

**Управление образования, молодежной политики и спорта Бутурлинского
муниципального района**

**МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ**

**«Бутурлинская средняя общеобразовательная школа
имени В.И. Казакова»**

607440, Нижегородская область, Бутурлинский район, рабочий поселок Бутурлино,
улица Школьная, 2, тел: 88317252211, e-mail: buturlinoschool@mail.ru

Научное общество учащихся «Эврика»

**Исследование устойчивости ячменя к гипертермическому воздействию
на фоне обработки стимуляторами роста**

Выполнила:

Спицына Ксения Александровна,
обучающаяся 9 «В» класса

Научные руководители: старший преподаватель кафедры «Ботаника,
физиология и защита растений»

ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА»,

педагог ДО биоквантума ГБУ ДО ЦМИНК «Кванториум»

Тарасов Сергей Сергеевич,

учитель химии и биологии,

педагог дополнительного образования

МАОУ Бутурлинской СОШ имени В.И. Казакова

Гусева Мария Вячеславовна

р.п. Бутурлино, 2020

Содержание

0. Введение	3
Глава 1. Обзор литературы	5
1.1. Общие сведения о гипертермическом воздействии	5
1.2. Стимуляторы роста и их значение в устойчивости растений к стресс-факторам	6
1.3. Активные формы кислорода основные продукты стрессового воздействия	8
1.4. Антиоксидантная система защиты от стресса	10
Глава 2. Материалы и методы исследования	12
2.1. Объект исследования	12
2.2. Методы исследования	13
2.2.1. Определение активности каталазы	13
2.2.2. Количественное определение белка по методу Лоури	15
Глава 3. Результаты и их обсуждение	17
3.1. Определение активности каталазы	17
3.2. Количественное определение белка по методу Лоури	18
Выводы	19
Список литературы	21

Введение

Актуальность работы: В течение жизни растения постоянно или периодически подвергаются действию неблагоприятных факторов окружающей среды или же проще говоря стресс-факторам, одним из которых является высокая температур (гипертермия). Как показывают многочисленные исследования, растения обладают различными комплексами защитных механизмов, помогающих им приспосабливаться к неблагоприятному действию стресс-факторов. Уровень устойчивости и характер ее варьирования в значительной степени определяются видом (сортом) растений, их физиологическим состоянием, наличием вспомогательных веществ (стимуляторов роста) и сопутствующими условиями, а также интенсивностью и продолжительностью высокотемпературного воздействия. Одной из ответных реакций растений на действие стресс-факторов (в том числе гипертермии) является усиление генерации в их клетках активных форм кислорода. Для предотвращения их избыточного накопления в клетках функционирует антиоксидантная система, включающая антиоксидантные ферменты и низкомолекулярные соединения. Несмотря на то, что интерес к изучению АОС уже многие годы не ослабевает, целый ряд особенностей ее функционирования остается не до конца исследованным. Поскольку Бутурлино является рабочим поселком, и проблема урожайности всегда волновала и волнует жителей, я решила провести исследование на устойчивость ячменя к стресс-факторам, а именно к гипертермии.

Цель работы: Исследовать устойчивость зерновых культур к гипертермическому воздействию на фоне обработки стимуляторами роста.

Гипотеза: Некоторые стимуляторы роста способствуют устойчивости зерновых культур к гипертермии.

Задачи:

1. Провести теоретический анализ литературы по исследуемой

проблеме;

2. Изучить различные методики исследования белков прорастающих семян и активность каталазы, которые возможно реализовать в условиях научно-учебной лаборатории;

3. Изучить влияние высокотемпературных воздействий, различных по интенсивности и продолжительности, на жароустойчивость и ростовые процессы ячменя;

4. Проверить эффективность стимуляторов роста.

Объект исследования: ячмень (лат. *Hórdeum*).

Предмет исследования: каталазная активность при гипертермическом воздействии на фоне обработки стимуляторами роста.

Методы исследования: теоретические (анализ учебной и научно-популярной литературы по теме исследования, сравнение, теоретическое обобщение), наблюдение, эксперимент, статистические (статистическая обработка результатов и их интерпретация).

Практическая значимость состоит в том, что данная работа может быть использована в качестве дополнительного материала на уроках биологии, а также для проведения дальнейшего изучения гипертермической устойчивости ячменя.

База исследования: научно-учебная лаборатория «Агрокуб» МАОУ Бутурлинской СОШ имени В.И. Казакова, Нижегородская область, Бутурлинский район, р.п. Бутурлино.

Структура работы: работа состоит из введения, трех глав, выводов, литературы.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Общие сведения о гипертермическом воздействии.

Температура является одним из важных параметров гомеостаза. Оптимум температуры организма — это необходимое условие эффективного протекания реакций метаболизма, пластических процессов и обновления структур, функционирования органов, тканей, их физиологических систем и деятельности организма в целом.

Благодаря активному поддержанию необходимого диапазона температуры внутренней среды, гомойотермные организмы (по сравнению с пойкилотермными) обладают двумя преимуществами: стабильным уровнем жизнедеятельности в оптимальных условиях существования и эффективным приспособлением к меняющимся условиям существования, включая экстремальные.

К гипертермическим состояниям относятся перегревание организма, тепловой удар, солнечный удар, лихорадка, различные гипертермические реакции.

Гипертермия может возникать из-за:

- высокой температуры окружающей среды;
- агентов, препятствующих реализации механизмов теплоотдачи организма;
- разобщителей процессов окисления и фосфорилирования в митохондриях [14].

К факторам жизни растений относят условия внешней среды, необходимые для роста и развития растений.

К таким факторам относятся свет, воздух, воду, тепло и питательные вещества. Оптимальное соотношение перечисленных факторов позволяет полностью удовлетворить потребности растений, что обеспечивает хороший рост, развитие и плодоношение. Несоответствие условий потребностям может приводить к задержке в росте и гибели растений.

Факторы жизни растений делят на:

- земные, то есть получаемые из почвы и атмосферы — вода, воздух, питательные вещества;
- космические, то есть получаемые за счет солнечной энергии — свет, тепло.

Условной единицей измерения количества тепла является сумма активных температур, то есть более 10 °С, за период вегетации. Потребность растений в тепле колеблется в зависимости от вида и сорта, а также периода вегетации [15].

Гипертермия — это типовая форма нарушения терморегуляции, возникающая в результате воздействия факторов внешней среды или нарушения внутренних механизмов теплопродукции, теплоотдачи [10].

Определение требований к теплу дает возможность оценить условия возделывания культур в конкретной зоне. Теплообеспеченность имеет особое значение в период прорастания семян. Поэтому знание этих факторов определить точные сроки посева, выстроить систему обработки почвы и истребительные мероприятия по борьбе с сорной растительность [15].

Требования к теплу определяют устойчивость растений к заморозкам, условиям зимовки и жароустойчиваости.

Жароустойчивость (жаровыносливость) — это способность растений переносить действие высоких температур, перегрев. Это генетически обусловленный признак. Виды и сорта сельскохозяйственных растений различаются по выносливости к высоким температурам [6].

1.2. Стимуляторы роста и их значение в устойчивости растений к стресс-факторам

Рост и развитие являются важнейшими процессами жизни растений, определяющие их структуру, величину и качество урожая. Рост — это увеличение размеров и массы растения. Развитие — качественные изменения

растения или отдельных его частей (органов, тканей, клеток), которые происходят при его жизнедеятельности [16].

Стимуляторы роста — это группа органических веществ, которые оказывают влияние на рост и развитие растений.

Каждое растение имеет в своем составе фитогормоны, которые помогают растению развивать корневую систему, за счет чего улучшается его питание и плодоношение.

Вырабатываемые растения фитогормоны делятся на 4 группы:

- Ауксины, отвечающие за развитие корневой системы и распределение полезных веществ по всему растению;
- Гиббереллины – вещества, стимулирующие прорастание семян, цветение и формирование плодов, повышая урожайность, препятствуют опаданию завязей, выводят из состояния покоя клубни и луковицы. В отличие от ауксинов не перераспределяют полезные вещества, а лишь накапливают их;
- Цитокинины способствуют делению клеток, пробуждению и росту почек, а также регулируют процесс старения листьев;
- Брассины поддерживают нормальное состояние иммунной системы растения, а также повышают устойчивость растений к болезням, регулируют процесс созревания плодов и семян [18].

Попадая в растения, стимуляторы включаются в обмен веществ, активируют биохимические процессы, повышают уровень жизнедеятельности, дополняя генетический потенциал сортов. В результате, ускоряется рост и развитие, повышается интенсивность фотосинтеза, и увеличивается устойчивость к неблагоприятным факторам, урожайности растений и улучшается качество продукции. В результате действия стимуляторов роста, которые применяются при подготовке семян к посеву, увеличивается энергия прорастания семян, полевая всхожесть [7].

Что касается стимуляторов роста более широкого спектра действия, влияющих не только на ростовые процессы, но и стимулирующих жизнедеятельность растительного организма в целом, то их применение (разумеется, в оптимальном количестве) помогает растению преодолеть неблагоприятное воздействие окружающей среды с наименьшими потерями.

Механизм действия стимуляторов на живой организм может быть различным. Стимуляторы могут влиять на:

- биосинтез, передвижение и накопление естественных фитогормонов в растении;
- скорость окислительно-восстановительных реакций;
- усиливать дыхание, фотосинтез, образование белковых соединений;
- деление клеток, их растяжение, дифференциацию тканей и т.п.

Стимуляторы позволяют: ускорить прорастание семян; улучшить образование корней при черенковании; предотвратить опадение завязей; ускорить налив и созревание плодов [13].

1.3. Активные формы кислорода основные продукты стрессового воздействия.

Большая часть живых организмов на Земле не может обходиться без кислорода, который играет ключевую роль в энергетике, являясь окислителем питательных веществ. Молекулярный кислород не токсичен для клеток, однако опасность представляют продукты его неполного окисления: перекисные соединения, супероксидные радикалы, синглетный кислород и др. В связи с биологической активностью эти соединения получили название активные формы кислорода (АФК). Появление АФК вызвано тем, что молекулярный кислород (O_2) может перехватывать электроны у некоторых переносчиков цепи электронного транспорта. В результате одноэлектронного

восстановления молекулы кислорода образуется супероксидный радикал или анион-радикал [2].

Активные формы кислорода (АФК) всегда образуются в естественных условиях, например, в течение воспаления. Некоторые активные формы кислорода (АФК), особенно H_2O_2 , генерируются для участия в передаче внутриклеточных сигналов, которые контролируют функцию, рост, деление и дифференциацию клеток. Например, H_2O_2 (при адекватном уровне) может стимулировать пролиферацию нескольких типов клеток, таких как фибробласты. Сигнал запускается связыванием фактора роста со специфическим рецептором на поверхности клетки. Важное место в этом каскаде принадлежит фосфорилированию остатков тирозина или серина протеинкиназами. Клетки также содержат ферменты (фосфатазы), которые удаляют эти фосфатные группы. При передаче сигналов увеличивается уровень перекиси водорода в клетке и инактивирует фосфатазы, что усиливает сигналы.

Согласно современным представлениям, оксидативный стресс возникает в растительных клетках в результате действия любых неблагоприятных воздействий и входит как компонент в большинство других стрессов. Засоление, атака патогенных организмов, механический стресс, засуха, гипоксия, загрязнение воздуха токсическими соединениями, такими, например, как озон, оксиды серы и азота, тяжелые металлы, свет высокой интенсивности, ультрафиолетовое излучение, недостаток элементов минерального питания, некоторые гербициды, и множество других неблагоприятных факторов среды индуцируют дисбаланс производства и детоксификации АФК [1].

Большая часть живых организмов на Земле не может обходиться без кислорода, который играет ключевую роль в энергетике, являясь окислителем питательных веществ. В основном состоянии молекулярный кислород представляет собой относительно стабильную молекулу, спонтанно

не реагирующую с различными макромолекулами. Это объясняется его электронной конфигурацией: основная форма кислорода в атмосфере $^3\text{O}_2$ находится в триплетном состоянии. Однако аэробные организмы сталкиваются с постоянной опасностью, связанной с тем, что многие процессы с участием молекулярного кислорода сопровождаются образованием, так называемых, активных форм кислорода, обладающих чрезвычайно высокой реакционной способностью. Появление АФК вызвано тем, что молекулярный кислород O_2 может перехватывать электроны у некоторых переносчиков цепи электронного транспорта [11].

Выделение АФК считается нормальным процессом и у организма есть механизмы их обезвреживания. Но когда его количество достигает критической точки, АФК в силу своей высокой реакционной способности, становится достаточно опасным соединением, пагубно влияющим на клетку. Например избыточное выделение АФК может привести к окислительному стрессу.

Окислительный стресс, являющийся следствием дисбаланса про- и антиоксидантных систем клетки и отражающийся в избыточном образовании в клетке активных форм кислорода, может являться причиной повреждения различных структур: ДНК, белков и липидов, и может приводить к клеточной смерти. Окислительный стресс сопровождает многие нейродегенеративные заболевания, по этой причине АФК принято считать вестниками клеточной смерти [4].

1.4. Антиоксидантная система защиты от стресса

Антиоксидантная система, обеспечивающая контроль содержания АФК, является важной протекторной системой, необходимой для выживания растений при экстремальных низких температурах. Многочисленными исследованиями, выполненными на растениях разной таксономической принадлежности, показана ее активация при закаливании и умеренном холодовом стрессе. Установлена роль комплекса антиоксидантных

ферментов и низкомолекулярных антиоксидантов в холодовой адаптации. Особое значение для устойчивости растений к низким температурам имеют пролин, сахара и некоторые другие соединения, проявляющие наряду с антиоксидантными осмопротекторный, мембранопротекторный и шаперонный эффекты. В качестве компонентов антиоксидантной защиты рассматриваются также альтернативная оксидаза и другие разобщающие белки, функционирование которых снижает вероятность образования АФК в митохондриях в стрессовых условиях [9].

Важнейшими антиоксидантами являются: витамины С, Е, β -каротин, селен, биофлавоноиды (витаминоподобные вещества, содержащиеся в кожуре растений – апельсины, лимоны, томаты и прочее). Многие растительные экстракты, витамины, аминокислоты, минералы, микроэлементы обладают антиоксидантными свойствами или непосредственно, или опосредованно, так как входят в состав ферментов-антиоксидантов [12].

Свободные радикалы (оксиданты, окислители) — это частицы (атомы, молекулы или ионы), как правило, неустойчивые, содержащие один или несколько неспаренных электронов на внешней электронной оболочке, поэтому их молекулы обладают невероятной химической активностью. Поскольку у них есть свободное место для электрона, они всегда стремятся отнять его у других молекул, тем самым окисляя любые соединения, с которыми соприкасаются.

Антиоксиданты или противоокислители — вещества, которые ингибируют процессы окисления [3]

В условиях экологических стрессов в растениях развиваются свободнорадикальные процессы, приводящие к повреждению биологических структур.

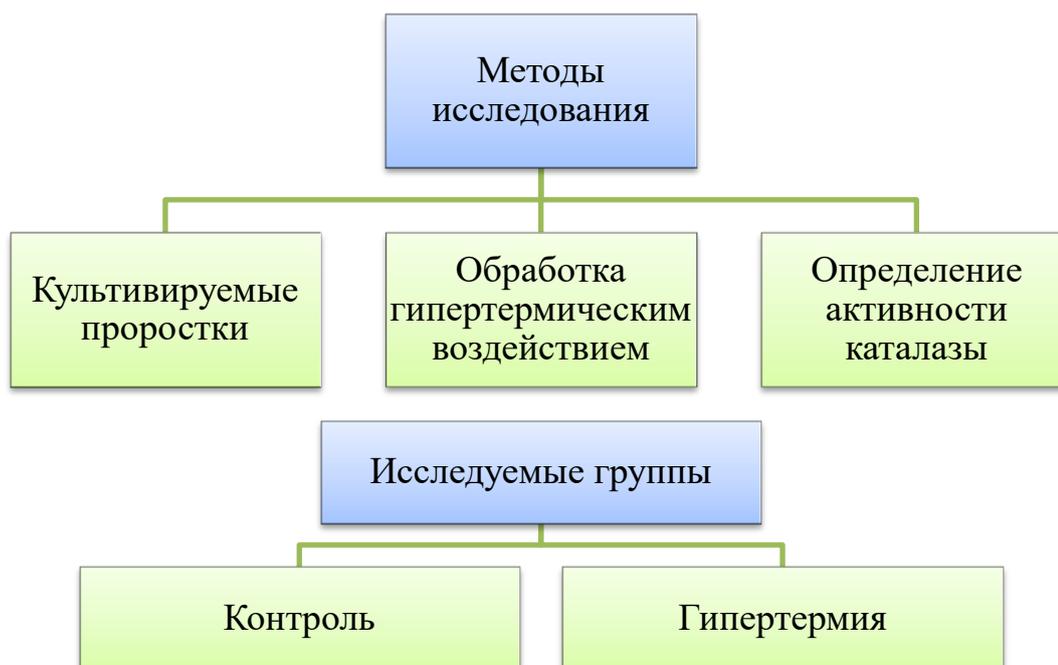
Весенняя почвенная засуха часто вызывает изреженность посевов и недобор урожая важной фуражной культуры ярового ячменя. В связи с этим были изучены энергия прорастания и всхожесть семян, мощность проростков

ярового ячменя, а также интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) и активность пероксидазы как наиболее отзывчивого на стрессовые воздействия различной природы фермента антиоксидантной системы защиты клетки. Показано, что сорта ярового ячменя характеризуются существенными различиями по устойчивости в засухе в период прорастания семян [5].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объект исследования

Объектом исследования стали семена ячменя (лат. *Hórdeum*). Ячмень – это одно из важнейших злаковых растений. Корневая система мочковатая. Стебель — полая соломина, высотой 55-100 см. Листовая платина несколько шире, чем у пшеницы. Язычок короткий, ушки крупные без ресничек, при охвате соломины заходят друг за друга. Соцветие — колос. Колос остистый, за исключением фуркатного, у которого вместо остей трехлопасные придатки. Ости длиннее колоса, расположены параллельно. Жароустойчивость ячменя связана с его скороспелостью и способностью интенсивно использовать питательные вещества на ранних этапах развития.



2.2. Методы исследования.

2.2.1. Определение активности каталазы.

Определение активности каталазы определения активности спектрофотометрический метод, предложенный Эби (Aebi, 1984). Метод основан на определении скорости разложения перекиси водорода каталазой исследуемого образца с образованием воды и кислорода.

Необходимые реактивы:

1) 50 мМ К,Na-фосфатный буфер (pH 7,8).

2) 50 мМ К,Na-фосфатный буфер (pH 7,0).

Буферы готовят из следующих сток-растворов:

0,2 М KH_2PO_4 (1,36 г KH_2PO_4 растворить и довести до 50 мл).

0,2 М NaOH (400 мг NaOH растворить довести до 50 мл).

Приготовление 50 мМ К,Na-фосфатного буфера, pH 7,8:

25 мл 0,2 М KH_2PO_4 и 22,25 мл 0,2 М NaOH смешать и довести до 100 мл водой.

Проверить и скорректировать pH раствора с помощью концентрированной H_3PO_4 или 5% NaOH.

Приготовление 50 мМ К,Na-фосфатного буфера, pH 7,0:

25 мл 0,2 М KH_2PO_4 и 14,55 мл 0,2 М NaOH смешать и довести до 100 мл дистиллированной водой. Проверить и скорректировать pH раствора.

3) экстракционный буфер (к 2 мл 50 мМ К,Na-фосфатного буфера (pH 7,8) добавить 20 мкл раствора 100 мМ фенилметилсульфонилфторида (ФМСФ)).

4) 0,6 М перекись водорода (3 мл 3% перекиси водорода довести до 4,5 мл дистиллированной водой).

Ход работы:

Навеску каллусной ткани массой 250 мг растереть в охлажденной ступке в 0,5 мл экстракционного буфера. Гомогенат центрифугировать в течение 5 мин при 12 000 g. Пробы поместить в холодильник (4 °C).

Реакционная смесь содержит:

2,95 мл 50 мМ К,Na-фосфатного буфера (pH 7,0)

30 мкл экстракта

Реакция запускается внесением в реакционную смесь 20 мкл 0,6 М перекиси водорода.

Контрольная кювета содержит те же реактивы, НО! в нее не вносится перекись водорода.

Активность каталазы определяют по изменению оптической плотности при длине волны 240 нм каждую секунду в течение 100 с.

Расчет активности каталазы в относительных единицах на один грамм сухого веса проводить по формуле:

$$A = (\Delta D \cdot V \cdot X) / (T \cdot L \cdot m \cdot \Delta m),$$

где:

A – активность фермента,

ΔD – изменение оптической плотности (вычесть из оптической плотности в начале реакции оптическую плотность в конечный момент времени),

V – общий объем полученной вытяжки, мл,

X – конечное разведение вытяжки в кювете (объем реакционной смеси разделить на количество вносимого экстракта),

T – время реакции, с,

L – толщина слоя, см,

m – масса навески, г,

Δm – отношение сухого веса к сырому (см. гл. 5.1.).

Для определения активности фермента на 1 мг белка используют следующую формулу:

$$A = ((\Delta D / T) X) / (L \cdot C)$$

где:

A – активность фермента,

ΔD – изменение оптической плотности (вычесть из оптической плотности в начале реакции оптическую плотность в конечный момент времени),

X – конечное разведение вытяжки в кювете (объем реакционной смеси разделить на количество вносимого экстракта),

T – время реакции, с,

L – толщина слоя, мм,

C – содержание белка в пробе, мг (см. методику по определению содержания белка в пробе) [8].

2.2.2. Количественное определение белка по методу Лоури.

Метод основан на колориметрировании синей окраски, возникающей при взаимодействии белков со смесью, состоящей из щелочного раствора меди и реактива Фолина. Метод применяют для определения белка в растворах с концентрацией от 10 до 100 мкг/мл. Реактивы 1) 2 %-й раствор Na_2CO_3 в 0,1 н. растворе NaOH ; 2) 0,5 %-й раствор $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в 1 %-м растворе двузамещенного виннокислого натрия или калия (1 г соли растворяют в 30 мл H_2O , добавляют 0,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и объем доводят до 100 мл дистиллированной водой); 3) реактив Фолина; 4) смесь 1 и 2-го реактивов в соотношении 50:1. Смешивание производят перед определением. На следующий день после определения этот реактив не годится.

Приготовление вытяжки: для приготовления раствора белков размельченная навеска 200 мг семян обрабатывается 5 мл 0,1 н. раствора NaOH , приготовленного на 20 %-м спирте в центрифужной пробирке в течение 30 мин на центрифуге. После центрифугирования осадок вновь обрабатывается 5 мл этого же раствора в течение 30 мин. Надосадочные жидкости объединяют и используют для определения содержания белка. Ход работы Берут 1 мл вытяжки, добавляют 5 мл 0,5 %-го раствора CuSO_4 (смесь 1 и 2го реактивов а соотношении 50:1), перемешивают и выдерживают 10 мин. Затем к смеси приливают 0,5 мл рабочего раствора Фолина. Выдерживают 30 мин и определяют интенсивность окраски на фотоколориметре с красным светофильтром (или на спектрофотометре при 750 нм). Количество белка в растворе находят по калибровочному графику. Построение калибровочного графика: навеску чистого белка

(кристаллического альбумина, сывороточного -глобулина) в 20 мг растворяют в 100 мл 0,1 н. NaOH. Для полного растворения белка нагревать его в течение 15 мин на кипящей водяной бане. 1 мл данного раствора содержит 200 белка. Для построения калибровочного графика из исходного раствора готовят растворы, содержащие в 1 мл 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 и 10 . Берут по 1 мл исследуемых растворов, добавляют 5 мл раствора сернокислой меди и выдерживают 10 мин. Затем к смеси приливают 0,5 мл рабочего раствора Фолина и дальше ведут анализ так же, как при определении содержания белка в вытяжке (см. ход анализа). Количество белка рассчитывают в мкг/мл [17].

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения устойчивости использовали спектрофотометрическое определение белка по методу и спектрофотометрический метод определения активности каталазы, предложенный Аебу. Все исследования проводились в трехкратных повторностях. Каталаза является антиоксидантным ферментом, который катализирует разложение пероксида водорода с образованием молекулярного кислорода и воды, участвует в утилизации H_2O_2 , образующегося при действии высоких температур.

Нами был изучен характер изменения жароустойчивости ячменя в ответ на высокотемпературные воздействия, различающиеся по интенсивности ($35^{\circ}C$) и продолжительности (5 и 15 мин.). Активность фермента повышалась в течение первых 5 минут действия высокой температуры, а в дальнейшем – снижалась.

3.1. Определение активности каталазы.

При определении активности каталазы спектрофотометрическим методом Эби, выявила, что активность фермента повышалась в течении 5 минут действия высокой температуры, а в дальнейшем – снижалась. Особенно активно проявил себя фермент под действием стимулятора роста «Циркон». (Рис 1). Предположительно, что увеличение активности КАТ было обусловлено накоплением H_2O_2 .

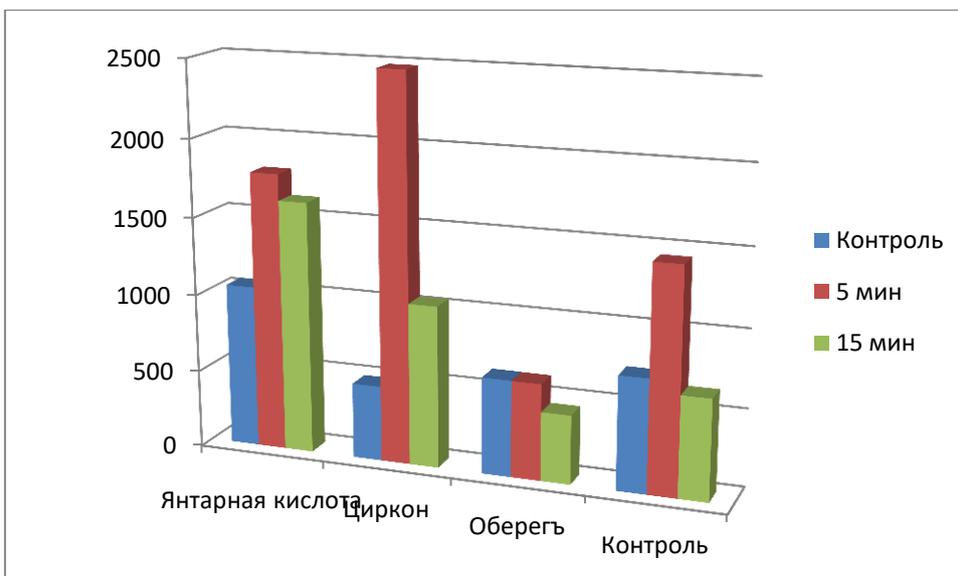


Рис.1. Определение активности каталазы

3.2. Количественное определение белка по методу Лоури.

Определяя белок по методу Лоури, выяснила, что при комнатной температуре активнее всех себя проявил белок под действием «Янтарной кислоты», при 5 и 15 мин – «Циркон». (Рис 2).

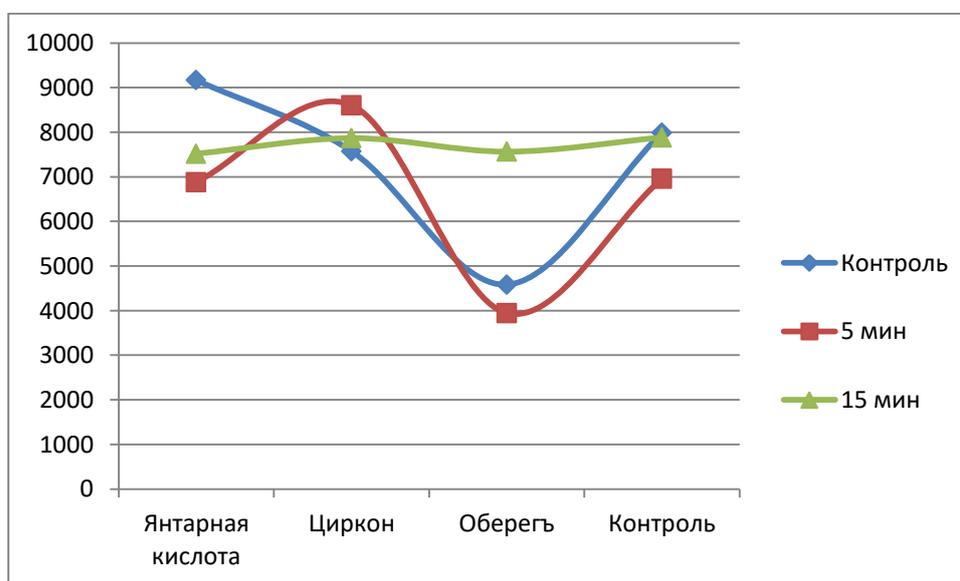


Рис.2. Количественное определение белка по методу Лоури

ВЫВОДЫ

В природных условиях высокие температуры являются одним из основных факторов, оказывающих негативное влияние на жизнедеятельность растений. Формирование устойчивости к ним представляет собой сложный процесс, заключающийся в комплексной перестройке метаболизма и затрагивающий многие процессы растительного организма. При этом характер ответной реакции растений на действие гипертермии может существенно различаться в зависимости от интенсивности и продолжительности температурного воздействия.

Проведенное нами комплексное изучение влияния высоких температур на зерна ячменя под действием различных стимуляторов роста, позволило выявить сходство в их ответной реакции, так в ходе наших исследований установлено, что температура 35°C вызывает активизацию каталазы в проростках пшеницы. Активность фермента повышалась в течение 5 мин действия данной температурой, а в дальнейшем – снижалась, но это наблюдалось не со всеми стимуляторами роста.

Незначительное снижение активности каталазы наблюдалось на фоне обработки стимулятором роста «Оберегъ» через 5 минут, а также более резкое дальнейшее снижение. При обработке стимулятором роста «Циркон», выявили резкое увеличение активности каталазы в первые же 5 минут действия гипертермии, а затем после действия высоких температур данные показатели снижались.

Плавное увеличение активности каталазы мы наблюдали при обработке ячменя стимулятором роста «Янтарная кислота».

Таким образом, данное исследование показало, что не все стимуляторы роста повышают активность каталазы, влияя на устойчивость зерновых культур. Наиболее эффективными стимуляторами роста в нашем исследовании оказались «Янтарная кислота» и «Циркон».

Таким образом, поставленная в начале работы гипотеза подтвердилась, что некоторые стимуляторы роста способствуют устойчивости зерновых культур к гипертермии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Активные формы кислорода [Электронный ресурс] // Biohimik.net — режим доступа: <http://biohimik.net/10-immunologiya/503-aktivnye-formy-kisloroda>
2. Активные формы кислорода. Образование. Биологическое значение в норме и патологии [Электронный ресурс] // Referat911 — режим доступа: <https://www.referat911.ru/Himiya/aktivnye-formy-kisloroda-obrazovanie-biologicheskoe/113291-1967617-place1.html>
3. Антиоксиданты – защита организма от окислительного стресса [Электронный ресурс] // ООО Пропионикс — режим доступа: <http://propionix.ru/antioksidanty-protiv-svobodnyh-radikalov>
4. Биологическая и патогенетическая роль антиоксидантной системы в функционировании живого организма [Электронный ресурс] // Тольяттинский медицинский консилиум двухмесячный научно-образовательный журнал — режим доступа: https://www.critical.ru/toliatti/page.php?chapter=2014_01&ref=04
5. Влияние биологических препаратов на структуру урожая яровой мягкой пшеницы в условиях действия стресса [Электронный ресурс] // «Старт в науке». Научный журнал для школьников — режим доступа: <https://science-start.ru/ru/article/view?id=1527>
6. Жизнь растений: [Электронный ресурс]// Библиотека о растениях — режим доступа: <http://plantlife.ru/>
7. Значение стимуляторов роста и особенности их применения [Электронный ресурс] // Первый сельскохозяйственный портал — режим доступа: http://1-cx.com/articles/znachenie_stimuljatorov_rosta_i_osobennosti_ih_primenenija/
8. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: учебно-методическое пособие / Сибгатуллина Г.В., Хаертдинова Л.Р.,

- Гумерова Е.А., Акулов А.Н., Костюкова Ю.А., Никонорова Н.А., Румянцева Н.И. – Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2011 – 61 с.
9. Механизмы адаптации растений к гипотермии: роль антиоксидантной системы [Электронный ресурс] // Agromage.com — режим доступа: https://agromage.com/stat_id.php?id=992
 10. Нарушения теплового баланса организма [Электронный ресурс] // Медицинская учебная литература — режим доступа: <https://auno.kz/patologiya/265-narusheniya-teplovogo-balansa-organizma.html>
 11. Образование и физиологические реакции активных форм кислорода в клетках растений [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал — режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=4600>
 12. Растения и лекарственное растительное сырьё, обладающие антиоксидантными свойствами [Электронный ресурс] // Myuniversity — режим доступа: https://www.myuniversity.ru/Медицина/Растения_и_лекарственное_растительное_сырьё_обладающие/87204_1550545_страница1.html
 13. Стимуляторы роста: польза или вред для растений? [Электронный ресурс] // Полезный интернет-журнал Good-tips.pro — режим доступа: <https://good-tips.pro/index.php/house-and-garden/orchard-and-garden/synthetic-plant-growth-stimulants-benefit-or-harm>
 14. Типовые нарушения теплового обмена организма [Электронный ресурс] // Электронная медицинская библиотека — режим доступа: <https://www.rosmedlib.ru/doc/ISBN9785970438374-0007/-esf2k2z11-tabrel-mode-pgs.html>
 15. Факторы жизни растений [Электронный ресурс] // Сельское хозяйство | UniversityAgro — режим доступа: <https://universityagro.ru/земледелие/факторы-жизни-растений/>

16. Факторы, определяющие рост, развитие растений, урожай и его качество [Электронный ресурс] // Nomnoms.info — режим доступа: <https://nomnoms.info/factory-opredelyayuschie-rost-razvitie-rasteniy-urozhay-i-ego-kachestvo/>
17. Филиппова Г. Г. Биохимия растений: метод. рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы студентов / Г. Г. Филиппова, И. И. Смолич. — Мн.: БГУ, 2004. — 60 с.
18. Фитогормоны и стимуляторы роста, применяемые при выращивании овощей [Электронный ресурс] // Fitofert — режим доступа: https://fitofert.ru/fitogormony_stimulyatory_rosta_ovochi/