

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
( Н И У « Б е л Г У » )

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

КАФЕДРА ИНФОРМАТИКИ, ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
И МЕТОДИК ПРЕПОДАВАНИЯ

ОЦЕНКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое  
образование профиль биология и химия  
очной формы обучения, группы 02041207  
Таран Ксении Сергеевны

Научный руководитель  
к. с.-х. н, доцент  
Глубшева Т.Н.

БЕЛГОРОД 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Теоретические основы исследования.....	5
1.1. Аллелопатия в растительных сообществах .....	5
1.2. Аллелопатическая активность сорных растений.....	10
1.3. Кинетика прорастания семян .....	13
1.4. Динамика поглощения воды семенами .....	17
2. Материалы и методика исследования.....	21
2.1. Характеристика исследуемых растений .....	21
2.2. Методика исследования .....	24
3. Результаты исследования набухаемости семян горчицы в настое сорных растений.....	27
3.1. Результаты исследования набухаемости семян горчицы в настое галинсоги мелкоцветковой .....	27
3.2. Результаты исследования аллелопатической активности сорных растений по начальным ростовым процессам .....	44
3.3. Организация научно- исследовательской работы школьников.....	53
Заключение .....	62
Список использованных источников.....	64
Приложение А.....	68

## ВВЕДЕНИЕ

Сорные растения являются постоянными компонентами агробиоценозов. Не смотря на вековую борьбу и современные приемы и средства защиты сельскохозяйственных угодий, сорные растения в той или иной степени присутствуют в посевах культурных растений, так как эволюционно сложилось, что они являются сопутствующим продуктом практического земледелия [12].

Широкое видовое разнообразие сорных растений объясняется тем, что в почве содержится высокий потенциальный запас семян и вегетативных остатков сорных растений [24].

Изучение вопросов аллелопатии является актуальным и перспективным, так как показано, что одни виды могут биохимическим образом влиять друг на друга внутри сообществ. Так, семена и отмершая вегетативная масса сорных растений, находящиеся в почве довольно длительное время, оказывают ингибирующее или стимулирующее действие на физиологическую активность культурных растений. Подробное изучение данного вопроса открывает новые возможности регулирования сельскохозяйственных растительных сообществ [12, 13].

**Объектом** исследования данной выпускной квалификационной работы являются семена горчицы **белой** (*Sinapis alba L.*).

**Предметом** исследования является поглощение семенами горчицы воды из настоев сорных растений – пырея ползучего (*Elytrigia repens L.*), мари белой (*Chenopodium album L.*), щирицы запрокинутой (*Amaranthus retroflexus L.*) и галинсоги мелкоцветковой (*Galinsoga parviflora Cav.*).

**Цель:** выявление особенностей набухания семян горчицы белой в суточных настоях надземной части сорных растений и изучение влияния настоев на силу начального роста семян.

### **Задачи:**

1. Изучение влияние концентрации суточного настоя надземной части

сорных растений на поступление воды в семена,

2. Выявление влияния температуры на поступление воды в семена в настоях из надземной части сорных растений,

3. Рассмотрение влияния кислотности среды на поступление воды в семена в настоях из надземной части сорных растений,

4. Изучения влияния суточного настоя надземной части сорных растений на силу начального роста семян горчицы,

5. Проведение и оформление научно-исследовательской работы со школьниками по данной теме исследования.

### **Структура работы:**

Основная часть квалификационной работы состоит из четырех разделов. В первом разделе изложены теоретические основы аллелопатического влияния растений, рассмотрены кинетика набухания семян и динамика поглощения воды семенами. Во втором разделе даны описания исследуемых растений, описана методика проведения исследования. В третьем разделе обсуждаются результаты. В четвертом разделе предоставлен план-конспект консультации с учащимися по теме «Основы научно-исследовательской деятельности». В заключении предоставлены выводы по проведенному исследованию.

# 1 Теоретические основы исследования

## 1.1 Аллелопатия в растительных сообществах

Аллелопатия является относительно новой отраслью науки, хотя впервые такой феномен был замечен еще на заре земледелия. Еще тогда опытные фермеры отметили, что произрастание одних культур с другими на одном участке вызывает либо угнетение, либо стимулирование роста и развития растительных организмов [12].

Термин «аллелопатия» был введен австрийским ученым-путешественником Гансом Молишем в 1937 году для обозначения биохимического взаимодействия между растениями всех видов, а также биохимического взаимодействия микроорганизмов, которые, как правило, размещаются в царстве растений [14]. В трудах Молиша указано, что в перспективе он хотел бы развить изучение стимулирующего и ингибирующего воздействия. К счастью, многие ученые по всему миру последовали рекомендациям Молиша [13].

В настоящее время аллелопатия рассматривается как один из способов борьбы за существование в растительном сообществе, то есть естественный способ регулирования численности растительных организмов. Важно различать конкуренцию и аллелопатию [31]. Аллелопатическая активность заключается в выделении одного или группы химических соединений в окружающую среду, в то время как конкуренция предполагает количественные изменения факторов окружающей среды, таких как вода, свет, питательные вещества. На фоне уменьшения этих показателей возникает конкуренция между растительными организмами. Мюллер (1969) рекомендовал использовать термин «аллелопатия» для обозначения общего влияния одного растения на другое. Таким образом, растительные сообщества подвергаются и аллелопатическому взаимодействию и конкуренции [12].

Под аллелопатией также принято понимать взаимное влияние высших растений на микроорганизмы и насекомых, так как и те и другие являются неотъемлемой частью агробиоценозов. Известно, что на микроорганизмы высшие растения воздействуют с помощью фитонцидов – летучих веществ различной природы. К ним относятся эфирные масла, комплексы терпеноидов или другие вторичные вещества растений. Для каждого вида характерен свой химический состав фитонцидов [7, 10].

Исследования в данной области ведутся уже на протяжении долгого времени. Еще в 1955 году учеными Мишустинным и Наумовой было выяснено отрицательное воздействие токсичных веществ люцерны посевной на прорастание хлопка (*Gossyplum hirsutum L.*) и микрофлору почвы. Позже Гуензи (1964) в течении нескольких лет исследовал влияние люцерны посевной на рост и развитие кормовой кукурузы и выяснил, что вещества, выделяемые корнями и надземной частью в разной степени угнетали начальные фазы роста кукурузы (*Zea Mais L.*) [26].

Позднее в университете штата Иллинойс были проведены опыты по выяснению аутоксичности люцерны посевной. Было выяснено, что предыдущие остатки вегетативной массы этого растения оказывают стимулирующее действие на рост люцерны в следующем году и отрицательно влияют на вегетативные фазы роста культурных растений, таких как кукуруза и соя [12, 13].

Э.Л. Райсом, автором книги «Аллелопатия», в течение многих лет изучался отрицательный эффект пырея ползучего на другие высшие растения. Было выяснено, что угнетающую активность проявляют продукты анаэробного разложения корневищ пырея в почве, в частности янтарная, фенилуксусная, п-кумаровая кислоты. В связи с этим были проведены эксперименты по удалению корневищ пырея из почвы с помощью довольно часто применяемого гербицида глифосата [20]. Однако, ученые пришли к выводу, что угнетение культурных растений продуктами разложения корневищ осталось на том же

уровне и не зависело от того, каким способом пырей погибал – от жары или от гербицида. Тогда они пришли к выводу, что глифосат, как и корневища пырея, быстро разлагается микроорганизмами, а продукты микроорганизменного разложения обладают высокой аллелопатической активностью и сильно угнетают рост остальных растений. Также было установлено, что наиболее распространенным микроорганизмом, участвующим в разложении вегетативной массы растений являются грибы рода *Fusarium* [41].

Очевидно, что практически все виды растений обладают аллелопатической активностью, направленной не только на другие растения, но и на собственно себя. Столь же очевидно, что этот аллелопатический потенциал призывает к необходимости внедрения севооборотов в практику сельского хозяйства. Кроме того, следует отметить, что практическое применение новых полученных данных и получение новых сведений по данному вопросу ведет к предотвращению вредных воздействий и, собственно, к улучшению урожая [11].

Поскольку до сих пор не разработано эффективных методов устранения данного эффекта, то исследования аллелопатии можно считать перспективным вопросом сельского хозяйства [10, 11].

Интенсивность исследований аллелопатических воздействий резко ускорилась в последние десятилетия, особенно в отношении агробиоценозов. Горизонты для будущих исследований в аллелопатии безграничны, а полученные данные несут феноменальную ценность в практическом применении [35].

Большое значение имеет изучение биохимии аллелопатически активных веществ. Как известно, основная масса таких веществ представляет собой вторично активные биологические вещества – алкалоиды, органические кислоты, остатки белковых молекул, флавоноиды, дубильные вещества [12]. Аллелопатические активные вещества высших растений, подавляющие или стимулирующие активность других высших растений в науке получили

название колинов. Колины представляют собой смесь токсичных веществ и природа данных веществ сложна и непостоянна [22]. Дело в том, что растения поглощают токсины не дифференцируя их на отдельные составляющие, и одни вещества в данной смеси могут активизировать или подавлять другие. Так, прежде всего, следует говорить о суммарном воздействии аллелопатически активных веществ.

Токсичные выделения растений принято разделять на прижизненные и посмертные, которые выделяются в почву после отмирания и разложения вегетативной массы зеленого растения [25]. Прижизненные колины также подразделяются на активные и пассивные, происходящие, например, вследствие вымывания веществ из листьев осадками и т. д. В соответствии с этим летучие выделения растений разделяются на три типа: фитогенные – это активные или пассивные выделения растений, образующиеся в результате метаболизма; фитонциды — выделения поврежденных тканей растений; миазмины — выделения из отмерших, гниющих тканей (от греч. гтаэтоэ— скверна) [13].

Каждый отдельный вид растений характеризуется особым набором токсичных веществ. Так, например, все семейство тыквенных (*Cucurbitaceae*) содержит в составе горькое токсичное вещество кукурбитацин. Для сорго таким веществом являются ханнины. Всего Э.Райс выделил 15 групп аллелопатически активных веществ. Они представлены разнообразными простыми и сложными органическими веществами [26].

Аллелопатическая активность также зависит от внешних условий. Было установлено, что наибольшей активностью в отношении других растений обладают водные вытяжки из листьев, слабее – из корней, стеблей, плодов, а наименее активны вытяжки из семян высших растений [3].

Исследования показали, что в основном взаимодействие растений происходит через почву. Колины, выделяемые растениями, на долгое время задерживаются в почве на уровне корневой системы, что способствует



успешному поглощению не только другими видами растений, но и тому виду, которому данные выделения принадлежат. Это явление лежит в основе почвоутомления в сельском хозяйстве [8].

Высокой аллелопатической активностью обладают миазмины и сапролины – вещества, образующиеся в почве после разложения вегетативной массы высших растений [17].

Советскими исследователями в данной области Н. Н. Дзюбенко и Н. И. Петренко было установлено, что выделения корней люпина (*Lupinus albus*) и кукурузы подавляют рост мари белой (*Chenopodium album*) и щирицы запрокинутой (*Amaranthus retroflexus*). Пшеница, овес, горох и гречиха (*Fagopyrum sagittatum*) также подавляют рост и накопление биомассы мари белой [15].

Работы, о которых говорилось выше, со всей очевидностью указывают на возможность выведения таких культурных растений, которые путем аллелопатического воздействия способны подавлять наиболее распространенные в интересующем нас районе сорняки. Генетики уже длительное время работают над выведением культурных растений, устойчивых ко многим болезням. Многие из синтезируемых растениями веществ, повышающих устойчивость растений к болезням, являются в то же время аллелопатическими агентами или родственными им соединениями [36].

Практический интерес представляет изучение влияния сорняков на рост и развитие культурных растений. Практический интерес представляет изучение влияния сорняков на рост и развитие культурных растений. Большинство исследователей обращают внимание только на конкуренцию между этими видами за свет и питательные вещества, но проблема находится гораздо глубже, чем кажется [24].

## 1.2 Аллелопатическая активность сорных растений

Авторы большинства работ по влиянию сорняков на культурные растения ограничиваются исследованием конкуренции между ними за минеральные вещества, влагу или свет. Биохимическим же взаимодействиям уделяется недостаточно внимания, хотя фактически ни один эксперимент по «конкуренции» нельзя поставить таким образом, чтобы исключить возможные аллелопатические влияния [7]. К счастью, число исследований, специально посвященных изучению биохимического влияния сорняков, непрерывно растет. Несомненно, воздействие сорняков на культурные растения в той или иной степени включает конкуренцию, однако появляется все больше данных, свидетельствующих о том, что по крайней мере в некоторых случаях очень большое значение имеют аллелопатические влияния [36].

Давно известно, что урожай льна сильно снижается даже при незначительном засорении льняных полей сорняком рыжиком льняным (*Camelina alyssum*). Никаких ядовитых корневых выделений у этого сорняка не обнаружено, однако его листья содержат мощный ингибитор [12]. Были проведены опыты, полностью исключающие конкуренцию за минеральные вещества, влагу и свет. Зеленая масса рыжика подвергалась дождеванию, в результате чего из зеленых листьев вымывались токсины. Результаты опыта показали, что контрольные растения льна, поливаемые простой водой дают на 40% больше сухой массы, нежели поливаемые водой, смытой с зеленой массы сорняка [10].

Хорошо известно, что рост и урожай кукурузы подавляются щетинником гигантским (*Setaria faberii*). Раньше этот факт объясняли только конкуренцией и даже не пытались выявить в данном случае возможные аллелопатические влияния. Ученые Шрейбер и Уильямс показали, что гниющие корни щетинника гигантского заметно подавляют рост корней кукурузы, даже если в почву вносится достаточное количество азота с целью ослабить

кратковременное действие высокого соотношения углерод—азот [19]. Было проведено исследование влияния корневых выделений щетинника на рост кукурузы в условиях, исключающих конкуренцию. Оказалось, что выделения проростков щетинника не влияют на рост кукурузы, но корневые выделения взрослых растений щетинника, а также продукты, диффундирующие из мертвых корней и остатков целых растений сорняка, существенно снижают высоту, сухую и сырую массу кукурузы [37].

Водные экстракты из многих сорняков подавляют прорастание семян некоторых культурных растений. Более того, семена некоторых сорняков, внесенные в почву с семенами культурных растений, подавляют рост проростков последних [6].

Листья щавеля курчавого (*Rumex crispus*) подавляют рост проростков кукурузы и зернового сорго [6].

Сорняк чуфа (*Cyperus esculentus*) сильно вредит посевам кукурузы, снижая ее урожаи и заглушая другие растения в поле. По данным некоторых авторов, экстракты клубней чуфы содержат несколько веществ, подавляющих рост проростков овса и прорастание семян многих культурных растений [14].

В течение ряда лет проводились многочисленные исследования по аллелопатическому влиянию пырея ползучего (*Agropyron repens*) на культурные растения [24]. По наблюдениям ведущих ученых в данной области, растения кукурузы на полях, засоренных пыреем, страдают от сильного недостатка элементов минерального питания, особенно азота и калия. Анализ растений кукурузы с таких полей показал, что содержание в них азота и калия в самом деле было ниже по сравнению с растениями кукурузы с незасоренных полей. Даже усиленное внесение азотных и калийных удобрений на поля, заросшие пыреем, заметно не улучшало продуктивность кукурузы, хотя, как выяснилось, лишь небольшая часть внесенных элементов поглощалась пыреем. Результаты последующих исследований позволили предположить, что пырей, по-видимому, каким-то путем переводил питательные вещества, содержащиеся

в почве, в недоступную для растений форму или же снижал поглощающую способность корней кукурузы, либо действовал в обоих этих направлениях [12, 13, 24].

В 1974 г. Минарж получил дополнительные данные, подтверждающие эти предположения. Он установил, что пырей снижал образование сырого и сухого вещества надземными частями пшеницы. Внесение удобрений не снимало полностью этого эффекта, даже при исключении возможности других механизмов конкуренции. В ходе последующих исследований выяснилось, что аллелопатическое влияние пырея заключается главным образом в снижении способности пшеницы поглощать фосфор, даже если он в достаточных количествах содержится в почве [12, 13].

Ваточник сирийский (*Asclepias syriaca*) — самый распространенный сорняк в центральных северных и северо-восточных районах США и Канады. В опытах, проводившихся в Небраске, он сильно снижал урожай зернового сорго [37].

Дикий подсолнечник (*Helianthus annuus*) сильно засоряет посеvy культурных. Вред, причиняемый им культурным растениям, раньше объясняли главным образом конкуренцией, однако Уилсон и Райс установили, что он обладает сильным аллелопатическим влиянием на многие виды растений. Аллелопатическое влияние может быть не только угнетающим, но и стимулирующим. Данный фактор можно использовать в земледелии как мощный биологический активатор роста [33]. Югославский ученый Гайич обнаружил, что урожаи пшеницы существенно возрастали за ряд лет, если ее выращивали при засорении посевов куколем посевным (*Agrostemma githago*). В стерильной культуре проростки куколя стимулировали рост проростков пшеницы на агаровой среде, что указывает на наличие аллелопатических эффектов. Из семян куколя были выделены три вещества, стимулирующие рост проростков пшеницы — агростемин, аллантаин и гиббереллин. По сообщениям этих и других авторов, внесение агростемина в посеvy пшеницы

даже в очень низких дозах — до 1,2 г/га повышало урожай зерна как на удобренных, так и на неудобренных участках [33].

К счастью, результат химического взаимодействия между культурными растениями и сорняками не всегда бывает в пользу последних. В литературе существует множество примеров продуцирования культурными растениями соединений, вредных для сорняков.

### **1.3 Кинетика прорастания семян**

Семена растений всегда привлекали ученых-физиологов и агрономов. Физиологи были увлечены процессами, происходящими в таком маленьком органе, агрономы же всегда знали, что хороший урожай и качество конечного продукта напрямую зависит от «производительности семян» [11].

Среди этапов жизненного цикла прорастание семян и появление всходов наиболее уязвимые процессы. Прорастание включает в себя последовательность сложных биологических процессов, которые ведут к появлению зародыша в семенах в спокойном состоянии и в дальнейшем к образованию проростков и выходу из почвы [35]. Во время прорастания семян питательные субстраты, находящиеся в эндосперме восстанавливаются, если они повреждены и превращаются в новые строительные материалы, необходимые для первоначального роста зародыша и его последующего развития в своей естественной среде обитания [39].

Для начала прорастания семени конденсированные, нерастворимые вещества должны быть увлажнены и затем гидрализироваться до своего основного состояния, прежде чем будут использоваться повторно. Процессы происходят в строго хронологическом порядке, одни из которых могут происходить одновременно, другие последовательно, поэтому важно поддерживать необходимый водный режим для обеспечения нормального

протекания всего комплекса химических превращений, характерного для данного этапа онтогенеза [15]. Для семян растений различных видов существуют свои нормы реакции и приурочены они к соответствующим эндогенным регуляторам и изменениям окружающей среды [17, 38, 40].

Так, например, в аридных условиях семена, чтобы получить воду из почвы стремительно теряют запасы воды и в условиях образования плотного почвенного пласта также образуют на поверхности твердые оболочки, которые препятствуют полной потере влаги и защищают семена от механических повреждений [40].

В условиях нормального водного режима на прорастание семян влияют другие факторы, такие как предшествующие культуры, световой и температурный режим, глубина посева семян и т.д [20].

Очевидно, что знание конкретных физиологических потребностей семян различных видов растений и их физиологические отношения с другими видами растений обеспечивают в дальнейшем успешное прорастание и появление всходов [41].

Содержание воды в почве и потенциал почвенной влаги взаимосвязаны с химическим составом почвы и определяют условия и направление процессов поглощения и отдачи воды семенами [34].

Поглощение воды семенами является необходимым условием для правильного прорастания и при нормальных условиях зависят от свойств семян, воды и почвы. Количество воды, которое требуется семенам для прорастания очень небольшое. Приток воды из почвы в семя определяется различием водных потенциалов между семенами и почвой и контролируется электропроводностью почвы для воды [3, 32].

Общий водный потенциал сухого семени ( $\Psi$  семени) в целом намного ниже по сравнению с почвой, в связи с чем семя может быстро набухать, поглощая воду. Движущей силой в данном процессе является градиент потенциала, описываемый формулой  $\Delta\Psi = (\Psi \text{ семени} - \Psi \text{ почвы})/\text{расстояние}$ .

Вначале набухания скорость поступления довольно большая и уменьшается по мере достижения необходимого количества воды в семени. В этом случае водный потенциал семени ( $\Psi$  семени) будет равен водному потенциалу почвы [41].

Большое количество воды требуется для развития зародыша в дальнейшем, при образовании зародышевых корешков и корневых волосков [21].

Виды и сорта могут существенно отличаться по количеству необходимой для прорастания воды [30].

Поглощение воды сухими семенами характеризуется тремя фазами, которые контролируются одним из следующих факторов:

- 1) свойства семени по отношению к воде (водный потенциал семени, коэффициент диффузии);
- 2) водные свойства почвы (потенциал почвенной влаги, коэффициентом диффузии и электропроводностью почвы для воды);
- 3) гидравлическими свойствами семян [1].

На начальном этапе водопоглощения, то есть в фазе набухания, процесс характеризуется степенью контакта семян с почвой, насыщенности почвы и семян водой, а также от строения и геометрии семенной кожуры [29].

Вторая фаза поглощения характеризуется невысокой скоростью поступления воды в семя. Третий этап, фаза роста, характеризуется быстрой экспоненциально увеличивающейся скоростью поглощения воды, сопровождающейся возникновением корешков [29].

### 1. Фаза набухания

Как правило, данная фаза считается пассивной и начинается с поступления в семя воды, которая распространяется в щели, трещины и другие недостатки покровов и тканей и поглощается семенными коллоидами. Для разных видов растений существуют своя точка поступления воды. В основном такими местами являются микропиле, основание семяпочки или стык

зародыша с эндоспермом [26]. Замеры скорости поступления воды на данном этапе показали, что она будет зависеть от температуры окружающей среды и сопровождается ростом частоты дыхания и чувствительности к свету у некоторых видов семян. Полученные данные наводят на мысль, что транспорт воды в семя на ранних этапах уже становится активным [23].

Конец фазы набухания характеризуется снижением скорости поглощения воды и зависит от водного потенциала почвы и семян.

## 2. Фазовый переход

Во время фазового перехода, также известного как фаза паузы, влажность семян, интенсивность дыхания и, очевидно, морфология остаются неизменными. Тем не менее, на данном этапе активизируется целый ряд метаболических процессов, и активность этих процессов зависит от того, насколько полно семя поглотило воды, необходимой для этих реакций. Поэтому любые неблагоприятные условия окружающей среды могут привести к просушке семян, что может помешать, замедлить или даже подавить прорастание. Если повреждений не произошло, то всхожесть семян будет достаточно высокой в результате накопления в фазе покоя необходимых метаболитов [27].

## 3. Фаза роста

Фаза роста начинается с увеличения частоты дыхания, активизации деления клеток и возникновению зародышевых корешков. Заканчивается этот период выпячиванием корешков. На данном этапе скорость поглощения воды зависит от водного потенциала почвы, адаптации семени в окружающей его среде, а также от степени контакта семян с почвой [27].

Как уже отмечалось выше, различие между фазами является произвольным разделением последовательных процессов, которые приводят к прорастанию. На самом деле все процессы взаимосвязаны и эти связи предполагают, что каждая фаза в значительной мере зависит от предыдущей фазы, скорости поглощения и общего водопоглощения [42].



Общепринято, что для того чтобы прорасти, семя должно достичь минимального содержания воды, известного как критический уровень гидратации. Данное понятие определяется как минимальное количество воды, при котором семя будет прорасти. Он не отражает распределение воды среди компонентов семян. Объем воды, накопленный в семени за период набухания, у разных видов распределяется по-разному. Например, известно, что семена кукурузы набирают 75% воды, но в эндосперм поступает только 50% воды от всего объема [28].

Критический водный потенциал определяется как внешнее потенциальное значение воды ниже которого семена не могут достичь критического уровня гидратации. В таком случае в семени смачивается только зародыш и прилегающие к нему ткани.

Полностью напитанные влагой семена прорастают и начинают расти даже тогда, когда водный потенциал субстрата или почвы продолжает снижаться и находится значительно ниже критического значения. Хантер и Эриксон (1952) определили критический водный потенциал для семян кукурузы, риса, гороха, клевера и он составит -1,25, -0,79, -0,66 и -0,35МПа соответственно [34, 41]. В практических ситуациях внешний водный потенциал зависит от поглощения воды, испарения воды из почвы и дренажных систем, соответственно приведенные значения могут колебаться [30].

#### **1.4 Динамика поглощения воды семенами**

Динамика поглощения воды семенами может быть количественно рассчитана при известных значениях градиента водных потенциалов семян и почвы, проводимости воды и соответствующие конечных и начальных условий водного баланса (объем воды в семени) [38]. В большинстве известных исследованиях водопоглощения семян, эксперимент исключает динамическое

прогнозирование на основе расхода воды. Кроме того, они не допускают какие-либо различия между специфическим воздействием на всхожесть семян водного потенциала, электропроводности почвы и степени контакта семян с субстратом [1, 17, 41].

Понимание водного транспорта в семени можно упростить, считая, что семена напоминают сферы или цилиндры и принимая в значение средневесовые показатели диффузии ( $\Psi$  семян и  $\Psi$  почвы), тем самым упрощая вычислительные сложности [17].

Прохождение воды из почвы в семя включает:

- 1) устремление воды от почвы к поверхности семян;
- 2) прохождение воды через систему семя-почва;
- 3) проникновение влаги через семенную оболочку семени;
- 4) попадание воды собственно в семя [29].

Сообщается, что степень диффузии воды в семена для различных видов растений колеблется в пределах от  $1,5 \times 10^{-5}$  до  $1,6 \times 10^3$  м<sup>2</sup> в сутки. Значения данного показателя для почвы выше, чем у семян. Эти расчеты убедительно показывают, что на скорость диффузии воды в семя оказывает влияние строение семенной кожуры [39].

Вода на пути в семя пересекает границу раздела почва-семя, которая состоит из семенной кожуры семян и почвы в зоне контакта. Граница семя-почва редко имеет идеальное геометрическое строение, в связи с этим поступление воды ограничено.

Семенную кожуру подразделяют по проницаемости для воды на 4 типа:

- 1) непроницаемые;
- 2) частично проницаемые;
- 3) полностью проницаемые;
- 4) условно проницаемые в тех случаях, когда проницаемость семенной кожуры существует только на границе соприкосновения с почвой [12, 13].

Семенная кожура неоднородна по своей форме и обычно зона

поступления воды находится в зоне микропиле, рубчика, халазы и участков, покрытых гидрофильными или гидрофобными материалами. Эти различия в строении семенной оболочки и определяют степень проницаемости для потока воды и сопротивление на границе почва-семя [12].

Семенная кожура горчицы белой (*Sinapis alba*) имеет наружную и внутреннюю эпидерму и формируется обоими интегументами. Между ними располагается слой механической ткани и пигментный слой (остатки эндосперма), первый из которых выполняют защитную функцию, а второй придает семени своеобразный цвет. Наружная эпидерма состоит из тонкостенных клеток, строение которых сильно варьирует. Внутренняя стенка эпидермальной клетки может нести слизевые колонки, которые при попадании семян во влажную среду набухают и пробивают собой наружную стенку. Обнаружено до 15 различных структурных вариаций эпидермы семени. Механический слой представлен кубическими или радиально вытянутыми клетками с одревесневшими утолщенными клеточными стенками [2].

Уменьшение содержания воды, электропроводности почвы для воды или площади контакта почва-семя в сочетании с низкими диффузионными показателями семенной оболочки растения могут ограничить набухание семян в значительной степени [32].

Зона геометрической конфигурации границы почва-семя также зависит и от структуры самой почвы. Обычно семена высаживают в неоднородную толщу почвы. Чем мельче почвенные комочки, тем больше зона контакта, а соответственно и поглощение. Если семена покрыты ворсинками, то контакт минимальный. Однако, когда точки контакта смачиваются водой, площадь контакта увеличивается [2].

Поглощение воды семенем, как правило, происходит в три этапа:

- 1) быстрое начальное поглощение;
- 2) фаза покоя с дальнейшим поглощением;
- 3) быстрое поглощение с образованием корешков [1].

Первый этап набухания – водопоглощение. Это физический процесс, так как вода поступает в семена благодаря гидравлическому потенциалу. Первоначальное водопоглощение определяется как матричное, так как в результате гидратируются клеточные стенки, крахмал, белковые тела и т.д. Рассматривая данный процесс в физиологическом контексте, следует обратить внимание, что вместе с водой в семя поступают растворенные в ней соли, следовательно, возникает осмотический потенциал между семенем и почвой. Начальное водопоглощение может оказывать и негативные воздействия, если скорость поглощения слишком большая. В основном это проявляется в нарушении целостности семенных оболочек [12, 13, 27].

В основе набухания лежит гидратация коллоидов - взаимодействие веществ с водой, приводящее к уменьшению ее подвижности. Главную роль в процессе набухания семян играют белки - наиболее гидрофильные вещества. Гидратация белков включает три процесса:

1. электронейтральную гидратацию путем образования водородных связей между атомами О и N полярных групп (карбоксильной, спиртовой, аминной, амидной и др.) и водородом воды (наиболее важный процесс, приводящий к значительному увеличению объема и повышению температуры);

2. ионную гидратацию - притяжение диполей воды ионизированными группами белка –  $\text{COO}^-$  и  $\text{NH}^{+3}$ ;

3. иммобилизацию молекул воды, попадающих в замкнутые полости белковых глобул [1, 3, 41, 42].

## 2 Материалы и методика исследования

### 2.1 Характеристика исследуемых растений

**Горчица белая** (*Sinapis alba L.*) – стандартная тестовая культура для исследования аллелопатии, предложенная А.М. Гродзинским.

Горчица белая - однолетнее растение, имеет травянистое строение. Относится к роду Горчица (*Sinapis*), который в свою очередь относится к семейству Крестоцветные (*Cruciferae*). Растение получило название «белая» в связи с окраской семян.

Горчица достигает 40-70 см в высоту. Стебель прямостоячий, жесткий, имеет опушение, так же как и листья растения. Листья имеют сложное строение: нижние имеют более длинные черешки, листочки перисторазделенные. Верхний листочек трехлопастный, имеет четкое очертание. Верхние листья имеют более короткие черешки, их контуры имеют более очерченный характер. Листья покрыты волосками [33].

Цветки имеют желтую окраску и собраны в кисти. Горчица относится к типу насекомоопыляемых растений.

Плод – прямой или дугообразный стручок. Внутри стручка находятся округлые семена бледно-желтого цвета. Семена горчицы белой содержат 35% жирного горчичного масла, обладающего дезинфицирующими свойствами. Ценность горчичного масла заключается в наличии большого количества полиненасыщенных Омега-3 и Омега-6 кислот, витаминов группы В и эфирных масел.

Горчица белая культивируется в России как хороший медонос. Также горчица высоко ценится в сельском хозяйстве, так как является улучшителем почв [11].

**Пырей ползучий** (*Elytrigia repens L.*) – многолетнее растение, травянистое. Относится к роду пырей (*Elytrigia*) семейства Мятликовых

(*Poaceae*). Является злостным сорняком в связи со специфическим ползучим строением корневища и хорошей укореняемостью. Произрастает на всей территории Российской Федерации.

Корневища залегают на глубине 7-8 см и имеют шнуровидное строение.

Стебель достигает в высоту около 20-45 см. Листья гладкие, имеют игольчатое строение, тонкие, длиной около 17 см и шириной около 5-6 мм. У основания немного расширены и сужаются к концу.

Цветки мелкие, собраны в колоски, которые в свою очередь собраны в редкий колос длиной 8-20 см. Колоски расположены по одному, книзу имеют более расширенное строение, которым обращены к основанию колоса [11].

**Марь белая** (*Chenopodium album* L.) – однолетнее, сильноветвистое, травянистое растение. Относится к роду Марь (*Chenopodium*) семейства Маревые (*Chenopodiaceae*).

Стебель прямой, гладкий, достигает в высоту 50-130 см.

Листья гладкие, нежные, покрыты белесым мучнистым налетом. Имеют вытянутую форму и зубчатые края. Расположены поочередно.

Цветки имеют клубочковое строение, обоеполые, собраны в небольшие колоски, которые, в свою очередь, образуют верхушечные метелки.

Семена мелкие, черные, блестящие. Имеют округлую форму. На одном растении образуется большое количество семян (около 100 тысяч), которые сильно загрязняют почву, в связи с этим марь белая является сорным растением. При массовом прорастании семян марь белая может нанести ущерб сельскохозяйственным посевам [11, 29].

Марь белая активно используется в народной медицине как противовоспалительное, обеззараживающее и седативное средство [11].

**Щирица запрокинутая** (*Amaranthus retroflexus* L.) – вид однолетних травянистых растений рода Щирица (*Amaranthus*) семейства Амарантовые (*Amarantaceae*).

Стебель прямой, массивный, в высоту достигает 1,2 м. На поверхности имеет жесткие ворсинки. Стебель может быть сильноветвистым, окраска светло-зеленая либо слегка красноватая.

Корень массивный, стержневой, красно-бордовой окраски.

Листья гладкие, вытянутые, располагаются на длинных черешках. Имеют ромбовидную форму. Обладают некоторой гелиотропностью – способностью поворачивать свою поверхность к источнику солнечного света.

Цветки мелкие, собраны в плотные светло-зеленые соцветия.

Семена маленькие, темно-бурые, на одном растении может образовываться до 6 тысяч семян. Является злостным сорняком сельскохозяйственных угодий, произрастает практически на всей территории Российской Федерации.

**Галинсога мелкоцветковая** (*Galinsoga parviflora Cav.*) – однолетнее травянистое растение рода Галинсога (*Galinsoga*) семейства Астровые, или Сложноцветные (*Compositae*) [29].

Стебель прямой, разветвленный, покрыт белым густым опушением. В высоту достигает 40-50 см. Листья расположены супротивно, ярко-зеленые, имеют яйцевидную форму. Край листа имеет зубчатое строение. Листья имеют короткое железистое опушение.

Цветки мелкие, имеют корзинчатое строение. Корзинки расположены на опушенных цветоножках и собраны в небольшие зонтики. Язычковые цветки имеют белую окраску, обычно находятся в количестве пяти цветков, трубчатые окрашены в желтый цвет, их около 20-35.

Семянки имеют гранистое строение, темно-серого цвета [29].

Свою активность как сорняк Галинсога мелкоцветковая стала проявлять относительно недавно, хотя и раньше произрастала на Северо-Западе страны и в Центральной её части. Галинсога чаще всего произрастала на территориях с более теплым климатом, однако сейчас наблюдается её быстрое

распространение и в более северные районы. Это растение в простонародье называют «американкой», намекая на ее американское происхождение. Высокий уровень засоренности сельскохозяйственных угодий данным сорняком связан с высоким уровнем накопления семян в почве [29].

## 2.2 Методика исследования

Зеленая масса для исследований была собрана в конце лета и высушена. Для приготовления настоя использовалась надземная часть сорных растений. Согласно условию опыта, для получения настоя необходимой концентрации мы рассчитывали необходимую массу измельченных сушеных растений и настаивали её в 50 мл водопроводной воды комнатной температуры в течение суток.

Исследование набухаемости семян горчицы в настое сорных растений в различных условиях проводилось в лабораторных условиях. Семена горчицы белой (*Sinapis alba* L.) отбирались по 100 штук, взвешивались на лабораторных весах, помещались в чашки Петри. Затем к семенам приливали 10 мл суточного настоя надземной массы галинсоги мелкоцветковой (*Galinsoga parviflora* Cav.). Каждый опыт проводился в трех повторах. В зависимости от условий опыта использовались настои различной концентрации – 1%, 2,5%, 5%. К контрольному образцу приливали 10 мл отстоянной водопроводной воды комнатной температуры.

Также были созданы условия для проведения исследования влияния различных температур на набухаемость. К семенам горчицы приливали 2,5% суточный настой надземной массы галинсоги мелкоцветковой, а затем набухание семян оценивалось при 5°C, 25°C, 38,4°C.

При изучении влияния кислотности на набухаемость семян горчицы мы



использовали 2,5% суточные настои надземной части галинсоги мелкоцветковой и изменяли рН в зависимости от условий опыта. Исследование проводилось при рН=5, 7 и 8.

Семена находились в настое 24 часа. Затем мы просушивали их фильтровальной бумагой и взвешивали на лабораторных весах. После взвешивания семена просушивались на воздухе еще в течение одного часа, а затем снова взвешивались [25].

Исследование аллелопатической активности сорных растений по начальным ростовым процессам проводилось в лаборатории стандартным методом. Семена горчицы в количестве 100шт. заливались 10 мл 2,5% суточного настоя сорного растения – галинсоги мелкоцветковой, пырея ползучего, мари белой и щирицы запрокинутой. Через 72 часа мы исследовали энергию прорастания – количество проросших семян. На седьмой день после закладки опыта проводили оценку проростков. Устанавливали, являются ли данные проростки нормально развитыми. К ним относят:

- проростки с хорошо развитой корневой системой,
- проростки с хорошо развитым и целым гипокотилем без повреждения проводящей ткани, с нормальной верхушечной почкой,
- проростки без видимых признаков болезней [25].

Каждый опыт проводился в трехкратном повторе.

При проведении опыта мы придерживались следующих принципов:

- 1) точность в отсчете количества семян горчицы для проведения опыта
- 2) поддержание одинаковых температурных режимов
- 3) точность в определении сроков опыта
- 4) единообразие методики высушивания и взвешивания
- 5) единообразие и точность в приготовлении настоев

Фактические критерии сравнивались с теоретическими (см. таблицу 2.1) и делались выводы, пользуясь таким правилом: если фактический критерий

Стьюдента равен теоретическому значению или больше него, то разность между вариантами существенна на принятом уровне вероятности.

Таблица 2.1 Значение t (критерия Стьюдента) для малых выборок [22]

Число степеней свободы	Уровень доверительной вероятности (P)			
	0,900	0,950	0,990	0,998
1	6,31	12,71	63,66	318,54
2	2,92	4,30	9,93	22,38
3	2,35	3,18	5,84	10,24
4	2,13	2,78	4,60	7,58
5	2,02	2,57	4,03	5,90
6	1,94	2,45	3,71	5,20
7	1,90	2,37	3,50	4,80
8	1,86	2,31	3,36	4,50
9	1,83	2,26	3,25	4,30
10	1,81	2,23	3,17	4,15
11	1,80	2,20	3,11	4,00

Статистическая обработка проведена разностным методом. Обработка результатов разностным методом:

1. Вычислялись средние арифметические значения по повторениям;
2. Между опытными вариантами и контролем вычислялись разности и определялись средние арифметические разности ( $\bar{d}$ );
3. Рассчитывались отклонения  $(d - \bar{d})$  между каждой разностью и средним значением;
4. Отклонения возводились в квадрат и суммировались, а их суммы  $\sum(d - \bar{d})^2$  использовались для вычисления ошибок разностей по формулам для каждой концентрации:

$$S_{d(1-2)} = \sqrt{\frac{\sum(d - \bar{d})^2}{n(n-1)}} \quad (1)$$

5. Вычислялись критерии существенности Стьюдента (фактический):

$$t_{(1-2)} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{S_{d(1-2)}} \quad (2)$$

Для лабораторного опыта значимыми являются различия при 0,990 [25].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенов, С.И. Исследование начальных этапов набухания семян пшеницы методом спинового эха ЯМР / С.И. Аксенов, Н.А. Аскоченская, Е.А. Головина. - Москва: Эксмо, 1982. - 729 с.

2. Аксенов, С.И., Головина Е.А. Особенности поступления и распределения воды в семенах при набухании / С.И. Аксенов, Е.А. Головина. – Москва: Академия, 1986. – 554с.

3. Аскоченская, Н.А. Водный режим семян / Н.А. Аскоченская. – Киев: Наукова Думка, 1984. – 421с.

4. Рубин, Б.А. Большой практикум по физиологии растений. Минеральное питание. Физиология клетки. Рост и развитие: Учебн. пособие для студ. биол. спец. пед. вузов / Б.А. Рубин. - Москва: Высшая школа, 1978. - 408 с.

5. Бутавин, Н. Ю. Набухание семян в магнитном поле / Н.Ю. Бутавин, Я.М. Халяпина, Т.И. Смирнова, М.А. Пастушенкова, Ю.Г, Казаишвили. – Москва: Вестник ТвГУ, 2009. – 212с.

6. Веселова, Т. В. Изменения состояния семян при их хранении, проращивании и под действием внешних факторов (ионизирующего излучения и других слабых воздействий), определяемое методом замедленной люминисценции / Т.В. Веселова // автореф. - Москва, 2008. - 43с.

7. Виноградова, Ю.К. Инвазибельность естественных фитоценозов и конкурентные отношения между аборигенными и инвазионными видами / Ю.К. Виноградова, Л.И Возна // Материалы Междунар. науч. конф. посвящ. 135-летию И.И.Сапрыгина. - Пенза, 2008. – С.98-106.

8. Глубшева, Т.Н. Аллелопатия амброзии полыннолистной / Т.Н. Глубшева, Е.Н. Карпушина // Научные ведомости БелГУ. сер. Естественные науки. – 2009. - №11(66). - С.5-9.

9. Глубшева, Т.Н. Аллелопатическая активность бархатцев / Т.Н. Глубшева, Ю.И. Сосоенко // Фитодизайн в современных условиях: материалы международной научно-практической конференции. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2010, - С.123-126.

10. Глубшева, Т.Н. Влияние настоя из амброзии полыннолистной на важнейшие сельскохозяйственные культуры / Т.Н. Глубшева // Научные ведомости БелГУ. сер. Естественные науки. – 2010. - №9(80). - С.55-58.

11. Гребинский С. Биохимия растений / С. Гребинский. - Львов, Издательство Львовского университета, 1967, 273 с.

12. Гродзинский, А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление: Избранные труды / А.М. Гродзинский. - Киев: Наук. думка, 1991. – 432с.

13. Гродзинский, А.М. Изучение физиологических и биохимических процессов в растительных сообществах / А.М. Гродзинский. – Киев: 1970. - 621с.

14. Грюммер, Г. Взаимное влияние высших растений — аллелопатия / Г. Грюмер. – Москва, 1957. – 395с.

15. Дженн, Р.К. Что такое прорастание? Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / Р.К. Дженн, Р.Д. Амен. - Москва: Колос. 1982. - 279с.

16. Дзюбенко, Н.Н. К вопросу о биохимическом взаимодействии культурных растений и сорняков. Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений фитоценозах / Н.Н. Дзюбенко, Н.И. Петренко. - Москва: Просвещение, 1971. - 652с.

17. Злотникова О.В. Прорастание семян гороха под влиянием остаточных концентраций гербицидов / О.В. Злотникова // материалы научной конференции «Сельское хозяйство: пути развития». – Курск, 2009. – С.56-58.

18. Значение учебно-исследовательской деятельности учащихся [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://svtkachenko.ucoz.net/>

19. Иванов, В.П. Растительные выделения и их значение в жизни

фитоценозов / В.П. Иванов. - Москва: Наука, 1973. - 468с.

20. Казакова, А.С., Гайдаш М.В., Козяева С.Ю. Фазы прорастания семян двух сортов ярового ячменя, различающихся по засухоустойчивости / А.С. Казакова, М.В. Гайдаш, С.Ю. Козяева // Материалы конференции, посвященной 119-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. - Саратов, 2006. – С.68-74.

21. Коротких, Е.В. Агрофитоценология: Учебное пособие / Е.В. Коротких. — Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 2016. — 88 с.

22. Крокер, В. Физиология семян / В. Крокер, Л. Бартон. - Москва, 1955. - 399 с.

23. Матасова Л.В. Биохимическая экология: учебное пособие / Л.В. Матасова, Л.Н. Хицова, Т.Н. Попова. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. — 63 с.

24. Моисейченко В.Ф. Основы научных исследований в агрономии/ В.Ф. Моисейченко. – Москва: Колос, 1996 – 336с.

25. Николаева, М.Г. Физиология глубокого покоя семян/ М.Г. Николаева. – Москва, 1967. - 207с.

26. Никулин, А.В. Определение зависимости прорастания семян от степени набухания. Успехи современного естествознания / А.В. Никулин, И.Н. Тарасова. – Москва: Эксмо, 2011. — 320 с.

27. Овчарова, К.Е. Физиология формирования и прорастания семян / К.Е. Овчарова. – Москва: Колос, 1976. – 256 с.

28. Опасный сорняк галинсога мелкоцветковая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.floraprice.ru/articles/ogorod/galinsoga-melkocvetkovaya.html>

29. Попцов, А.В. Очерки по семеноведению / А.В. Попцов, В.И. Некрасов, И.А. Иванова И.А. - Москва: Наука, 1981. - 113 с.

30. Плешков, Б.П. Практикум по биохимии растений / Б.П. Плешков. -

Москва: Колос, 1985. - 255с.

31. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. - Москва: Высшая школа, 1989. - 464 с.

32. Прокофьев, А.А. Критический уровень оводненности семян для начала их прорастания / А.А. Прокофьев, Н.В. Обручева, Л.С. Ковалдо, Л.К. Кулеева, И.С. Кожемякина. – Москва: Эскмо, 1983. – 326с.

33. Райс, Э. Природные средства защиты растений от вредителей / Э. Райс. - Москва: Мир, 1986. — 184 с.

34. Реймерс, Ф.Э. Растение во младенчестве / Ф.Э. Реймерс. - Новосибирск: Наука, 1987. - 183 с.

35. Третьяков, Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н.Третьяков. – Москва: Колос, 1998. – 640с.

36. Франц, Й. Биологические методы борьбы с вредителями / Й. Франц, А. КригПер, с нем. И.Н. Заикиной. — Москва: Колос, 1984 – 352 с.

37. Хлудеев, В.С. Атлас сорняков, засоряющих посевы зерновых культур. Токсичные и вредные семена / В.С. Хлудеев. - Днепропетровск, 2009. — 29 с.

38. Чекмарев, П.А. Динамика кислотности черноземов в Белгородской области / П.А. Чекмарев, С.В. Лукин, Н.С. Четверикова. – Белгород, 2010. – 195с.

39. Якушкина, Н.И. Физиология растений: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. / Н.И. Якушкина. – Москва: Просвещение, 1993. - 351 с.

40. Benech-Arnold, R.L. Handbook of seed physiology: applications to agriculture / R.L. Benech-Arnold, R.A. Sánchez. - New York: The Haworth Reference Press, 2004. - 480 pp.

41. Kirkham, M.B. Principles of Soil and Plant Water Relations / M.B Kirkham. - Elsevier Academic Press, 2005. — 500 pp.

42. Rand, P.J. Plant Biology / P.J. Rand. - IDG Books Worldwide, 2001. -245 pp.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Промежуточные результаты исследования набухаемости семян горчицы при различных условиях

Таблица 24 Набухаемость семян горчицы в 2,5% настое галинсоги мелкоцветковой (*Galinsoga parviflora*) при температуре 38,4<sup>o</sup>C

Проба	Начальный вес семян, а	Вес семян после набухания, б	Вес семян после высушивания в комнатных условиях, с	Водоотдача, і	Водоудерживающая способность, к
2,5% настой	0,51	1,17	0,83	0,34	0,49
	0,52	1,21	0,86	0,35	0,51
	0,52	1,19	0,86	0,33	0,53
	<b>ср.</b>	<b>1,19</b>	<b>0,85</b>	<b>0,34</b>	<b>0,51</b>
Контроль (H <sub>2</sub> O)	0,52	1,19	0,92	0,27	0,65
	0,52	1,18	0,92	0,26	0,66
	0,51	1,19	0,87	0,32	0,55
	<b>ср.</b>	<b>1,19</b>	<b>0,90</b>	<b>0,28</b>	<b>0,62</b>

Таблица 24 Набухаемость семян горчицы в 2,5% настое галинсоги при 0<sup>o</sup>C

Проба	Начальный вес семян, а	Вес семян после набухания, б	Вес семян после высушивания в комнатных условиях, с	Водоотдача, і	Водоудерживающая способность, к
2,5% настой	0,53	1,08	0,75	0,33	0,42
	0,52	1,06	0,73	0,33	0,40
	0,52	1,05	0,74	0,32	0,42
	<b>ср.</b>	<b>1,06</b>	<b>0,74</b>	<b>0,33</b>	<b>0,41</b>
Контроль (H <sub>2</sub> O)	0,52	1,12	0,83	0,29	0,54
	0,52	1,09	0,81	0,28	0,53
	0,53	1,13	0,89	0,24	0,62
	<b>ср.</b>	<b>1,11</b>	<b>0,84</b>	<b>0,27</b>	<b>0,56</b>

Таблица 25 Набухаемость семян горчицы в 2,5% настое Галинсоги мелкоцветковой (*Galinsoga parviflora*) при различных значениях pH

Проба	Начальный вес семян, а	Вес семян после набухания, b	Вес семян после высушивания в комнатных условиях, с	Водоотдача, i	Водоудерживающая способность, к
pH > 7 (2,5% настой)	0,52	1,26	0,93	0,33	0,60
	0,51	1,28	0,95	0,33	0,62
	0,51	1,30	0,96	0,34	0,62
	<b>ср. 0,51</b>	<b>1,28</b>	<b>0,95</b>	<b>0,33</b>	<b>0,61</b>
pH > 7 (H <sub>2</sub> O)	0,52	1,16	0,75	0,41	0,34
	0,52	1,17	0,78	0,39	0,39
	0,51	1,17	0,79	0,38	0,41
	<b>ср. 0,52</b>	<b>1,17</b>	<b>0,90</b>	<b>0,39</b>	<b>0,38</b>
pH < 7 (2,5% настой)	0,52	1,04	0,74	0,30	0,44
	0,51	1,07	0,76	0,31	0,45
	0,51	1,03	0,74	0,29	0,45
	<b>ср. 0,51</b>	<b>1,05</b>	<b>0,75</b>	<b>0,30</b>	<b>0,45</b>
pH < 7 (H <sub>2</sub> O)	0,51	1,12	0,78	0,34	0,44
	0,53	1,11	0,79	0,32	0,47
	0,51	1,14	0,82	0,32	0,50
	<b>ср. 0,52</b>	<b>1,12</b>	<b>0,80</b>	<b>0,33</b>	<b>0,47</b>