УДК. 633. 11

А. А. Деревинская аспирант, В. Н. Кавцевич к .б. н., доцент, Л. Ф. Кабашникова к .б. н., доцент

Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси,

г. Минск

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОЙ ЗАСУХИ

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Введение. Активная жизнедеятельность растений, нормальное протекание физиологических процессов возможны при достаточном обеспечении их водой. Водный режим оказывает существенное влияние на интенсивность фотосинтеза и дыхания, ростовые процессы и продуктивность растений. Содержание и состояние воды в клетках и тканях влияют на устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды [4]. В связи с этим актуальным становится решение проблемы повышения устойчивости хлебных злаков к неблагоприятным условиям окружающей среды, что требует особого внимания для нашей республики, имеющей неустойчивый климат, для которого в последнее время стал характерен такой стрессовый фактор, как засуха.

А. П. Веселовым была предложена математическая модель возможного триггера обратимого включения режима стресса у растений. Согласно данной модели, главной задачей организма при действии стрессоров является сдерживание и устранение разбалансировки обмена веществ. Предполагается, что стабилизация метаболизма обеспечивается благодаря индукции синтеза стрессовых белков, снижающих внутриклеточный уровень стрессовых метаболитов (активных форм кислорода, продуктов перекисного окисления липидов и др.). Отсюда следует, что залогом высокой устойчивости растительного организма к действию стрессоров разной

природы выступает способность растения к активизации антиоксидантных систем и синтезу стрессовых белков [1].

В настоящей работе представлены результаты по изучению действия защитно-стимулирующих составов (ЗСС) на физиологические процессы, протекающие в растительном организме в условиях водного дефицита. Проведенные исследования позволили выявить стрессочувствительные показатели, которые могут использоваться для диагностики засухоустойчивости растений яровой пшеницы.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились на яровой пшенице сорта Ростань. Растения выращивали в почвенной культуре в условиях теплицы. Обработанные семена высевали из расчета 25 штук на один сосуд. Для обработки использовались: стандартный препарат Сейбит П и его модификации с добавлением регулятора роста силатрана (БИРР) и сернокислого железа; препараты Инкор – 2, состоявший из пленкообразующего полимера, гидрогумата, и Инкор – 7, включавший также микроэлементы (цинк, железо, марганец, медь). Для защиты от болезней использовался фунгицид раксил (в стандартной дозе 1,5 кг/ т семян).

В контроле уровень водобеспечения составлял 60 % от полной влагоемкости почвы. Засуху создавали в период кущения – колошения на уровне 30% от полной влагоемкости почвы. Содержание воды контролировали ежедневно весовым методом.

Анализ роста и развития растений проводили на стадии выхода в трубку и стадии цветения. Физиологическое действие ЗСС оценивали по следующим показателям: относительное содержание воды, водный дефицит, содержание фотосинтетических пигментов, уровень перекисного окисления липидов.

Относительное содержание воды определяли по Campos P.S. и др. [8]. Водный дефицит листьев пшеницы вычисляли по Yordanov I. и др. [9].

Количество пигментов в ацетоновых экстрактах определяли по спектрам поглощения, снятым на спектрофотометре «Uvikon 931»

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

(Германия). Расчеты производили по формулам, предложенным Шлыком А.А. [6]. Содержание фотосинтетических пигментов рассчитывали на единицу площади, сырой или сухой массы листа.

Перекисное окисление липидов тестировали по количеству малонового диальдегида (МДА), содержание которого определяли по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) с последующим измерением оптической плотности на спектрофотометре «Uvikon 931» (Германия) при длине волны 532 нм [7, 10].

Статистическую обработку данных проводили по Рокицкому П.Ф. [3].

Результаты и обсуждение. Растения в определенных пределах регулируют свой водообмен, сохраняя его на уровне, обеспечивающем процессы жизнедеятельности. Важным критерием состояния растений считают уровень водообмена в той или иной экологической обстановке и его стабильность [2].

Определение показателей водного обмена в четвертом листе растений пшеницы на стадии «выхода в трубку» не выявило статистически достоверных признаков водного дефицита и снижения относительного содержания воды в листовой ткани растений пшеницы.

Так, величина водного дефицита в варианте опыта с нормальным поливом составила 35,8 %, а в вариантах с искусственной засухой варьировала от 30 до 38 %, относительное содержание воды в ткани листа в контроле составило 57,5 %, а в опыте – 53,8 – 66,8 %. Вместе с тем, в вариантах, где были использованы ЗСС на основе препаратов Инкор и Сейбит П, водообеспечение тканей листа в условиях засухи было выше, чем в контроле с нормальным поливом, особенно, по сравнению со стандартной технологией предпосевной обработки семян (раксил, полная доза). В данном случае наблюдали признаки водного дефицита на уровне 3 – 4 %, тогда как модифицированные составы увеличивали содержание воды на 5 – 10 %. Однако в целом, полученные данные свидетельствуют об отсутствии

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

нарушений водного баланса в листе верхнего яруса в изученный период засухи по сравнению с нормальным поливом (табл. 1).

Таблица 1

Влияние предпосевной обработки семян на водный баланс четвертого листа растений пшеницы Ростань на стадии выхода в трубку

Вариант опыта	Относительное содержание воды , RWC %	Водный дефицит, WD %
Раксил (норма)	57,48	35,78
Раксил (засуха)	53,83	38,19
Инкор-2 + раксил (засуха)	58,01	34,99
Инкор-7 + раксил (засуха)	59,21	34,39
Сейбит П + БИРР + раксил (засуха)	66,83	27,84
Сейбит П + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	62,32	32,09
Сейбит П + БИРР + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	63,86	30,66

Количество пигментов в расчете на единицу поверхности листа может быть использовано как интегральный показатель эффективности поглощения солнечной энергии поверхностью листа. Этот показатель успешно используется для сравнительной характеристики разных сортов злаков, а также при изучении влияния условий выращивания на пигментный аппарат зерновых культур [5]. Проведенный анализ содержания фотосинтетических пигментов в четвертом листе растений пшеницы на стадии выхода в трубку показал, что состав Сейбит П + $FeSO_4$ повышал удельное содержание хлорофилла и каротиноидов в четвертом листе. В вариантах опыта с искусственной засухой суммарное содержание хлорофилла и каротиноидов в расчете на единицу сырой биомассы листа было снижено по сравнению с контролем (раксил, полная доза, 60 % от полной влагоемкости почвы) на 20 % (раксил, полная доза, 30 % от полной влагоемкости почвы), тогда как в вариантах опыта с использование ЗСС Инкор – 2, Сейбит П + БИРР, Сейбит П + $FeSO_4$ этот показатель был существенно выше, что свидетельствует о защитном влиянии данных ЗСС на накопление фотосинтетических пигментов в условиях засухи (табл. 2). Таким образом, условия засухи отражались на состоянии хлорофилловых пигментов в листе, что позволяет считать данные показатели стрессочувствительными и использовать их для оценки состояния

РЕПОЗИТОРИЙ ВГПУ

растений на начальных этапах развития.

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян на содержание фотосинтетических пигментов в листьях пшеницы Ростань на стадии выхода в трубку

Вариант опыта	Хл a	Хл b	Хл (a+b)	каротиноиды
Мг / г сырой массы				
Раксил (норма)	3,32±0,1	1,02±0,03	4,33±0,13	0,81±0,03
Раксил (засуха)	2,69±0,12	0,80±0,03	3,49±0,15	0,65±0,03
Инкор-2 + раксил (засуха)	2,87±0,17	0,88±0,05	3,74±0,22	0,69±0,04
Инкор-7 + раксил (засуха)	2,71±0,22	0,83±0,07	3,54±0,28	0,70±0,06
Сейбит П + БИРР + раксил (засуха)	2,87±0,09	0,89±0,03	3,76±0,12	0,70±0,03
Сейбит П + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	2,99±0,21	0,94±0,08	3,93±0,29	0,73±0,06
Сейбит П + БИРР + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	2,72±0,16	0,86±0,05	3,59±0,21	0,66±0,04
Мкг / см ^{2} листа				
Раксил (норма)	25,95±1,9	7,95±0,6	33,89±2,5	6,31±0,5
Раксил (засуха)	22,37±0,9	6,61±0,3	28,98±1,3	5,39±0,3
Инкор-2 + раксил (засуха)	23,05±0,6	7,03±0,2	30,08±0,8	5,55±0,2
Инкор-7 + раксил (засуха)	21,66±1,1	6,65±0,3	28,30±1,4	5,25±0,3
Сейбит П + БИРР + раксил (засуха)	22,30±1,4	6,93±0,4	29,23±1,8	5,41±0,4
Сейбит П + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	28,92±1,4	9,14±0,5	38,06±1,9	7,04±0,4
Сейбит П + БИРР + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	22,70±1,3	7,18±0,4	29,88±1,7	5,53±0,4

По литературным данным при неблагоприятных условиях в растении происходит генерация активных форм кислорода (АФК) и усиление свободно-радикальных повреждений [11]. Одним из показателей активного образования АФК является усиление перекисного окисления мембранных липидов (ПОЛ).

Проведенные исследованиях по определению уровня ПОЛ показали усиление деструктивных процессов в листьях пшеницы при искусственной засухе (раксил, полная доза), тогда как в вариантах с использованием защитно-стимулирующих составов Инкор – 7 и Сейбит П, содержащих препарат БИРР и железо, степень окислительных повреждений была снижена до уровня контроля (рис. 1). Полученные данные свидетельствуют об активации деструктивных процессов в четвертом листе растений пшеницы в

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

условиях засухи и о защитной роли модифицированных ЗСС, обеспечивающих минимизацию ПОЛ при водном стрессе. Изменение данного показателя на начальных стадиях обезвоживания растений позволяет использовать его в качестве диагностического при искусственной засухе.

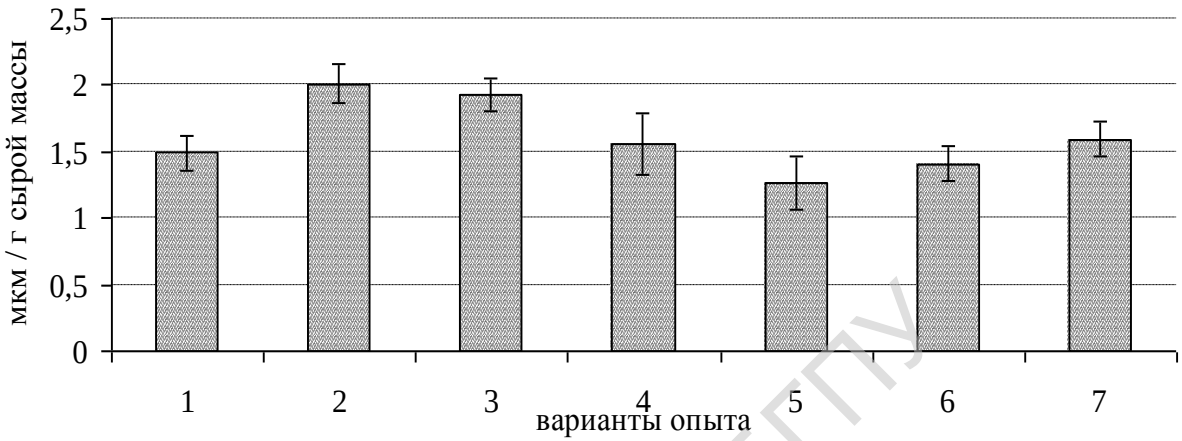

Рис. 1. Влияние ЗСС на содержание продуктов перекисного окисления липидов в листьях пшеницы Ростань (фаза выхода в трубку): 1. Раксил (норма); 2. Раксил (засуха); 3. Инкор – 2 + раксил (засуха); 4. Инкор – 7 + раксил (засуха); 5. Сейбит П + БИРР + раксил (засуха); 6. Сейбит П + $FeSO_4$ + раксил (засуха); 7. Сейбит П + БИРР + $FeSO_4$ + раксил (засуха).

Определение показателей водного баланса подфлагового листа растений пшеницы на стадии цветения не выявило признаков водного дефицита (табл. 3).

Таблица 3

Влияние предпосевной обработки семян на водный баланс подфлагового листа растений пшеницы Ростань на стадии цветения

Вариант опыта	Относительное содержание воды , RWC %	Водный дефицит, WD %
Раксил (норма)	71,02	24,14
Раксил (засуха)	70,16	24,69
Инкор - 2 + раксил (засуха)	71,06	24,54
Инкор - 7 + раксил (засуха)	69,90	25,44
Сейбит П + БИРР + раксил (засуха)	69,55	25,23
Сейбит П + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	66,32	28,59
Сейбит П + БИРР + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	69,46	25,51

Измерение содержания фотосинтетических пигментов в подфлаговом листе растений пшеницы на стадии цветения показало, что содержание

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

хлорофилла и каротиноидов в расчете на единицу листовой поверхности, на единицу сырой и сухой биомассы при засухе возрастало в варианте опыта со стандартной предпосевной обработкой (раксил, полная доза), тогда как в остальных случаях было ниже или оставалось на уровне контроля (табл. 4). ЗСС Инкор – 7, Сейбит П + БИРР, Сейбит П + БИРР + $FeSO_4$ способствовали повышению содержания каротиноидов до уровня контроля, что важно при защите тканей листа от развития фотоокислительного стресса в условиях засухи.

Таблица 4

Влияние предпосевной обработки семян на содержание фотосинтетических пигментов в листьях пшеницы Ростань на стадии цветения (% к контролю)

Варианты опыта	Хл (a + b)	%	Каротиноиды	%
Мг / г сырой массы				
Раксил (норма)	4,11±0,06	100	0,92±0,01	100
Раксил (засуха)	4,59±0,22	111,8	1,10±0,01	120
Инкор-2 + раксил (засуха)	3,75±0,06	91,3	0,92±0,04	100
Инкор-7 + раксил (засуха)	3,58±0,09	87,1	0,83±0,07	90,5
Сейбит П + БИРР + раксил (засуха)	3,91±0,13	95,2	0,99±0,07	107
Сейбит П+$FeSO_4$+раксил (засуха)	3,63±0,02	88,3	0,94±0,02	102
Сейбит П + БИРР + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	4,02±0,04	97,8	0,82±0,01	89
Мкг / см ^{2} листа				
Раксил (норма)	45,5±0,8	100	10,20±0,33	100
Раксил (засуха)	53,5±3,18	105,2	12,81±0,34	126
Инкор-2 + раксил (засуха)	41,7±1,4	91,6	10,19±0,37	99,9
Инкор-7 + раксил (засуха)	43,7±1,98	96,1	10,21±0,78	100
Сейбит П + БИРР + раксил (засуха)	45,9±1,03	70,4	11,58±0,76	113
Сейбит П +$FeSO_4$ +раксил (засуха)	46,9±0,69	89,4	12,15±0,07	119
Сейбит П + БИРР + $FeSO_4$ + раксил (засуха)	41,8±0,77	92,0	8,52±0,24	83,5

Анализ уровня ПОЛ на стадии цветения в подфлаговом листе показал усиление деструктивных процессов в листьях пшеницы при искусственной засухе (раксил, полная доза) и при использовании состава Сейбит П + $FeSO_4$ + раксил, тогда как в остальных случаях уровень ПОЛ был сопоставим с контролем (рис. 2). Полученные данные свидетельствуют о защитном действии большинства разработанных составов на состояние липидов в мембранах клеток листа в условиях засухи. Кроме того, уровень ПОЛ позволяет диагностировать структурно-функциональные нарушения в тканях листа под действием засухи, когда параметры водного баланса листа остаются практически без изменений, что имеет важное значение для ранней

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

диагностики развития деструктивных процессов в листовых тканях в условиях стресса.

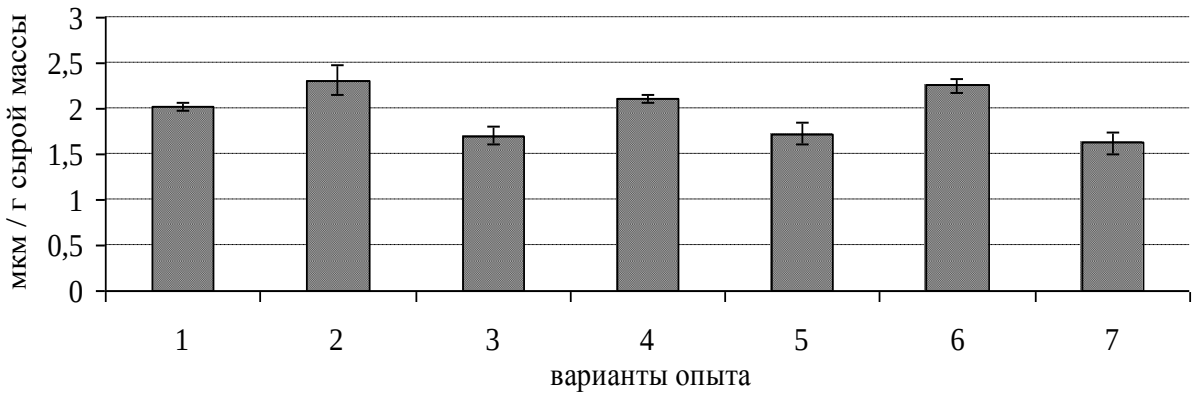

Рис. 2. Влияние защитно-стимулирующих составов на содержание продуктов перекисного окисления липидов в листьях пшеницы Ростань (фаза цветения): 1. Раксил (норма); 2. Раксил (засуха); 3. Инкор – 2 + раксил (засуха); 4. Инкор – 7 + раксил (засуха); 5. Сейбит П + БИРР + раксил (засуха); 6. Сейбит П + Fe + раксил (засуха); 7. Сейбит П + БИРР + Fe + раксил (засуха).

Выводы. Таким образом, проведенные исследования показали:

1. Долговременное воздействие почвенной засухи на растения яровой пшеницы существенно не влияло на параметры водного обмена четвертого и подфлагового листьев пшеницы.

2. Предпосевная обработка семян пшеницы ЗСС оказывала защитное влияние на накопление фотосинтетических пигментов в листе (фаза выхода в трубку) и способствовала снижению степени окислительных повреждений в условиях искусственной засухи, как на ранних стадиях развития растений, так и в период цветения.

3. В качестве стрессочувствительных показателей в условиях засухи, которые могут использоваться для диагностики засухоустойчивости, выделены: содержание фотосинтетических пигментов и уровень перекисного окисления липидов.

Литература

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

1. Веселов, А. П. Математическая модель возможного триггера обратимого включения режима стресса у растений / А. П. Веселов // Физиология растений. – 2001. – Т. 48, № 1. – С. 124 – 131.
2. Емельянов, Л. Г. Водообмен и стресс-устойчивость растений / Л. Г. Емельянов, С. А. Анкуд. – Мн.: Навука і тэхніка, 1992. – 144 с.
3. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Мн.: Высшая школа, 1967. – 327 с.
4. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / И. Н. Третьяков [и др.]; под общ. ред. И. Н. Третьякова. – М.: Колос, 2000. – 640 с.
5. Физиологические аспекты формирования фотосинтетического аппарата хлебных злаков, определяющие их продуктивность и устойчивость к внешним воздействиям / М. Т. Чайка [и др.]// Физиология и биохимия культурных растений. – 1995. – Т. 27, №1 – 2. С. 77 – 85.
6. Шлык, А. А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А. А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154 – 170.
7. Decrease in activity of glutathione reductase enchances paraquat sensitivity in transgenic Nicotiana tabacum / M. Aono [et al.] // Plant Physiol. – 1995. – Vol. 107. – P .645 – 648.
8. Effects of drought on photosynthetic performance and water relations of four Vigna genotypes / P. S. Campos [et al.] // Photosynthetica. – 1999. – Vol. 36, N. 1 – 2. – P. 79 – 87.
9. Interactive effect of water deficit and high temperature on photosynthesis of sunflower and maize plants. I. Changes in parameters of chlorophyll fluorescence induction kinetics and fluorescence quenching / I. Yordanov [et al.] // Photosynthetica. – 1997. – Vol. 33, N. 3 – 4. – P. 391 – 402.
10. Protein measurement with the Folin reagent / O. H. Lowry [et al.] // J.Biol.Chem. – 1951. – Vol. 193, N. 2. – P. 215 – 275.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

11. Siefermann-Harms, D. The light – harvesting and protective functions of carotenoids in potosynthetic membranes / D. Siefermann-Harms // Physiol. Plant. – 1987. – Vol. 69, N. 3. – P. 561 – 568.

Резюме

Рассматривается влияние почвенной засухи и предпосевной обработки семян пленкообразующими составами Инкор и Сейбит П на физиолого-биохимические показатели развития растений яровой пшеницы в процессе онтогенеза. Полученные результаты свидетельствуют о том, что предпосевная обработка семян пшеницы защитно-стимулирующими составами оказывала защитное влияние на накопление фотосинтетических пигментов в листе (фаза выхода в трубку) и способствовала снижению степени окислительных повреждений в условиях искусственной засухи, как на ранних стадиях развития растений, так и в период цветения. Проведенные исследования показали, что стрессочувствительными показателями при засухе являются: содержание фотосинтетических пигментов и уровень перекисного окисления липидов в листьях, в то время как параметры водного обмена четвертого и подфлагового листьев пшеницы не претерпевают существенных изменений.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Summary

Influence of a soil drought and preseeding processing of seeds by film-forming structures Inkor and Seybit P on physiology and biochemical parameters of plants of a spring wheat during individual development is considered. Carried out researches have shown, that steady against stress parameters at a drought are: contents of photosynthetic pigments and a level peroxide oxidations fat while parameters of a water exchange of a sheet of the top circle do not undergo essential changes.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ