ведение сельского хозяйства, с применением удобрений и агрохимикатов, хоть и несёт потенциальный вред окружающей среде, дополняется физическими методами, например, использованием лазеров или излучение. Физические методы обработки считаются одними из наиболее безопасных требуемых для улучшения прорастания семян и стимуляции роста растений, благодаря их щадящему воздействию на природу. Физические воздействия могут быть использованы для положительного влияния на растения, не оказывая негативного воздействия на экологию.

Среди физических факторов, применяемых в настоящее время для обработки семян, выделяют электромагнитные волны, включая ультрафиолетовое и микроволновое излучение, ультразвук, лазеры и ионизирующее излучение. Микроволны (МВ) представляют собой неионизирующее электромагнитное излучение в диапазоне высоких частот от 300 мГц до 300 ГГц с длиной волны от 1 м до 1 мм. Они поглощаются на молекулярном уровне, вызывая вибрационную энергию или тепло, а также оказывая биологическое воздействие. Согласно исследованиям, микроволны способны оказывать долгосрочное воздействие на здоровье. Из-за отсутствия четкого понимания механизма воздействия микроволновых радиочастот на биологические системы, выявление и оценка биологических эффектов микроволн представляли собой сложную и противоречивую задачу. В биофизике и инженерных науках распространено мнение, что микроволновые поля не способны вызывать биологические эффекты, кроме тех, которые обусловлены нагревом [1].

Обработка семян — это биологические, физические и химические агенты и методы, применяемые к семенам для обеспечения защиты и улучшения создания здоровых культур. Преимущества обработки семян — это повышенная всхожесть, равномерное появление всходов, защита семян или рассады от ранних болезней и насекомых-вредителей, улучшение всхожести и роста урожая. Антропогенные изменения почвы, воды и атмосферы из-за использования различных химических добавок для повышения продуктивности растений привели к поиску альтернативных путей. Безопасные методы повышения урожайности включают разумное использование химикатов и замену некоторых из них соответствующими физическими обработками, а именно: клетки подвергаются воздействию различных видов энергии благодаря физическим факторам, таким как магнитные поля, гамма-излучение, электрические поля, лазерное излучение, ультразвук и СВЧ. Это своего рода энергетическая обработка, которая стимулирует ферменты и другие биохимические реакции, способствующие скорейшему прорастанию семян. Привнесенная энергия поглощается клетками в различных молекулах. Поглощенная энергия может быть преобразована в другой вид энергии (скорее всего, химический) и затем использована для ускорения метаболизма семян. В последнее время использование физических методов для стимуляции роста растений становится все более популярным в связи с их меньшим вредным воздействием на окружающую среду. В данной статье рассмотрены различные виды энергетической обработки, а именно магнитное поле, гамма-облучение, электрическое поле, лазерное облучение, звуковая энергия, целебная энергия, световая и тепловая энергия для прорастания, урожайность семян и качество сельскохозяйственных и плодовоовощных культур. Физические методы обработки семян — это инновационная область исследований, которая повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Несмотря на то, что растения реагируют на физическую обработку, она еще не была в полной мере использована в промышленных масштабах. В течение последних двух десятилетий были предприняты значительные усилия для повышения урожайности за счет предпосевных обработок.

Тепловая обработка — это альтернативные физические методы вместо химических, позволяющие уменьшить количество грибов, переносимых семенами, и, следовательно, увеличить процент всхожести семян. Явное влияние высокой температуры на образование пыльцы и прорастание пыльцевых зерен будет иметь большое значение для процесса внесения удобрений и завязывания плодов на чувствительных к погодным условиям культурах в будущем. Экологические изменения имеют важные последствия, как положительные, так и отрицательные, для будущей урожайности и производства сельскохозяйственных культур. Несмотря на то, что сообщалось об улучшении урожайности благодаря применению этой технологии в нескольких культурах, физические и биохимические механизмы, с помощью которых электрический стимул влияет на урожайность, еще предстоит четко понять. Кроме того, существует необходимость в разработке простого и экономически эффективного устройства, позволяющего популяризировать технологию для эффективного использования [2].

В современной жизни электромагнитные поля, возникающие из-за электромагнитного излучения, становятся все более распространенными, оказывая как негативное, так и положительное влияние. Физические факторы вызвали большой интерес у исследователей из разных областей, включая аграрную науку.

Однако наше понимание влияния физических факторов на экофизиологические показатели растений в неоптимальных условиях ограничено. Несмотря на это, есть признаки того, что физические факторы могут повысить урожайность сельскохозяйственных культур за счет повышения всхожести семян, питания растений, точного земледелия, эффективности водопользования, гидропроводности корней, поглощения воды растениями, антиоксидантной защиты, борьбы с вредителями, передачи сигналов о стрессе и гормональных воздействий. В этом обзоре освещается практическое применение физических воздействий для увеличения производства растительной биомассы путем выяснения основных механизмов, участвующих в прорастании семян, росте растений, водном балансе, потоке ионов, фотосинтезе и антиоксидантной защите.

Согласно литературе перспективы использования физических факторов в устойчивом сельском хозяйстве и их потенциал для снижения традиционной нагрузки на сельское хозяйство, связанной с

проблемами продовольственной безопасности. Мир сталкивается с серьезными проблемами, происходящими экологическими условиями, связанными с глобальными изменениями климата. На фоне роста численности населения и увеличения спроса на продовольствие, воду, жилье и энергию эти проблемы приобретают еще более сложный и многогранный характер. Надежное обеспечение поставок продовольствия и энергии становится ключевым условием экономического развития и устойчивого роста. Глобальная угроза продовольственной безопасности особенно остро проявляется в странах с быстрым приростом населения и тяжелыми климатическими условиями, включая экстремальные температуры и низкое количество осадков, ограничивающих сельскохозяйственное производство. Помимо этого, нехватка невозобновляемых ресурсов, таких как пресная вода, а также низкое плодородие почв для сельского хозяйства являются основными причинными факторами ухудшения продовольственной ситуации. Изменение климата еще больше усугубляет продовольственную безопасность, сокращая продолжительность вегетационного периода. Поэтому сельскохозяйственный сектор должен адаптировать и внедрять безопасные технологии, такие как электромагнитные поля, для эффективного увеличения производства продуктов питания. Неправильное управление поставками продовольствия приводит к нехватке продовольствия и рискам отходов.

Множество научных исследований были посвящены изучению влияния электромагнитного излучения, его существенного воздействия на жизнеспособность семян, процессы прорастания и роста растений, очистку сточных вод для орошения, фотосинтез, минеральное питание, защиту от питательных веществ и борьбу с вредителями. В то время, как электромагнитное излучение, особенно световое, имеет важное значение для роста растений, поскольку оно служит источником питания для фотосинтеза и влияет на рост, различия в продолжительности воздействия, длине волны или интенсивности могут выступать в качестве факторов стресса для растений, влияя на их приспособленность и выживаемость. Помимо электромагнитного излучения, различные факторы окружающей среды, такие как засуха, засоление, колебания температуры, наводнения, опыление и заражение патогенными микроорганизмами, могут прямо или косвенно вызывать стресс у растений, влияя на их рост и продуктивность.

Однако низкие дозы электромагнитного излучения предлагают новый подход к усилению роста и продуктивности растений. Важно тщательно контролировать воздействие электромагнитного излучения, чтобы оптимизировать рост сельскохозяйственных культур и свести к минимуму неблагоприятное воздействие на здоровье растений и продуктивность сельского хозяйства. Исследования показали, что контролируемые и соответствующие дозы электромагнитного излучения могут принести пользу растениеводству. Электромагнитное излучение состоит из синхронизированных колебаний электрического и магнитного полей, перпендикулярных друг другу и направлению распространения энергии и волн. Они распространяются в виде электромагнитных волн. Электромагнитным излучением может быть видимый свет, радиоволны, микроволны и рентгеновские лучи. Оно может перемещаться в пространстве и даже проникать сквозь твердые объекты. Электромагнитное излучение также используется во многих областях применения, таких как связь, медицинская диагностика и терапия, а также сельского хозяйства. Характерными параметрами этих волн являются частота, длина волны и энергия [3]. Микроволновая технология обладает рядом преимуществ, включая безопасность, высокую эффективность и защиту окружающей среды.

В последние десятилетия, с распространением органического земледелия, всё большее внимание уделяется различным методам физической обработки семян. Эти методы базируются главным образом на применении тепловой энергии, как в сухой форме (например, повышенные температуры, солнечное тепло), так и во влажной (например, горячая вода или аэрированный пар). Микроволны представляют собой электромагнитные волны сверхвысокой частоты, которые находят широкое применение в различных сферах жизни, включая агропромышленный комплекс, связь, медицину и металлургию. Хотя наиболее известны именно тепловые эффекты воздействия микроволн, учёные также предполагают существование нетепловых эффектов. Они могут вызывать различные молекулярные изменения и преобразования, влияющие на живые организмы. С увеличением длительности микроволновой обработки, повышение выходной мощности и частоты волн, сопровождаемое ростом температуры, как правило, отрицательно сказывается на жизнеспособности семян. Напротив, сообщалось, что правильно применяемая микроволновая обработка может значительно улучшить всхожесть семян и появление всходов [4].

В течение прошлого века активно изучалось влияние электромагнитных излучений на биологические и жизненные процессы. Научные исследования охватывали широкий спектр частот, включая микроволновые радиочастоты, которые представляют особый интерес в области электромагнитных излучений. Биологические эффекты микроволновых радиочастот и различных электромагнитных излучений вызывают все больший интерес. Микроволны – это разновидность электромагнитных волн, охватывающая диапазон частот от 300 мегагерц до 300 гигагерц, или, соответственно, длин волн от 1 метра до 1 миллиметра. Эти радиочастоты относятся к неионизирующим излучениям, воздействие которых основаны на поглощении энергии молекулами [5].

Данная обработка семян, обладающая прогрессирующим направлением в сельском хозяйстве. Согласно данным литературы, подбор правильных параметров обработки, в том числе мощности, частоты и времени воздействия, можно добиться значительного улучшения характеристик семян. В большинстве случаев, микроволны могут стимулировать на прорастание, повышать энергию прорастания и улучшать устойчивость растений к некоторым болезням. Перегрев семян может привести к их повреждению и снижению всхожести. Поэтому важно использовать микроволновое оборудование с точной регулировкой мощности и системой контроля температуры. В данном опыте семена пшеницы были обработаны с малой, средней и большой мощностью.

Экспериментальная часть

Эксперименты с использованием семян пшеницы были проведены в лабораторных условиях. В качестве объекта исследования были использованы семена пшеницы сорта «Навруз». В качестве оборудования использовалась микроволновка «Zarget», параметры сети составили 230-240 В/50 Гц, а мощность 700Вт (табл.1). (В качестве оборудования большего объема обработки семян растений использовались, промышленные микроволновые установки (ПМУ), которые представляют собой перспективное направление в повышении эффективности предпосевной обработки семян [6].)

Таблица 1– Параметры мощности микроволновки Zarget

№	Мощности	Вт	%
1	Минимальная мощность	116 Вт	16,6
2	Разморозка	232 Вт	23,2
3	Малая мощность	348 Вт	34,8
4	Средняя мощность	464 Вт	46,4
5	Большая мощность	580 Вт	58
6	Максимальная мощность	700 Вт	100

При закладке опыта, семена обрабатывали с СВЧ при малой, средней и большой мощности. Время обработки 5, 20, 40 и 60 секунд. Исследование было проведено в лаборатории Сибирского научно-исследовательского института. Процесс прорастания семян пшеницы фильтрованной бумаги, по 25 штук в каждой чашке, в трех повторностях. Для проведения эксперимента использовался термостат марки ТСО-1/80 [7]. Процесс проращивания проходил при постоянной температуре 20 °С. На третий день определялась энергия прорастания, а на седьмой — всхожесть. Также были измерены морфологические характеристики образцов: длина и масса проростков, длина и масса корней.

Результаты

Всхожесть и энергия прорастания семян являются одними из основных показателей качества семенного материала. Обработка семян пшеницы сорта «Навруз» с помощью СВЧ в течение 5, 20, 40, и 60 секунд показала различные результаты. Эксперимент проводился с целью оптимизации предпосевной подготовки семян для повышения их энергии прорастания и всхожести. В первой серии опытов по выявлению эффекта облучения на всхожесть семян пшеницы было установлено, что для пшеницы наиболее действенными оказались сочетания более низких мощностей и малое время 5 сек. чем у 20, 40 и 60 (рис.1).



Рисунок 1 – Энергия прорастания вариантов



Рисунок 2 – Общая всхожесть вариантов

При воздействии СВЧ в течение 5 секунд при малой, средней и большой мощности наблюдался положительный эффект, приводящий к нормальному прорастанию и всхожести семян и в другие параметры; количество корней длину и масса корней длина и масса проростки тоже положительно влияла. Этот режим, вероятно, стимулировал физиологические процессы внутри семян, способствуя их активации и дальнейшему развитию (рис.2).

Увеличение времени обработки до 20 секунд дало низкий показатель. Всхожесть была удовлетворительной, но не достигала показателей, зафиксированных при 5, секунда, однако, при

увеличении времени воздействия до 40 секунд при малая и средняя мощности СВЧ-излучения наблюдался неудовлетворительный результат.

Таблица 2 – Морфологический свойств пшеницы- лабораторный опыт

СВЧ 20, 40,60 секунд малая, средняя, большая мощность (м.м, с.м, м.м)								
№	Тип обработки	Энергия прорастан я, %	Общ. Всхожес ть, %	Количес тво корней	Длина корней	Длина проростка	Масса корней	Масса проростка
1	Конт.	91,2	94,6	3,7	7,1	6,1	0,5	1,24
2	СВЧ-5сек м.м.	98,6	98,6	4,5	10,1	9,1	0,9	1,49
3	СВЧ-5сек с.м.	98,6	100	4,5	9	7,7	0,6	1,15
4	СВЧ-5сек б.м.	85,3	86,6	4,4	7,8	8,8	0,6	1,08
2	СВЧ-20сек м.м	95,6	96	4,4	9,9	8,7	0,5	1,09
3	СВЧ-20сек с.м.	95,3	95,2	4,6	8,6	8,5	0,7	1,23
4	СВЧ-20сек б.м.	74,6	76	4,5	8	9,4	0,3	1,02
5	СВЧ-40сек м.м.	53,3	65,3	4,6	9,3	8,9	0,3	0,8
6	СВЧ-40сек с.м.	32	34,6	4,1	6	8,3	0,3	6
7	СВЧ-60сек м.м.	36	44	5	8,1	9,4	0,3	1,9

Согласно результатам, увеличение времени воздействия привело к незначительному перегреву семян, что слегка замедлило их развитие. Обработка семян в течение 40 секунд, болящая 60 секунд малая средняя и большая мощность при высокой мощности привела к отрицательным результатам. Большинство семян не взошли, либо продемонстрировали ненормальные всходы, либо проростки оказывались слабыми и уязвимыми. В некоторых случаях наблюдалось загнивание семян. Это указывает на то, что чрезмерное длительное время воздействие СВЧ приводит к повреждению внутренних структур семян, делая их нежизнеспособными (табл.2).

Анализ рисунка 3 позволяет сделать вывод, что чем больше мы продлим время обработки чем меньше становятся результаты, с меньшим временем обработки мы подходим к истинному значению исследуемого параметра.

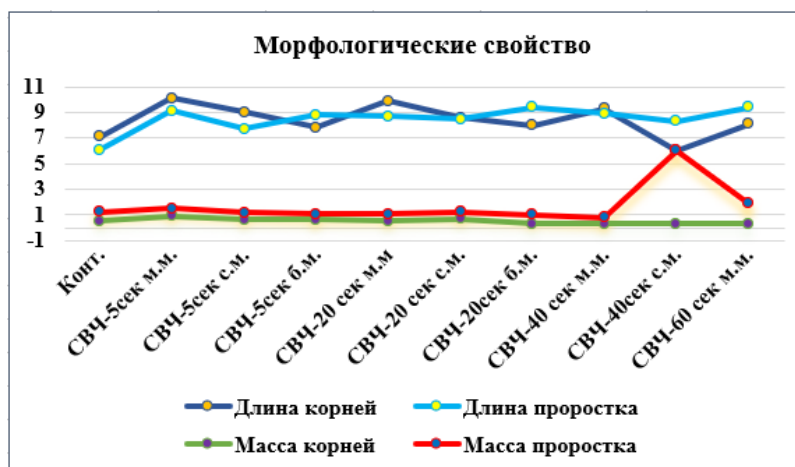


Рисунок 3 – Морфологические показатели семян пшеницы в лабораторных условиях

Заключение

Таким образом, оптимальным режимом обработки семян пшеницы сорта «Навруз» с использованием СВЧ является 5 секунд при малой, средней и большой мощности. Этот режим обеспечивает нормальную всхожесть и способствует увеличению энергии прораствания и других морфологических параметров, а обработка в течение 20 секунд показала низкий результат. В то же время обработка семян пшеницы с использованием чрезмерно высокой мощности в течение длительного времени, в том числе 40 и 60 секунд, оказывала крайне негативное воздействие на их жизнеспособность. Наблюдалось, что семена после такой интенсивной обработки набухали, а затем загнивали. Подобное воздействие высокой мощности и продолжительности приводило к гибели зародыша, делая семена непригодными для посева. Растения, полученные из таких поврежденных семян, демонстрировали крайне слабый рост, замедленное развитие, загнивали и в конечном итоге не давали нормальных проростков. Таким образом, результаты проведенных экспериментальных

исследований позволяют предположить возможность использования стимулирующего эффекта, характерного для данного сорта, при меньшем времени облучения для активации ростовых процессов.

Рецензент: Солихов Д.К. – к.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической физики физического факультета Таджикского национального университета.

Литература

1. O.O. Fisayomi., A.A. Adeyinka., A.J. Oluwatosin., O. F. Oyindamola., S.A. Adeniyi. Effects of Low and Medium Microwave Radiation on Germination of Bean and Maize Seedlings. IJAMR.9, 2021, P.197-206.
2. P. Govindaraj., V. Masilamani., A. Albert., M. Bhaskaran. Effect of physical seed treatment on yield and quality of crops. Tamil Nadu.2016. P-621.
3. C. V. Balint., V. Surducun., E. Surducun., I.G. Oroian.Plant irradiation device in microwave field with controlled environment. Computers and Electronics in Agriculture. 121, 2016, P. 48-56.
4. D. Szopińska., H. Dorna. Effect of microwave treatment on germination and health of carrot (daucus carota l.) Seeds. Agronomy 2021, 11(12), P-2571.
5. M. Abdelghafar., Abu-Elsaoud. Effect Microwave Electromagnetic Radiofrequency on Germination and Seedling Growth Consequences of Six Wheat Triticum aestivum Cultivar. Adv. Environ. Biol., 9(24), 2015. P 270-280.
6. <https://www.ingredient.su/devices.html>
7. Солихова М.И., Ходжаев А.Т., Курзина И.А., Дайбова Е.Б., Ходжазода Т.А. Положительные эффекты гумата натрия на физические и морфологические свойства пшеницы сорта «Навруз». Вестник Томского государственного университета. Химия. 2024. № 33. С. 45-53.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Солихова Маҳина Имомалиевна	Солихова Махина Имомалиевна	Solikhova Makhina Imomalievna
Аспирант	Аспирант	Graduate student
Донишгоҳи Миллии Тадқиқоти Давлатии Томск	Национальный Исследовательский Томский государственный университет	National Research Tomsk State University
E-mail: solihovamahina@gmail.com		
TJ	RU	EN
Курзина Ирина Александровна	Курзина Ирина Александровна	Kurzina Irina Alexandrovna
н.и.ф.-м., профессор	к.ф.-м.н., профессор	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Донишгоҳи Миллии Тадқиқоти Давлатии Томск	Национальный Исследовательский Томский государственный университет	National Research Tomsk State University
E-mail: kurzina99@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ходжазода Тоир Абдулло н.и.ф.-м., профессор	Хочазода Тохир Абдулло к.ф.-м.н., профессор	Khojazoda Toir Abdullo Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикский национальный университет	National University of Tajikistan
TJ	RU	EN
Ходжаев Абдулло Тоирович	Ходжаев Абдулло Тоирович	Khodzhaev Abdullo Toirovich
Аспирант	Аспирант	Graduate student
Донишгоҳи Миллии Тадқиқоти Давлатии Томск	Национальный Исследовательский Томский государственный университет	National Research Tomsk State University
E-mail: Abdullo1997asa@gmail.com		