

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

Костин Владимир Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Биология, химия и технология хранения и переработки продукции растениеводства»

Исайчев Виталий Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Биология, химия и технология хранения и переработки продукции растениеводства»

Решетникова Софья Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Биология, химия и технология хранения и переработки продукции растениеводства»

432017, г.Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-16

e-mail: bio-kafedra@yandex.ru

Ключевые слова: мелафен, засушник, лазер, плазма, водоудерживающая способность, сульфат цинка, жаростойкость.

Проведённые многолетние исследования показывают, что под действием физических и химических факторов происходит усиление адаптивных реакций к неблагоприятным факторам среды за счёт увеличения водоудерживающей способности листьев, кроме этого, происходит увеличение количества связанной воды.

Введение

В зоне Среднего Поволжья нередко происходят весенне-летние засухи, что неблагоприятно сказывается на росте и развитии растений в начале онтогенеза, когда закладывается основа урожая. Продуктивность сельскохозяйственных культур в засушливых условиях определяется как устойчивостью на клеточном уровне, так и процессами, протекающими при гармоническом взаимодействии всех органов растения, существенную роль в этом играют микроэлементы, как кофакторы ферментов. На адаптацию растений влияют используемые регуляторы роста с микроэлементами, а также различные физические факторы (ионизирующее, лазерное и плазменное излучение).

Стрессоры – высокие и низкие температуры, почвенная засуха или облучение вызывают в растениях сходные изменения физиолого-биохимических процессов, и можно рассматривать облучение семян в определённых дозах как фактор, влияющий на процессы, связанные с перенесением неблагоприятных условий засухи или зимовки [1, 2].

Под действием невысоких доз излу-

чения происходит увеличение выживаемости сельскохозяйственных растений [3]. Положительное влияние предпосевной обработки семян ионизирующей радиацией, особенно совместно с микроэлементами, связано со стабилизацией энергетического обмена растений, выросших из облученных семян.

По некоторым данным [4], при адаптации растений к внешним воздействиям изменения генетической структуры популяции клеток соматоклонов пшеницы происходят под давлением среды, вызывающим состояние глубокого стресса, граничащего с прекращением жизнедеятельности живой системы. В этих условиях неустойчивости генотипов популяция обогащается мутантными клетками, способными противостоять действию стресс-фактора, вызванного низким химическим потенциалом воды. Показателем засухоустойчивости соматоклонов пшеницы может служить стабильность химического потенциала воды в тканях вегетирующих растений.

О положительном влиянии микроэлементов на устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды указывают ряд

авторов [5, 6], в частности на жаро- и засухоустойчивость растений.

В связи с этим остро встаёт проблема адаптации растений при современном сельскохозяйственном производстве [7]. За последние 40 лет достигнуты существенные успехи в области изучения физиолого-биохимических основ засухоустойчивости на клеточном и тканевом уровне [8, 9]. Следует отметить, что для клеток и тканей мезофитов устойчивость определяется совокупностью адаптивных процессов, которые протекают при уменьшении водоснабжения клетки.

К наиболее важным процессам из изученных к настоящему времени следует отнести: торможение синтетической активности клеток; деструкцию биополимеров с целью повышения водоудерживающей способности протоплазмы за счёт накопления водорастворимых веществ; структурные изменения мембран и цитоплазмы, повышение аттрагирующей способности клеток и тканей к воде, повышение устойчивости к обезвоживанию основных клеточных структур и в первую очередь белоксинтезирующей и фотосинтезирующей систем.

Объекты и методы исследований

Опытными растениями являлись различные сорта яровой пшеницы. Опыты проводили в 1976 – 1979 гг., 1986 – 1988 гг., 1994 – 1996 гг., с 2001 – 2005 гг. и по настоящее время в лабораторных, вегетационных, полевых условиях и в засушнике.

Метеорологические условия за годы проведения опытов были самыми различными, от засушливых до влажных с обильными осадками. Агротехника в полевых опытах – общепринятая для зоны.

В вегетационных опытах и в засушнике засуху вызывали путём прекращения полива до 30% от полной влагоёмкости почвы в фазу кущения и колошения.

Воздушно-сухие семена яровой пшеницы обрабатывали гамма-лучами с мощностью 0,75 Грей/мин на установке «Луч-1» с источником излучения Cs-137, а также на лазерных установках «Луч – Электроника» и ЛТН – 101 мощностью 30 Вт и водородно-плазменной О4ПФ – 1 с энергией $1 - 3 \cdot 10^4$ Дж/кг. Микроэлементы использовали в

виде 0,5% растворов сульфатных солей. В опытах исследования проводили по следующим методикам:

- водоудерживающую способность листьев весовым методом, разработанным ВИР;

- определение общей, свободной и связанной воды в листьях яровой пшеницы по Н.А. Гусеву [10];

Для изучения жаростойкости нами был проведён опыт в фитотроне.

- в полевых опытах жаростойкость – по степени накопления пролина;

- содержание аминокислот и пролина в листьях – на автоматическом анализаторе LKB – 410.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного и корреляционно-регрессивного анализов на ПЭВМ с использованием Excel 2000, Statistica 4.5, Statgrafics Plus Windows 5,0.

Результаты исследований

В регуляции водообмена растений значительная роль принадлежит их водоудерживающим силам, обусловленным в основном содержанием в клетках осмотически активных веществ и способностью коллоидов к набуханию.

Водоудерживающая способность клеток зависит от условий выращивания растений, сортовых признаков и различных факторов среды и воздействия. В частности, большое влияние оказывают условия питания, регуляторы роста, микроэлементы и применение физических факторов.

О водоудерживающей способности, как об одном из основных показателей засухоустойчивости растений, указывается в работах [11].

Высокая водоудерживающая способность, по мнению ряда авторов, является одним из показателей засухоустойчивости растений [12, 13, 14].

Результаты (рис. 1) показывают, что водоудерживающая способность является динамичным показателем и варьирует в зависимости от фенологической фазы развития растений. Данные показывают, что растения быстрее теряют воду в фазу всходов

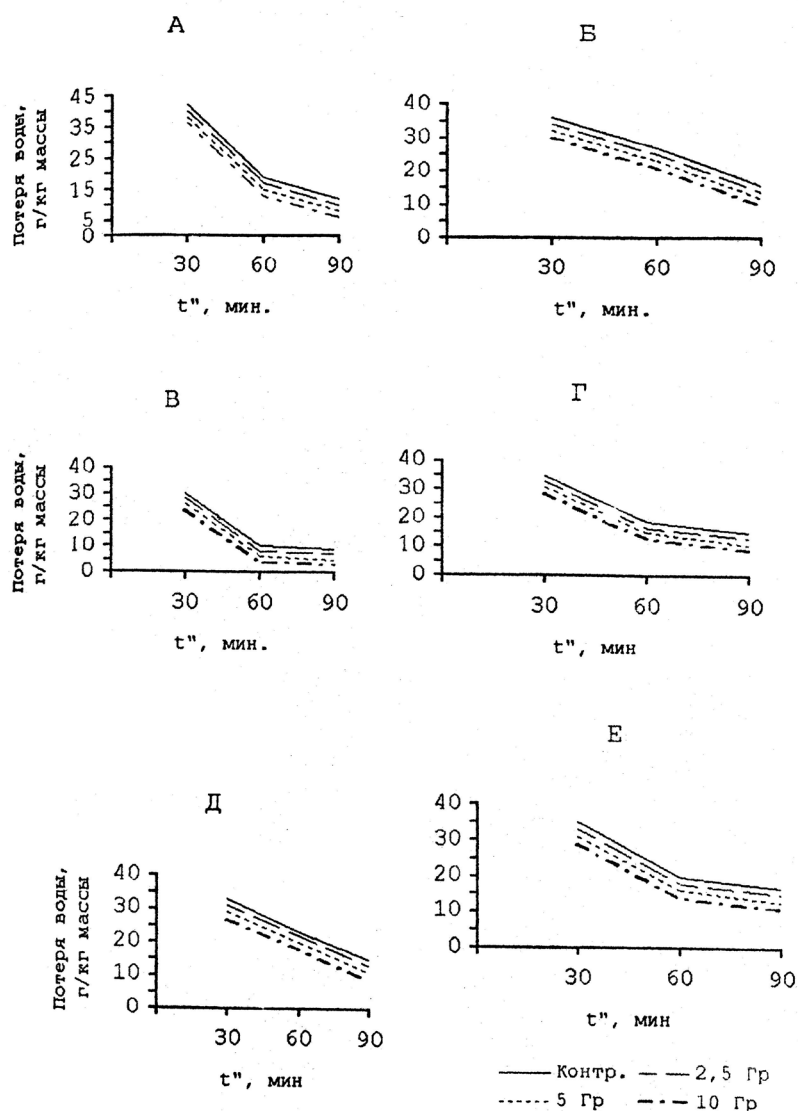


Рис. 1 – Водоудерживающая способность листьев яровой пшеницы Саратовская 41, 1976 – 1979 гг.

А – всходы, Б – кущение, В – трубкование, Г – колошение, Д – цветение, Е – молочно-восковая спелость.

и молочной спелости, медленнее – в фазу кущения.

При определении потери воды в одни и те же фенофазы двух экотипов, местный сорт Волжанка и саратовский экотип Саратовская 41, нам удалось определить заметное различие между экотипами.

Местный экотип сорт Волжанка меньше теряет воду по сравнению с саратовским экотипом. Эти различия заметны в течение вегетации. По-видимому, ульяновский экотип более адаптирован к местным агроклиматическим условиям, хотя характер кривых аналогичен, они имеют сходный вид.

Неодинаковая водоудерживающая способность пшеницы разных сортов, по-видимому, обусловлена генетическими особенностями. Под влиянием ионизирующей радиации этот физиологический показатель наиболее увеличивается под влиянием дозы в 5 Грей, как по сорту Саратовская 41, так и по сорту Волжанка. Количество воды под влиянием ионизирующей радиации теряется меньше, причём во все фазы роста. Разница составила от 6 до 22% по сравнению с контрольными растениями.

Аналогичные данные получены при облучении семян другими физическими воздействиями (ФВ), в частности лазерным и плазменным излучением с последующим выращиванием в условиях засухи и естественных условиях в 1986 – 1987 гг. пшеницы сортов Кутулукская и Симбирка (табл. 1).

Данные показывают более высокую водоудерживающую способность пшеницы местного сорта Симбирка в условиях за-

сушника, под влиянием физических факторов потеря воды в % ещё меньше. По башкирскому сорту Кутулукская наблюдается другая зависимость. В условиях засухника все факторы повышают водоудерживающую способность по сравнению с контролем. Под влиянием ФВ растения лучше адаптируются к неблагоприятным условиям среды. В листьях опытных растений наблюдалась более высокая тургесцентность и меньший водный дефицит. Положительные изменения оводнённости листьев опытных растений способствовали повышению выживаемости

Таблица 1

Потеря воды растениями яровой пшеницы в условиях засухи и естественных условиях (%), 1986 – 1987 гг.

Экспозиция	Засушник (%)			Контроль (естественные условия) (%)		
	контроль	лазер	плазма	контроль	лазер	плазма
Симбирка						
30 мин	6,2	5,7	5,6	6,9	5,8	5,7
60 мин	9,6	9,0	9,2	12,3	10,5	10,4
90 мин	15,2	14,1	15,0	17,1	16,0	16,8
Кутулукская						
30 мин	6,8	5,2	4,9	5,8	6,6	7,0
60 мин	10,7	9,8	8,9	9,5	10,7	11,1
90 мин	16,3	14,9	14,1	14,2	16,6	16,6

Таблица 2

Содержание общей воды в листьях яровой пшеницы в зависимости от доз ионизирующей радиации (%), 1976 – 1978 гг.

Вариант	Фазы роста				
	кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость	восковая спелость
контроль	70,5±3,4	69,4±1,0	67,2±1,3	61,4±2,1	58,4±1,7
5 Грей	76,0±4,1	70,5±1,1	67,8±2,1	61,8±1,9	59,1±2,2
10 Грей	75,1±2,9	70,3±2,1	66,9±2,2	61,8±2,4	59,0±2,2
20 Грей	74,2±3,6	70,2±2,6	66,9±1,8	61,4±1,6	58,2±1,9
50 Грей	71,3±4,1	69,8±1,2	66,8±1,6	60,9±2,0	58,0±2,0
100 Грей	70,9±3,5	69,4±1,7	66,7±1,7	61,0±1,8	58,0±1,8

Таблица 3

Влияние ионизирующей радиации на содержание связанной воды в листьях яровой пшеницы (%), 1976 – 1978 гг.

Вариант	Фазы роста				
	кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость	восковая спелость
контроль	40,5±2,4	38,2±2,1	41,4±2,7	33,4±2,2	30,8±1,4
5 Грей	48,6±3,1	45,8±2,9	47,9±2,4	36,9±2,8	32,9±1,6
10 Грей	47,8±3,0	45,3±2,9	46,8±3,1	37,1±2,6	32,6±1,5
20 Грей	47,2±3,3	45,6±3,1	46,4±4,0	36,4±3,0	31,8±1,2
50 Грей	47,0±3,4	44,3±2,2	46,0±3,3	36,2±2,5	32,4±0,9
100 Грей	47,1±2,9	39,4±2,4	45,1±3,0	33,8±2,9	30,6±1,1

и урожайности.

Для прогнозирования засухоустойчивости растений большое значение имеет не только водоудерживающая способность

листьев, но и содержание воды. Согласно современным представлениям, определённую роль в устойчивости растений к засухе имеет не только общее содержание воды,

Таблица 4

Водоудерживающая сила листьев в вегетационных сосудах (% от сырой массы), 1994 г.

Вариант	Без искусственной засухи			Засуха		
	2 ч.	4 ч.	6 ч.	2 ч.	4 ч.	6 ч.
Контроль	69,35	61,39	57,61	61,24	52,72	48,83
CuSO ₄	81,12	70,50	65,50	70,31	62,38	57,45
ZnSO ₄	72,93	63,95	58,40	65,92	57,82	53,19
Cu + Zn	67,16	59,88	55,80	78,07	69,26	64,66
5 Грей	71,88	64,28	59,73	82,06	62,93	66,83
5 Грей + Cu	73,10	57,26	53,12	73,69	62,66	58,34
5 Грей + Zn	68,00	60,58	56,85	72,84	64,27	59,15
5 Грей + Cu + Zn	72,97	64,22	59,48	72,04	63,01	58,22
Влияние радиации (А), %	0,58	3,20	2,68	13,64	5,66	10,1
Влияние микроэлементов (В), %	14,92	1,17	1,34	5,66	28,23	7,02
Влияние взаимодействий, (А*В), %	13,47	27,95	25,63	32,24	30,96	37,74
НСР ₀₅	20,53	17,19	16,58	18,76	10,41	15,68

но и её степень упорядоченности и фракционный состав. Было установлено, что содержание общей воды в листьях яровой пшеницы в начале роста было несколько выше в опытных вариантах 5, 10 и 20 Грей по сравнению с контролем (табл. 2).

В годы исследования (1976-78 гг.) наблюдалась почвенная засуха в начале вегетации растений от кущения до начала колосения. Она оказывала заметное влияние на соотношение форм воды, уменьшалась общая оводнённость листьев и количество свободной воды, увеличивалось содержание связанной воды в опытных вариантах. Связанная вода образует наиболее постоянный запас в растениях и имеет большое значение для засухоустойчивости (табл. 3).

Содержание свободной воды составляет разницу между содержанием общей воды и связанной воды.

В 1991 – 1996 гг. проведены исследования по изучению сочетанного действия ионизирующей радиации стимулирующей дозой 5 Грей и 0,5 % растворами сульфатов меди и цинка из расчёта 1,5 – 2 л на 1 ц се-

мян, сорт Ишеевская. Исследования показывают, что водоудерживающая сила листьев во всех вариантах имеет сходный характер [15, 16].

В засушливый 1995 г. более сильное влияние на водоудерживающую силу листьев яровой пшеницы оказали сульфат цинка и применение сульфата цинка совместно с ионизирующей радиацией. Это связано с тем, что цинк является активатором ферментов, влияет на образование фитогормонов (ауксинов). Под влиянием цинка повышается синтез сахарозы, крахмала, общее содержание углеводов и белковых веществ. Применение цинковых удобрений увеличивает содержание аскорбиновой кислоты, сухого вещества и хлорофилла. Цинковые удобрения повышают засухо-, жаро- и холодостойкость растений, поэтому в наших исследованиях происходит увеличение водоудерживающей силы листьев яровой пшеницы. Анализируя полученные данные по водоудерживающей силе за все годы исследований, можно заметить, что чем старше растения, тем меньше водоудерживающая

Таблица 5

Содержание связанной воды в листьях яровой пшеницы (% от сырой массы), 1994 – 1996 гг.

Вариант	1994 г.		1995 г.			1996 г.	
	фаза выхода в трубку	фаза колошения	фаза выхода в трубку	фаза колошения	фаза цветения	фаза выхода в трубку	фаза колошения
Контроль	8,0	43,9	38,8	36,6	36,7	31,6	27,8
CuSO ₄	34,5	38,4	36,7	21,3	37,2	32,5	24,8
ZnSO ₄	17,6	36,9	34,1	31,4	39,1	30,4	37,8
Cu + Zn	17,4	38,5	42,8	37,3	37,2	24,2	29,5
5 Грей	35,0	32,3	36,7	37,4	38,9	24,8	30,0
5 Грей + Cu	15,7	28,3	32,0	30,4	43,5	29,0	43,0
5 Грей + Zn	18,9	41,1	33,1	27,5	29,0	24,0	41,5
5 Грей + Cu + Zn	10,6	39,9	38,6	33,9	31,2	22,2	26,6
Влияние радиации (А), %	0,1	18,5	19,6	0,35	4,8	37,1	16,1
Влияние микроэлементов (В), %	19,0	25,7	71,3	70,9	37,3	51,1	48,9
Влияние взаимодействий, (А*В), %	80,1	54,0	4,9	23,6	56,4	7,0	34,9
НСР ₀₅	2,2	2,0	2,2	3,4	1,73	2,4	0,6

способность. С возрастом покровные ткани растений сильнее повреждаются, усиливается кутикулярная транспирация.

Изучение водоудерживающей силы в вегетационном опыте показало, что ионизирующая радиация на 2-4 % увеличивает водоудерживающую способность листьев в вариантах без создания искусственной засухи и более сильно увеличивает водоудерживающую способность в вариантах без полива, как и в полевом опыте. Под действием засухи растения, обработанные солями меди и цинка на фоне радиации, а также без нее, лучше удерживают воду (Табл. 4).

Результаты показывают, что воздействие меди играет значительную роль в стимуляции роста растений и улучшения их водообмена. Водоудерживающая сила обусловлена в основном содержанием в клетках осмотически активных веществ и способности коллоидов к набуханию. Водоудерживающая способность клеток зависит от условий выращивания растений,

сортовых признаков и различных факторов среды и воздействий. В частности, большое влияние оказывают условия питания и действие ионизирующей радиации. В годы с достаточным количеством влаги большее влияние имеет сульфат меди, в засушливых условиях – сульфат цинка. Сочетание обработки двумя солями, а также с облучением водоудерживающая сила увеличивается во многих случаях. Эти варианты наиболее универсальны [17].

Содержание связанной воды в тканях листа повышается при предпосевной обработке семян (табл. 5). Опытные варианты существенно превосходят контрольный, особенно в фазе выхода в трубку. Микроэлементы также влияют на содержание связанной воды в листьях (19 – 35,6 %), особенно медь и медь в сочетании с цинком.

В целом, анализируя результаты исследований за три года; можно указать, что количество связанной воды в растениях является весьма стабильным показателем.

Таблица 7

Жаростойкость проростков пшеницы Ишеевская (в опытах в фитотроне)

Вариант	всхожесть в песке, %	сырая масса срезанных растений, г	количество выживших растений, %
Контроль	88,3	15,19	71,2
CuSO ₄	82,7	14,47	73,5
ZnSO ₄	88,7	15,94	84,0
Cu + Zn	88,7	15,62	83,0
5 Грей	92,0	15,57	75,0
5 Грей + Cu	94,0	16,55	76,0
5 Грей + Zn	86,0	13,46	84,0
5 Грей + Cu + Zn	86,7	14,60	82,0
Влияние радиации (А), %	5,73	0,54	0,48
Влияние микроэлементов (В), %	7,14	5,68	60,34
Влияние взаимодействий, (А*В), %	32,86	27,0	19,83
НСР ₀₅	7,77	2,56	4,34

Влияние ионизирующей радиации наиболее существенно в засушливые периоды на более ранних фазах роста и развития растений. Влияние микроэлементов и сочетание факторов иногда очень значительно, и зависит от сорта, погодных, почвенных условий и фазы роста растений.

Результаты двухфакторного анализа показывают, что радиация оказывает более сильное влияние на количество связанной воды в фазу трубкования, то есть в более ранней стадии развития. Действие микроэлементов более значительно, чем влияние радиации, и уменьшается с возрастом растений. Сочетанное действие физических и химических воздействий усиливается с возрастом растения от 5-7 до 35 – 56 %.

В вегетационном опыте изучался фракционный состав воды (табл. 6). Количество общей воды в растениях уменьшается после искусственной засухи, причем в большей степени у облученных растений. Ионизирующая радиация совместно с цинком, цинком и медью увеличивала количество связанной воды. Цинк положительно влияет на количество общей и связанной воды. В вариантах без создания искусственной засухи ионизирующая радиация увеличивает

количество связанной воды до 15 %.

В облученных вариантах возросло количество свободной воды, которая играет большую роль при прорастании в физиологических процессах.

Сухая масса растений до подсушивания (фаза кущения) была наибольшей в вариантах 5 Грей, с медью и сочетанием 5 Грей + Cu. При искусственной засухе (фаза колошения) в вариантах с поливом сильнее влияла радиация и цинк, а с перерывом полива: медь, ионизирующее излучение и сочетание всех факторов воздействия. Масса растений увеличивалась под действием ионизирующей радиации, цинка, их сочетания.

Итак, при создании искусственной засухи на первое место по влиянию на сухую массу растений выходят медь и сочетание всех факторов воздействия. В случае с постоянным поливом – вариант с ионизирующей радиацией, цинком и их сочетанием.

Кроме засухоустойчивости, нами проведены исследования по влиянию выше перечисленных факторов на жаростойкость яровой пшеницы.

Жаростойкость растений определяется их способностью переносить высокие температуры и восстанавливать жизненные

Влияние мелафена на динамику пролина в онтогенезе яровой пшеницы

Вариант опыта	Показатели засухоустойчивости				
	Содержание пролина (мг %) по фенофазам яровой пшеницы				
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	цветение
контроль	13	12	13	25	13
мелафен (обр. семян)	10	14	41	66	62
мелафен (обр. вег. раст.)	10	14	30	43	35
мелафен (обр. семян и раст.)	9	15	52	81	82

процессы. Растения наиболее уязвимы к неблагоприятным факторам среды именно в начале вегетации [18]. Под действием теплового шока изменяется активность некоторых ферментов растительных клеток, что служит показателем устойчивости растений [19]. Для изучения жаростойкости нами был проведен опыт в фитотроне.

В прокаленном песке до начала испытания на жаростойкость лучше сохранились проростки в вариантах 5 Грей и 5 Грей + медь. Сырая масса растений также выше в варианте с ионизирующей радиацией и медью. Цинк в любых сочетаниях с радиацией несколько угнетает рост проростков и уменьшает массу растений (табл. 7).

Однако цинк во всех вариантах значительно увеличивает жаростойкость проростков. Ионизирующая радиация и медь влияют на жаростойкость незначительно. После испытания растения, обработанные цинком, хорошо восстанавливаются, что связано с усилением процесса фотосинтеза.

С 2001 – 2003 гг. опыты проводили с применением пектина, мелафена с микроэлементами марганцем и молибденом с сортом Л-503. Получены положительные данные, исследуемые препараты способствовали выживаемости растений на 1,47 – 4,33 %, а при внесении удобрений соответственно на 2,60 – 5,63 %, особенно при сочетанном действии с микроэлементами. Это связано с тем, что почвы опытного поля бедны молиб-

деном и марганцем. Показана зависимость выживаемости от накопления сухой массы по фенофазам кущения, колошения $R = 0,85$ на фоне естественного плодородия, $R = 0,91$ на фоне минеральных удобрений. Обработка семян пектином, мелафеном и микроэлементами способствует адаптации растений к перенесению неблагоприятных факторов среды.

Нами проводились исследования по изучению действия регулятора роста мелафен на засухоустойчивость яровой пшеницы сорта Л – 503 [20]. В качестве показателя взята степень накопления свободного пролина. Эта аминокислота имеет защитные свойства со способностью накапливаться в значительных количествах в растениях при экстремально высоких температурах, сопровождающихся водным дефицитом [21]. По литературным данным [22], при водном дефиците у ряда растений (ячмень, шпинат и др.) концентрация пролина в цитоплазме возрастает в 100 раз и более. Благодаря своим гидрофильным группам пролин может образовывать агрегаты, которые ведут себя как гидрофильные коллоиды, этим объясняется высокая растворимость пролина, а также способность его связываться с поверхностными гидрофильными остатками белков. Поэтому накопление пролина как осмотически активного органического вещества благоприятствует удержанию воды в клетке.

Полнота всходов и выживаемость растений яровой пшеницы к уборке

вариант	количество на 1м ²		полнота всходов, %	количество растений к уборке шт.	выживаемость, %
	высеянных семян	взошедших растений			
контроль	550	378	68,7	337	89,2
мелафен, % 10 ⁻⁷	550	391	71,1	366	93,6
мелафен, % 10 ⁻⁸	550	395	71,8	374	94,6

Максимальное содержание пролина во всех вариантах опыта отмечается при наступлении фазы колошения. Наилучший эффект наблюдается при двукратной обработке семян перед посевом и вегетирующих растений, что обеспечивает повышение урожайности на 15%, положительно влияет и однократная обработка семян перед посевом.

Проведённые производственные опыты с сортом Нива-2 (табл. 9) показывают, что мелафен способствует лучшей выживаемости.

Данные показывают, что под влиянием обеих концентраций мелафена для предпосевной обработки семян увеличивается полнота всходов на 2,4 – 3,1%, сохранность до 10,7 %, а выживаемость до 5,4 %. Таким образом, применение мелафена на яровой пшенице весьма перспективно для повышения засухоустойчивости.

В заключение следует отметить, что для обеспечения защиты растений мезофитов от недостатка влаги, кроме выведения устойчивых сортов, целесообразно применять физические и химические воздействия на семена совместно с регуляторами роста при возделывании культур для увеличения устойчивости растений к засухе.

Выводы

1. Стрессоры – высокие и низкие температуры, почвенная засуха или облучение вызывают в растениях сходные изменения физиолого-биохимических процессов, и можно рассматривать облучение семян в определённых дозах как фактор, влияющий на процессы, связанные с перенесением неблагоприятных условий засухи или зимовки

2. Под влиянием физических воздействий, ионизирующей радиации, лазерного и плазменного облучения семян, а также

обработки микроэлементами и регуляторами роста возрастает водоудерживающая способность растений, увеличивается содержание связанной воды и пролина, что способствует устойчивости растений к неблагоприятным факторам.

Библиографический список

1. Костин, В.И. Влияние предпосевного облучения семян на водный режим и засухоустойчивость яровой пшеницы / В.И. Костин // Материалы I Всесоюзной конференции по сельскохозяйственной радиобиологии. - М., 1979. – С. 59 – 60.

2. Костин, В.И. Ионизирующее излучение и устойчивость яровой пшеницы к засухе / В.И. Костин, Н.Ф. Батыгин // Теоретические и практические аспекты РБТ.- Киев, 1985.-Часть I.-С. 37-38.

3. Костин, В.И. Использование физических воздействий в растениеводстве /В.И. Костин, В.С. Хлебный. - М., 1995. - 237 с.

4. Тучин, С.В. О термодинамическом состоянии воды в тканях отселектированных *in vitro* на засухоустойчивость соматических клонов пшеницы/С.В. Тучин // Сельскохозяйственная биология.- 1999. - № 1. - С.58-62.

5. Боженко, В.П. Микроэлементы и проблема устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды /В.П. Боженко // Физиологическая роль и практическое применение микроэлементов. - Рига, 1976. - С.110-123.

6. Генкель, П.А. Основные пути изучения физиологии засухоустойчивости растений /П.А. Генкель // Физиология засухоустойчивости растений. - М.: Наука, 1971. - С.5-21.

7. Залалов, А.А. О механизмах адаптации водного обмена растений к условиям водного дефицита и засухи /А.А. Залалов,

И.Ф. Ионенко // Сельскохозяйственная биология.- 1994.- № 5.-С.12-20.

8. Удовенко, Г.В. Механизмы адаптации растений к стрессам. /Г.В. Удовенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1979.-Том 11, № 2. - С.99-105.

9. Максимов, Н.А. Водный режим и засухоустойчивость /Н.А. Максимов // Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости. – М.: Изд. АН СССР, 1952. – 575 с.

10. Гусев, Н.А. Физиология водообмена у растений /Н.А. Гусев. – Казань, 1966. - 135 с.

11. Кожушко, Н.Н. Водоудерживающая способность как показатель засухоустойчивости растений /Н.Н.Кожушко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - Л.: 1976.-Том 57, выпуск 2.- С.59. Костин, В.И. Теоретические и практические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур физическими и химическими факторами /В.И. Костин.- Ульяновск, 1998. - 122 с.

12. Костин, В.И. Влияние обработки семян физическими и химическими факторами на физиологические процессы, урожайность и качество сельскохозяйственных растений: дис. ... доктора сельскохозяйственных наук в форме научного доклада/В.И. Костин. - Кинель, 1999. - 86 с.

13. Исайчев, В.А. Оптимизация продукционного процесса сельскохозяйственных культур под воздействием микроэлементов и росторегуляторов в условиях лесостепи Поволжья: автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук/В.А. Исайчев. – Казань, 2004. -45 с.

14. Черкасова, С.Н. Влияние ионизирующей радиации на водный режим яровой пшеницы /С.Н. Черкасова, (С.Н. Решетникова) // Оптимизация применения удобрений и обработки почвы в лесостепи Поволжья. – Ульяновск:УГСХА, 1995. – С. 71 – 75.

15. Решетникова, С.Н. Совместное действие ионизирующей радиации и сульфатов

меди и цинка на количество связанной воды в листьях и урожайность яровой пшеницы /С.Н. Решетникова // Физиология, электрофизиология, ботаника и интродукция сельскохозяйственных растений: международный сборник научных трудов / Нижегородская ГСХА.- Нижний Новгород, 2001. – С. 193 – 196.

16. Решетникова, С.Н. Урожайность и качество яровой пшеницы в зависимости от ионизирующей радиации и микроэлементов в лесостепи Поволжья : автореферат дис. ... канд. сельскохозяйственных наук / С.Н. Решетникова. – Пенза, 2002. -21 с.

17. Волкова, А.М. Определение жаро- и засухоустойчивости сортов пшеницы по интенсивности роста проростков /А.М. Волкова, О.Б. Моткалюк // Бюллетень ВИР.- 1976.- Выпуск 63.- С. 24

18. Леонтьева, А.Н. Влияние теплового шока на активность фосфатаз растений гороха *Pisum sativum* L /А.Н. Леонтьева, Н.А.Кочеткова// Физиология, электрофизиология, ботаника и интродукция сельскохозяйственных растений: сборник научных трудов / Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. - Нижний Новгород, 2001. - С.163-166.

19. Костин, В.И. Влияние мелафена на урожайность и качество яровой пшеницы при различных способах обработки почвы / В.И. Костин, О.А. Ткачук// Состояние исследований и перспективы применения регулятора роста растений нового поколения «мелафен» в сельском хозяйстве и биотехнологии.- Казань, 2006. –С. 40 – 44.

20. Ткачук, О.А. Влияние основной обработки почвы и регуляторов роста на засухоустойчивость и урожайность яровой пшеницы в лесостепи Поволжья: автореферат дис. ... канд. сельскохозяйственных наук/ О.А. Ткачук . – Пенза, 2006. - 21 с.

21. Полевой, В.В. Физиология растений /В.В. Полевой . - М.: «Высшая школа», 1989. – 464 с.