

кер // Актуальные вопросы аграрной науки и образования: Материалы Международной научно-практической конференции – Ульяновск, 2008. – С. 171-174.

10. Куприянова-Шахматова, Р. А. Некоторые наблюдения по экологии личинок трематод / Р.А. Куприянова-Шахматова // Helminthologia. Tomus III. Bratislava, 1961. С. 193–200.

11. Петроченко, В. И. Гельминтозы птиц / В. И. Петроченко, Г. А. Котельников. -2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1976. – 351 с.

12. Судариков, В. Е. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России / В. Е. Судариков, А. А. Шигин, Ю. В. Курочкин [и др.] – М.: Наука, 2002. – 298 с.

УДК 633.112 + 631.8

## ИЗМЕНЕНИЯ РЕАКЦИЙ РАСТЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА, ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И УСТОЙЧИВОСТЬ К СТРЕССУ В ОНТОГЕНЕЗЕ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР

**Костин Владимир Ильич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Биология, химия и ТХППР»  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»  
432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: +79063924220,  
e-mail: bio-kafedra@yandex.ru

**Ключевые слова:** морозо- и зимостойкость, чувствительность, устойчивость, связанная вода, организм – среда, сухая биомасса, выживаемость растений.

Результаты приведённых многолетних исследований показывают, что под действием физических факторов, регуляторов роста происходит увеличение криозащитных соединений, таких как свободные аминокислоты, редуцирующие сахара и пролин. Эти соединения способствуют увеличению связанной воды, оказывают влияние на процесс выживаемости, в результате создаются благоприятные условия для закалки и перезимовки озимых культур.

### Введение

Урожай озимых культур в значительной мере зависит от их способности противостоять неблагоприятным условиям зимовки. В естественных условиях устойчивость озимых к неблагоприятным зимним условиям определяется морозостойкостью, устойчивостью к вымоканию, выпреванию, ледяной корке, зимней засухе и т.д.

В процессе эволюции у озимых растений сформировалась способность закаливаться в неблагоприятных условиях. Морозо- и зимостойкость развивается в результате сложной и длительной подготовки растений к зиме.

В нашем регионе одной из главных причин повреждения и гибели озимых является вымерзание растений. Повреждения растений при низких отрицательных температурах часто ослабляют их устойчивость к губительному действию других факторов. В процессах стойкости к низким температурам большинство исследователей отдают предпочтение какой-либо одной стороне метаболизма.

В конечном счете, ту или иную продуктивность или скорость развития можно рассматривать как интегральную реакцию на воздействие внешних условий. Вместе с тем в системе «организм - среда» условия

нельзя признать ведущим фактором хотя бы потому, что характер реакции организма на один и тот же фактор будет определяться его генотипической и онтогенетической спецификой.

Строго говоря, при исследовании реакции необходимо учитывать три обстоятельства: состояние объекта, режим действия фактора (или факторов) и условия после воздействия, важно также представлять биологическую значимость показателя, по которому оценивается реакция, его место в иерархии биосистемы [1, 2].

Многочисленные наблюдения и эксперименты указывают, что реакции растений на действие факторов среды не одинаковы на разных этапах органогенеза [3]. Первым сформулировал положение о критических периодах в онтогенезе сельскохозяйственных растений [4]. И, по данным автора, уровень устойчивости растений в онтогенезе меняется.

Сопоставление результатов многолетних экспериментов позволило констатировать однотипность реакций растений на стрессовые условия [5, 6]. При этом подчёркивается, что у разных сортов и видов растений изменения физиологических функций в ответ на одинаковое стрессовое воздействие качественно сходны, но количественно различаются. То же самое имеет место в реакции одних и тех же видов растений на разные типы стрессов. Иными словами, у сорта с низкой устойчивостью при стрессе происходят те же изменения, что и у устойчивого; различие заключается лишь в величине допустимой стрессовой нагрузки для первого по сравнению со вторым.

В результате сравнительного анализа растительных объектов по ряду обобщённых биологических тестов можно отметить сходство эффектов при действии разнообразных физических и химических факторов, а также регуляторов роста. Об этом идёт речь в наших многолетних исследованиях, проведённых в лабораторных, вегетационных и полевых опытах.

**Цель исследований** – изучить влияние различных регуляторов роста, физических и химических факторов на характер реакции

растений и устойчивость к стрессу при обработке семян перед посевом и вегетирующих растений.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

- исследовать роль предпосевной обработки различными физическими, химическими факторами и регуляторами роста в развитии адаптационных реакций при действии неблагоприятных абиотических факторов среды;

- выявить влияние используемых факторов в регулировании зимостойкости озимых культур;

- изучить влияние факторов воздействия на выживаемость растений озимой ржи и различных сортов озимой пшеницы в зависимости от содержания сахаров, свободных аминокислот и серосодержащих аминокислот – метионина, цистина, цистеина и пролина.

#### **Объекты и методы исследований**

Оценка изучаемых показателей проводилась с использованием следующих лабораторных методов:

- связанной воды – рефрактометрическим методом (по А.В. Думанскому);

- содержание свободных аминокислот в листьях на автоматическом анализаторе LKB-410;

- содержание редуцирующих сахаров в растениях (по Бертрану).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного и корреляционно-регрессивного анализов на ПЭВМ с использованием Excel 2000, Statistica 4.5, Statgraphics for Windows 5.0.

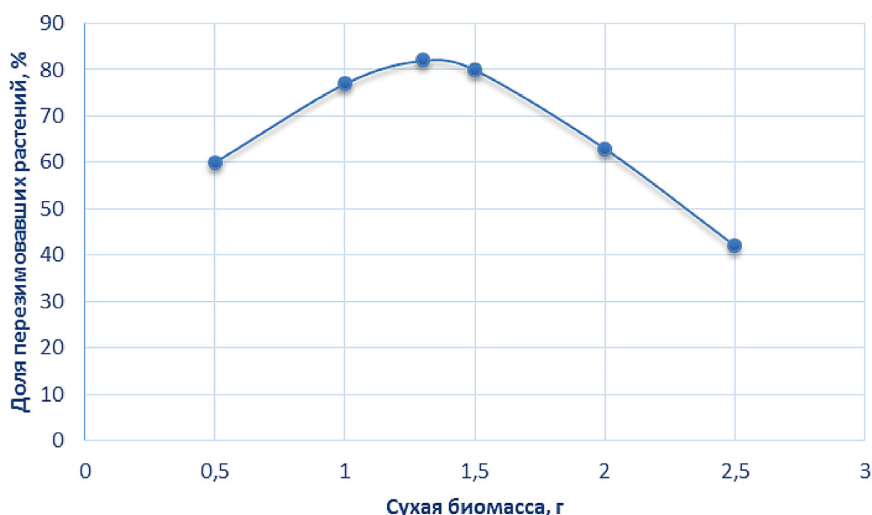
#### **Результаты исследований**

При изучении реакций на действие любого фактора необходимо учитывать чувствительность и устойчивость растительного организма как целостной системы. Чувствительность – уровень физиолого-биохимического порога, ниже которого растение не реагирует на изменение любого используемого фактора в конкретных условиях. Устойчивость – способность растений без изменений ростовых, физиолого-биохимических показателей реагировать на увели-

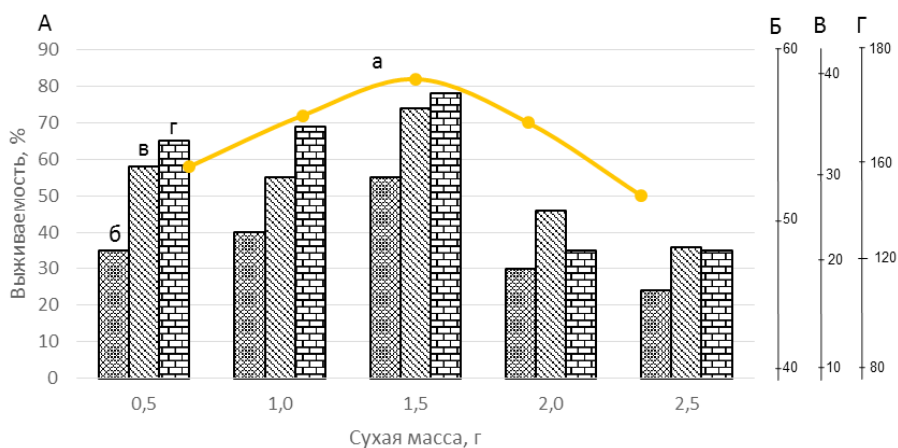
чение дозы или концентрации воздействующих факторов. Следует иметь в виду три обстоятельства: состояние объекта, режим воздействия и условия выращивания растений после воздействия, т.к. уровень устойчивости растений в течение индивидуального развития может меняться в ту или иную сторону. Обычно он низок в период прорастания, затем может повышаться в период закладки вегетативных органов. Затем при переходе к заложению и формированию репродуктивных органов начинает снижаться, достигая минимума в период спорогенеза, в дальнейшем наблюдается повышение устойчивости.

В качестве примера мы рассматриваем зависимость перезимовки от сухой биомассы, так как для озимых характерен высокий температурный порог ростовых процессов, поэтому в качестве маркера для оценки состояния растений при закаливании мы пользуемся интегральным показателем – сухой биомассой на конец закаливании, т.е. на конец второй фазы закаливании.

На рис. 1 приведены результаты перезимовки озимой пшеницы, высеянной в ранние, оптимальные и поздние сроки (25 августа, 5 сентября и 25 сентября). Лучшую перезимовку растения проходили при сухой массе 1–1,5 г – это соответствует 5 сентября, а худшая перезимовка при сухой массе 2–2,5 г (посев 25 августа). Результаты исследований показывают наилучшие сроки для посева 1–5, 6 сентября. Ранний посев способ-



**Рис. 1 – Зависимость перезимовки от величины сухой массы растений озимой пшеницы Харьковская 92 в конце второй фазы закаливании**



**Рис. 2 – Зависимость перезимовки растений озимой пшеницы Мироновская 88 от состояния растений в конце II фазы закаливании (А – перезимовавшие растения, %; Б – связанная вода, %; В – редуцирующие сахара, % от сухого вещества; Г – содержание аминокислот, % сухой массы; а-г – соответствующие значения параметров А–Г).**

ствует перерастанию, и углеводы, в связи с понижением энергии, не успевают перейти в узел кущения, а в поздние сроки мало накапливается криозащитных веществ.

Анализ данных по количеству связанной воды, редуцирующих сахаров и суммы аминокислот показал, что для каждого конкретного значения биомассы существует своё сочетание перечисленных метаболитов. Характер кривой перезимовки и кривой выживаемости на конец вегетации аналогичен, т.е. между перезимовкой и выживаемостью можно поставить знак равенства,

Таблица 1

## Содержание связанной воды в узлах кушения озимой пшеницы, %

Доза облучения, Гр	Октябрь		Ноябрь		Январь	
	1974–1975 гг.	1975–1976 гг.	1974–1975 гг.	1975–1976 гг.	1974–1975 гг.	1975–1976 гг.
	Среднемесячная температура, °С					
	+8,0	+2,2	-0,4	-3,9	-7,2	-14,0
Контроль	38,0	35,0	42,0	40,0	55,0	44,0
10	33,0	34,0	40,0	41,0	48,0	48,0
20	36,0	33,0	41,0	38,0	58,0	46,0
30	42,0	37,0	48,0	39,0	65,0	49,0
40	40,0	38,0	52,0	44,0	60,0	55,0
50	44,0	36,5	56,0	48,0	63,0	58,0
60	51,0	36,0	50,0	49,0	61,0	59,0
80	48,0	38,0	52,0	51,0	71,0	64,0
100	55,0	37,0	61,0	55,0	64,0	68,0

Таблица 2

## Содержание аминокислот в узлах кушения пшеницы, мг % на сухое вещество

Доза облучения, Гр	Октябрь		Ноябрь		Январь		Март	
	1974–1975 гг.	1975–1976 гг.	1974–1975 гг.	1975–1976 гг.	1974–1975 гг.	1975–1976 гг.	1974–1975 гг.	1975–1976 гг.
Контроль	82,6	110,0	160,0	178,0	328,0	350,0	234,0	190,1
10	78,0	98,0	135,0	181,0	270,0	341,0	214,0	205,0
20	84,0	128,0	140,0	207,0	253,0	348,0	220,0	210,0
30	110,0	131,0	180,0	241,0	345,0	355,0	272,0	220,0
40	122,0	148,0	301,0	238,0	407,0	360,0	260,0	215,0
50	125,0	166,0	340,0	245,0	425,0	401,0	280,0	228,0
60	123,0	176,0	320,0	196,0	310,0	420,0	240,0	230,0
80	90,7	121,0	200,0	135,0	300,0	328,0	210,0	180,0
100	80,4	98,5	110,0	136,8	210,0	312,0	190,0	188,0

отсюда можно полагать, что развитие растений озимой пшеницы в начале онтогенеза определяет их сопротивляемость к осенне-зимним стрессам в процессе индивидуального развития после перезимовки.

Корреляционный анализ за 1999–2002 г. в полевых условиях показал наличие обратной связи между массой сухого вещества, площадью ассимиляционной поверхности, чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), содержанием сахарозы в листьях ( $r = 0,46... -0,58$ ,  $r = 0,52... 0,59$ ,  $r = -0,44... -0,61$ ) соответственно, а также обратную зависимость зимостойкости от массы сухого вещества ( $r = -0,37... -0,55$ ) и ЧПФ ( $r = -0,61... 0,72$ ).

Нашими исследованиями, проведёнными ещё в 1974–1976 гг. [7, 8] с озимой

пшеницей, семена которой облучались ионизирующим излучением, установлено, что под влиянием низких температур для озимой пшеницы в узлах кушения как контрольном, так и в вариантах с облучением, увеличивается содержание связанной воды (табл. 1). На опытных вариантах выше, особенно в дозах 40–100 Гр, которые являются оптимальными для озимой пшеницы.

Поскольку облучение, высокие и низкие температуры и почвенная засуха при достаточной интенсивности действия вызывают в растениях сходные изменения физиолого-биохимических процессов, мы считаем, что предложенное нами облучение в определённых дозах можно рассматривать как фактор, влияющий на процессы, свя-

Таблица 3

Влияние  $\gamma$ -облучения на содержание редуцирующих сахаров в листьях и узлах ку­щения озимой пшеницы, % на сухое вещество, полевые опыты

Доза об­лучения, Гр	1974 г.		1975 г.		1975 г.		1976 г.	
	октябрь	ноябрь	январь	март	октябрь	ноябрь	январь	март
	Среднемесячная температура, °С							
	+8,8	-0,4	-7,2	-0,9	+2,2	-3,9	-14,0	-1,0
Контроль	16,0	25,0	48,0	41,0	14,0	28,6	51,0	33,0
10	15,2	19,0	34,0	30,0	12,8	28,0	48,0	30,0
20	14,8	18,5	38,0	28,6	13,5	28,4	42,0	35,0
30	18,6	27,0	52,0	45,0	17,6	32,0	51,8	42,0
40	19,8	32,0	51,0	40,0	22,0	40,0	58,0	40,6
50	17,6	38,0	63,0	48,0	20,6	42,5	56,7	41,1
60	16,7	34,0	68,8	52,0	14,8	36,0	50,2	48,0
80	14,0	26,0	43,0	43,0	15,0	24,0	48,8	34,0
100	14,6	21,0	47,0	28,0	10,0	27,0	43,6	32,0

занные с перенесением неблагоприятных условий среды. На увеличение выживаемости при действии невысоких доз облучения указывалось ещё в 1962 г. [9], что послужило обоснованием для дальнейшего изучения влияния ионизирующих излучений и других физических факторов на действие неблагоприятных условий.

В течение осенне-зимне-весеннего периода было обнаружено 15 свободных аминокислот: серин, аланин, цистеин, цистин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лизин, аргинин, фенилаланин, гистидин, триптофак, аспарагиновая кислота, пролин (табл. 2).

Качественный состав аминокислот в течение осенне-зимнего периода не изменялся, но по мере снижения температуры в зимние месяцы увеличивалось общее количество свободных аминокислот.

Так, в октябре 1974 г. содержание их составило 82,6 мг %, в ноябре оно возросло почти в 3 раза, ещё более значительно их содержание увеличилось в январе при действии устойчивых низких температур – 328 мг %, на оптимальных вариантах 20–50 Гр соответственно от 110–125 до 345–425 мг %, в 1975 г. от 110 до 350 мг % на контроле, на опыте от 128 до 425 мг %. На вариантах с высокими дозами 80–100 Грей наблюдается уменьшение количества аминокислот на 2,2–10,8 мг % по сравнению с контролем. Под влиянием низких температур в узлах ку-

щения озимой пшеницы как контрольных, так и опытных увеличивалось содержание редуцирующих сахаров (табл. 3).

В опыте 1975–1976 гг. отмечено большее накопление редуцирующих сахаров в зимние месяцы по сравнению с 1974–1975 гг. связанное, по-видимому, с тем, что метеорологические условия 1975–1976 гг. характеризовались более низкими среднемесячными температурами осенне-зимнего периода, усиливающими процессы гидролиза белков и углеводов.

Вызываемые облучением изменения рассмотренных физиолого-биохимических процессов в двух полевых опытах имели сходный характер. В первую фазу закаливания, в октябре, до наступления устойчивых низких температур под влиянием облучения изменялось содержание редуцирующих сахаров, свободных аминокислот, количество связанной воды. Эти изменения носили следующий характер: облучение в дозах 10–20 Гр вызывало незначительное торможение интенсивности указанных процессов, облучение в дозах 30,40 и 50 Гр вело к увеличению содержания аминокислот и сахаров. Облучение в более высоких дозах (60, 80 и 100 Гр) угнетало эти процессы, однако при облучении в дозе 60 Гр наблюдалось в некоторых случаях увеличение содержания сахаров, что, по-видимому, можно объяснить их накоплением в связи с угнетением про-

Таблица 4

Содержание редуцирующих сахаров и связанной воды в узле кущения озимой ржи в воздушно-сухом состоянии, % (1998–2000 гг.)

Вариант	1998–1999 гг.			1999–2000 гг.			2000–2001 гг.		
	ноябрь	февраль	апрель	ноябрь	февраль	апрель	ноябрь	февраль	Апрель
	Среднемесячная температура								
	-7,6	-6,4	+7,7	-7,7	-5,7	+9,5	-3,1	-9,3	+8,8
Редуцирующие сахара									
Контроль	24,0	15,1	10,8	18,6	14,9	10,1	17,1	16,7	13,2
Мелафен 1·10 <sup>-7</sup> %	37,1	22,1	14,3	22,7	20,5	14,6	21,4	20,3	15,6
Мелафен 1·10 <sup>-8</sup> %	35,2	18,0	14,2	23,8	21,1	15,1	22,8	21,8	16,9
Связанная вода									
Контроль	39,4	36,8	37,7	44,8	39,4	35,4	41,1	37,3	34,6
Мелафен 1·10 <sup>-7</sup> %	42,4	38,8	36,1	46,1	41,3	37,2	43,2	39,5	37,7
Мелафен 1·10 <sup>-8</sup> %	41,9	38,1	35,6	46,7	41,7	37,5	44,6	40,3	37,8

цессов роста.

Содержание связанной воды увеличилось по мере увеличения дозы облучения.

Увеличение числа выживших растений можно связать с влиянием облучения на ростовые процессы. В фазу кущения (осенью 1974 и 1975 гг.) облучение в дозах 30, 40 и 50 Гр вызывало снижение роста растений, облучение в более высоких дозах также снижало темпы роста, но выживаемость растений была в этих вариантах ниже вследствие отрицательного действия облучения в этих дозах на рассмотренные физиологические процессы.

Таким образом,  $\gamma$ -облучение семян озимой пшеницы сорта Ульяновка привело к большему накоплению сахаров и свободных аминокислот в узлах кущения и явилось фактором, усиливающим естественную закалку растений в осенних условиях, способствовало лучшей выживаемости растений от 92 до 98% (1974–1975 гг.) и от 90,5 до 94,5% (1975–1976 гг.) и повышению урожайности от 25,6–31,6 до 28,6–36 ц/га. Аналогичные данные получены по другим физическим воздействиям (лазерное и плазменное излучение) (1981–1984 гг.). Под их влиянием процент изреженности посевов составил 11,2–12,8%, тогда как на контроле 12,8–

14,7%. Это связано с сильной мобилизацией и подвижностью углеводов и аминокислот.

С 1998 г. по настоящее время эти исследования продолжают с применением регуляторов роста, микроэлементов и биопрепаратов с учётом первой и второй фазы закалывания [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Как указывает [19, 20], наивысшей зимостойкостью отличаются растения, обладающие двумя главными биологическими свойствами – высокой морозостойкостью и замедленным темпом роста и развития осенью.

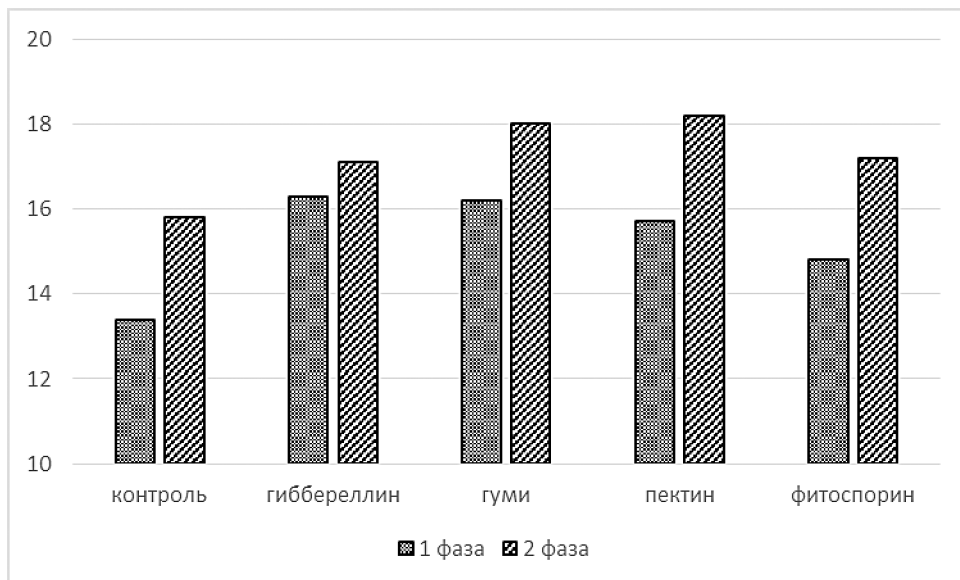
Установлено, что предпосевная обработка семян мелафеном (фиторегулятор нового поколения) в концентрации 1·10<sup>-7</sup> и 1·10<sup>-8</sup>% оказала влияние на ослабление роста растений озимой ржи в осенний период, что вызвано, вероятно, не столько понижением температуры воздуха, сколько накоплением в тканях растений углеводов. Отмечено, что на варианте мелафен 1·10<sup>-7</sup> масса сухого вещества в 1998-1999 гг. была ниже контроля на 4,2%, тогда как на варианте мелафен 1·10<sup>-8</sup> она была практически на уровне контроля. Аналогичные данные получены в 1999–2000 гг., на обоих вариантах этот показатель ниже контроля. Таким образом, на опытных вариантах происходит сни-

жение темпов роста растений озимой ржи, что подготавливает их к периоду зимнего покоя.

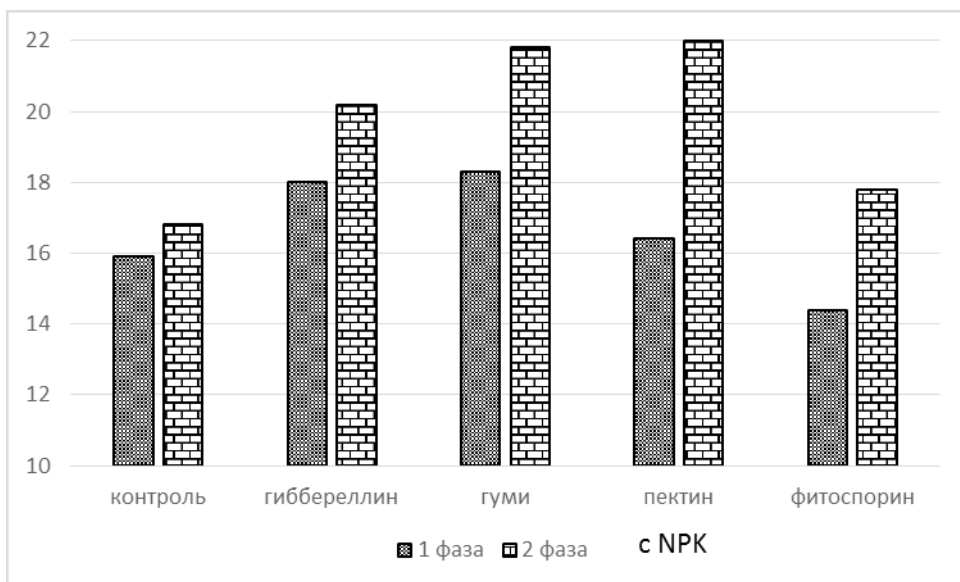
Результаты исследований показывают, что предпосевная обработка мелафеном повышает содержание редуцирующих сахаров и связанной воды в узле кущения озимой ржи (табл. 4).

Хорошая зимостойкость растения зависит не только от способности накапливать криозащитные соединения в осенний период, но и от экономного расходования их в течение зимнего периода. Во второй половине зимы, вследствие процесса дыхания, происходит снижение углеводов, на опытных вариантах израсходование происходит более медленно, за счёт разбавления углеводов происходит и снижение связанной воды. Мелафен способствовал увеличению и выживаемости растений в среднем на 6–8,1% в зависимости от года исследований.

Повышение содержания сахаров при действии низких температур идёт в первую очередь за счёт гидролиза сахарозы и других ди-, трисахаров (олигосахаридов). Накопление моносахаридов способствует повышению осмотических свойств клетки, что снижает вероятность перехода воды в кристаллическое состояние при отрицательных температурах.



**Рис. 3 – Содержание редуцирующих сахаров в среднем за 2006–2009 гг., % сухого вещества (неудобренный фон)**



**Рис. 4 – Содержание редуцирующих сахаров в среднем за 2006–2009 гг., % сухого вещества (удобренный фон)**

Исследования по использованию биопрепаратов и гиббереллина (2006–2009 гг.) показывают, что при прохождении первой фазы закалывания отмечается значительное накопление редуцирующих сахаров в растениях озимой пшеницы. В среднем за 2006–2009 гг. содержание сахаров колеблется от 13,39 до 18,69%, в зависимости от обработки и фона выращивания (рис. 3, 4). Наибольшее влияние на накопление углеводов в растениях озимой пшеницы, на неудобренном фоне, оказала обработка семян гиббе-

реллином и гуми, где содержание сахаров увеличивается на 3,03% и 2,81% по отношению к контролю (рис. 3). Обработка семян пектином также способствует увеличению содержания сахаров на 2,18% по сравнению с контролем.

Регуляторы роста на удобренном фоне (рис. 4) увеличивают содержание сахаров на 1,07-1,19%. Максимальное количество углеводов отмечено в варианте пектин, где превышает контроль на 2,93%. Обработка семян регулятором роста гуми увеличивает содержание сахаров на 2,72%.

Вторая фаза закаливания не зависит от света, проходит в замёрзших растениях сравнительно быстро при нарастании отрицательных температур, что приводит к витрификации. Данная фаза обеспечивает отток почти всей воды, которая может замёрзнуть при отрицательных температурах.

Максимальное накопление сахаров на обоих фонах выращивания наблюдается при обработке семян пектином и гуми. На неудобренном фоне содержание сахаров превышает контроль на 1,17 и 1,15%, на удобренном фоне эти показатели составляют 21,95 и 21,60%.

Результаты исследований показывают, что во вторую фазу закалки за счёт витрификации происходит увеличение содержания сахаров на 0,88–3,27% по сравнению с первой фазой. Эта тенденция наблюдается на

всех вариантах, в том числе и на контрольных. На опытных вариантах использование регуляторов роста совместно с минеральными удобрениями способствует лучшему закаливанию растений озимых культур.

На сохранность растений оказывают большое влияние и свободные аминокислоты. По данным [22], можно судить, что морозостойкость в значительной степени обусловлена активностью и направленностью ферментативных процессов, регулирующих не только углеводный, но и азотный обмен. Выяснилось, что не только сахара, но и свободные аминокислоты определяют разную степень морозостойкости пшеницы. Во многих работах отмечено, что в течение всего зимнего периода количество аминокислот колеблется, что, в первую очередь, связано с колебанием температуры на глубине узла кущения [23]. Они выполняют важную роль в защите биокolloидов протоплазмы от повреждающих факторов зимовки, а с началом вегетации участвуют в процессах синтеза белка и репарации тканей. Некоторыми исследователями показано, что в процессе закаливания (с понижением температуры осенью и в начале зимы) содержание свободных аминокислот в узлах кущения и растениях озимой пшеницы резко увеличивается [24]. По данным [25], содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы после первой фазы закалки

возрастает на 2%, а после завершения второй фазы на 3%.

Результаты наших исследований показывают (рис. 5, 6), что содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы под действием изучаемых препаратов превышает их содержание на контрольном варианте на 0,50–1,06%. Наибольшее содержание аминокислот на

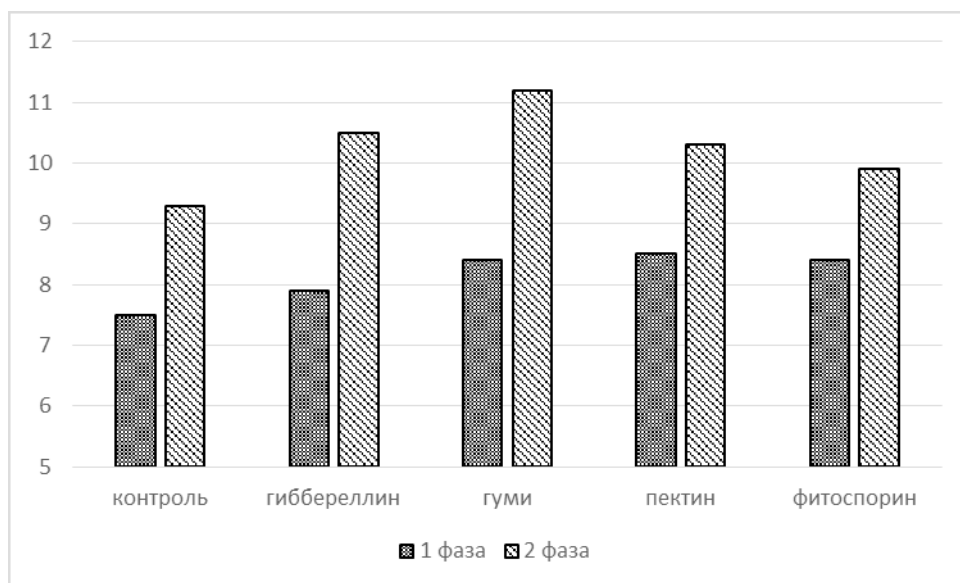


Рис. 5 – Содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы на неудобренном фоне, % сухого вещества



фоне естественного плодородия отмечено в вариантах пектин и гуми, где превышает контроль на 0,92 и 0,96%. На удобренном фоне - выше контроля на 0,91 и 1,06%.

Во вторую фазу закалки под действием регуляторов роста увеличивается содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы. На удобренном фоне максимальное увеличение наблюдается в варианте гуми, где на 1,62% выше контроля.

На удобренном фоне наибольшее содержание свободных аминокислот отмечено при обработке семян пектином и гуми, где превышает контроль на 1,16 и 1,20%.

Исследования [26] указывают на то, что более низкие температуры вызывают более глубокое превращение белковых веществ, которые способствуют накоплению аминокислот. Нашими исследованиями по накоплению аминокислот в периоды закаливания установлено, что в холодную зиму 2006 года свободных аминокислот накапливалось больше, чем в тёплые зимы 2007 и 2008 годов.

Увеличение содержания аминокислот у озимых растений при низких температурах объясняется не только активностью их протеолитических ферментов, но и тем воздействием, которое оказывают на белки цистин и другие соединения, содержащие сульфгидрильные группы. Эти соединения способ-

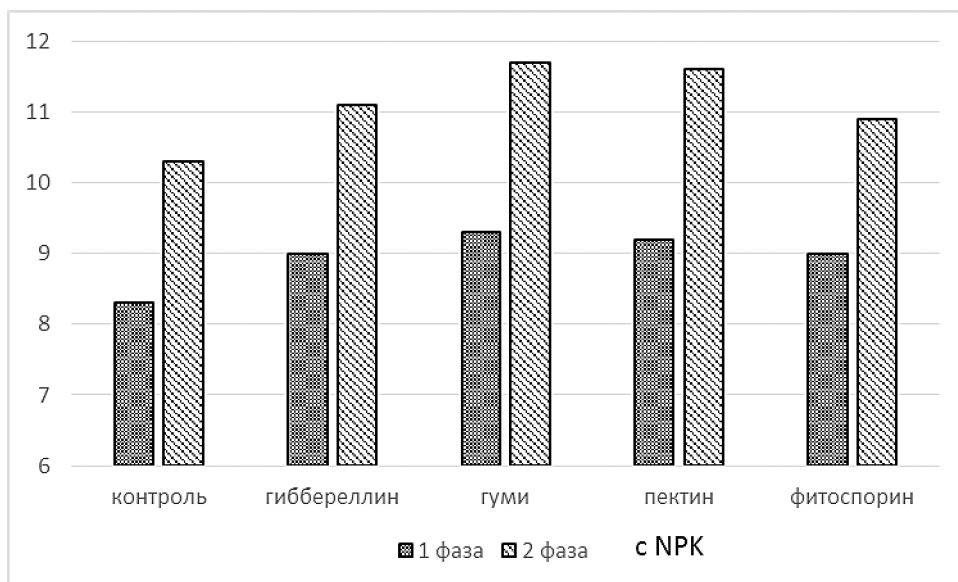


Рис. 6 – Содержание свободных аминокислот в растениях озимой пшеницы на удобренном фоне, % сухого вещества

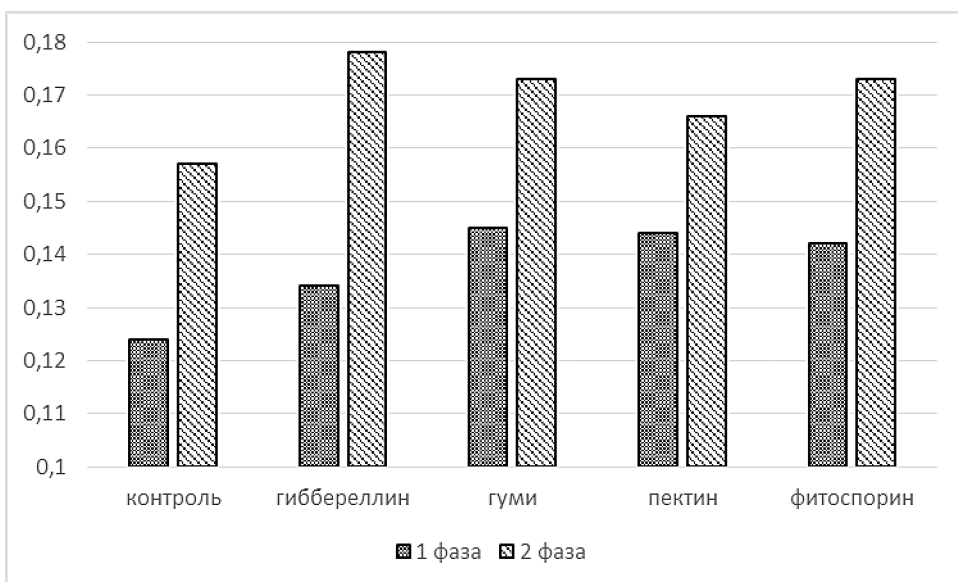


Рис. 7 – Содержание цистина в растениях озимой пшеницы, (неудобренный фон) %

ствуют изменению агрегатного состояния белков, оказывая мощное растворяющее действие, и облегчают тем самым влияние на них протеолитических ферментов.

Накопление цистина оказывает стимулирующее действие на названные выше ферменты. Кроме того, цистин обладает способностью к гидратации за счёт наличия сульфидной связи, а гидратированная вода практически не замерзает, так как удерживается вблизи молекул белка.

Результаты исследований по накоплению аминокислоты цистин представлены

на рис. 7, 8. Под воздействием регуляторов роста наблюдается тенденция усиленного накопления данной аминокислоты как на неудобренном фоне, так и на удобренном.

На фоне естественного плодородия максимальное содержание аминокислоты в первую фазу закаливания отмечается в варианте с обработкой семян гуми и пектин, где превышает контроль на 0,03%. Усиленное накопление цистина происходит во вторую фазу закаливания (наибольшее содержание наблюдается при обработке семян гиббереллином) и превышает контроль на 0,02%.

Таким образом, предпосевная обработка семян озимой пшеницы регуляторами роста способствует большему накоплению криозащитных соединений, т.е. осмотически активных веществ, в растениях опытной культуры, а значит, является фактором, усиливающим закалку растений, что ведёт к лучшей выживаемости после перезимовки (табл. 5). Сохранность растений на неудобренном фоне увеличивается с 66 до 70%, наибольший показатель отмечается в варианте гуми, где превышает контроль на 4,0%. На удобренном фоне показатель сохранности колеблется с 69 до 77%. Лучшая сохранность наблюдается при обработке семян препаратом гуми, где превышает контроль на 8% и пектин – на 7,2%.

Анализ линейной множественной кор-

реляции показал различную зависимость выживаемости озимой пшеницы от содержания сахара, свободных аминокислот и серосодержащей аминокислоты – цистина:

Первая фаза закаливания:

Среднее за годы исследований

$Y = 29,82 + 0,93X_1 + 2,57X_2 + 24,89X_4$ ; где  $Y$  – сохранность ( $R = 0,90$ ;  $D = 81,69$ ), %;  $X_1$  – содержание сахаров (35,29%),  $X_2$  – содержание свободных аминокислот (35,7%),  $X_4$  – содержание цистина (10,69%).

Следовательно, на процесс выживаемости озимой пшеницы в первую фазу закаливания оказывают влияние редуцирующие сахара, свободные аминокислоты и цистин. В среднем наибольшее влияние на сохранность растений озимой пшеницы в первую фазу закаливания оказывают сахара 35,29% и свободные аминокислоты 35,7%.

Вторая фаза закаливания:

Среднее за годы исследований

$Y = 29,22 + 1,19X_1 + 1,82X_2$ ; где  $Y$  – сохранность ( $R = 0,92$ ;  $D = 85,29$ ), %;  $X_1$  – содержание сахаров (56,32%),  $X_2$  – содержание свободных аминокислот (28,98%).

Анализируя полученные уравнения, можно констатировать, что сохранность озимой пшеницы во вторую фазу закаливания зависит от редуцирующих сахаров, их влияние составляет 56,32%, свободные аминокислоты оказывают небольшое влия-

ние на выживаемость растений озимой пшеницы.

Аналогичная картина наблюдается в исследованиях с озимым ячменём. Содержание редуцирующих сахаров, связанной воды и свободных аминокислот в узле кущения озимого ячменя в течение периода перезимовки на опытных вариантах превышает их содержание у контрольных растений в среднем по годам ис-

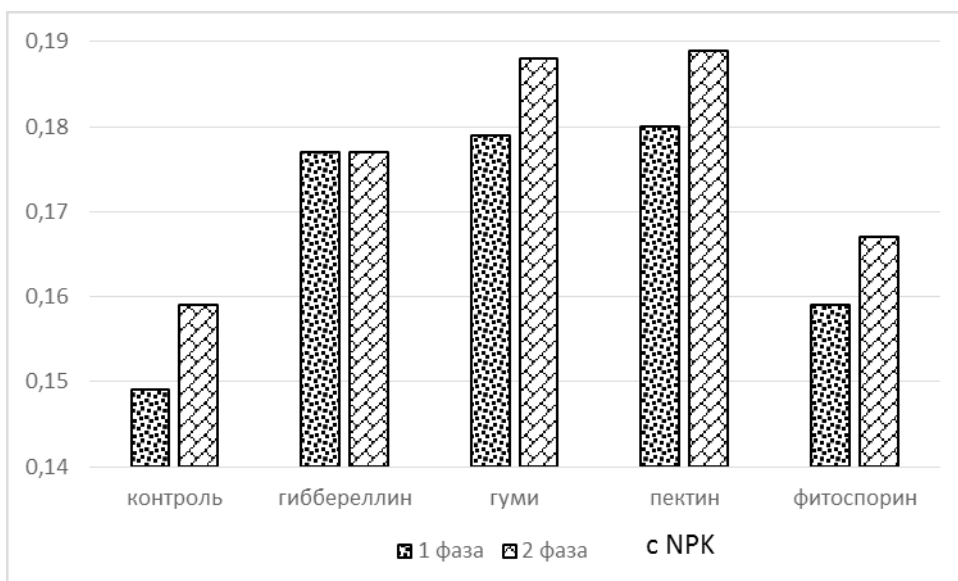


Рис. 8 – Содержание цистина в растениях озимой пшеницы, (удобренный фон) %

следований.

В первую и вторую фазу закали в клетках происходит накопление углеводов и свободных аминокислот, что способствует снижению осмотического потенциала клеток и уменьшению вероятности их замерзания. Повышение концентрации осмолитов способствует увеличению связанной воды и снижает возможность образования крупных кристаллов льда. На примере озимого ячменя в аналогичных вариантах изучено содержание связанной воды в растениях. Количество связанной воды под влиянием предпосевной обработки семян регуляторами роста в зимний период повышается на 3,1–4,5% без применения минеральных удобрений, а с применением удобрений на 1,1–2,3%.

В неблагоприятные 2005–2006 и 2007–2008 годы содержание связанной воды в зимний и весенний периоды намного ниже по сравнению с благоприятными погодными условиями 2006–2007 гг., по-видимому, это и оказало влияние на выживаемость озимого ячменя.

Таким образом, можно предположить, что применение удобрений, предпосевная обработка семян озимых культур биопрепаратами способствует повышению в растениях криозащитных соединений, а следовательно, повышает экологическую пластичность и адаптивные свойства растений на протяжении всего осенне-зимне-весеннего периода.

В 2007–2009 гг., кроме редуцирующих сахаров, аминокислот, определяли в качестве криопротектора аминокислоту пролин: эта аминокислота является основной органической молекулой, накапливающейся при различных стрессах [21]. Она защищает ферменты от денатурации, взаимодействует с мембранными системами, регулирует pH цитозоля, поддерживает скорость реакции НАД/НАД<sup>+</sup> в качестве источника энергии и помогает растению обезвреживать АФК, активные формы кислорода [27]. Как способствующие более интенсивному накоплению пролина растениями *Triticum aestivum*, в наших исследованиях характеризуются препараты гуми и пектин, в зависимости от

Таблица 5

**Выживаемость растений озимой пшеницы после перезимовки, %**

	Вариант	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее
На удобрённый фон	Контроль	61,4	70,2	66,3	66,0
	Гиббереллин	63,8	74,6	68,6	69,0
	Гуми	67,8	71,9	70,4	70,0
	Пектин	61,9	72,8	69,7	68,1
	Фитоспорин	63,8	72,2	64,0	66,6
Удобрённый фон	Контроль	62,6	75,1	69,3	69,0
	Гиббереллин	64,8	80,1	73,2	72,7
	Гуми	75,9	81,3	73,8	77,0
	Пектин	78,6	77,2	72,8	76,2
	Фитоспорин	71,4	77,9	69,8	73,1

Таблица 6

**Содержание связанной воды в растениях озимого ячменя, % сух. вещества (в среднем за 2005–2008 гг.)**

	Вариант	Осень	Зима	Весна
Неудобрённый фон	Контроль	40,1	22,4	18,8
	Гуми	42,0	25,9	20,0
	Пектин	41,6	25,5	19,5
	Гиббереллин	43,4	26,9	20,6
Удобрённый фон	Контроль	40,4	24,8	19,5
	Гуми	42,4	26,2	20,5
	Пектин	41,6	25,9	19,9
	Гиббереллин	43,8	27,1	20,8

действующего фактора происходит увеличение его содержания (рис. 9). В целом, накопление пролина происходит на всех вариантах, в первую фазу закали его содержание увеличивается с 0,038 до 0,089%, во вторую фазу – с 0,046 до 0,102%.

Наибольшее влияние при действии стрессового фактора оказывают цистин и другие соединения, содержащие сульфгидрильные группы. Накопление цистина оказывает стимулирующее действие на протеолитические ферменты. Среди антиоксидантов, повышающих устойчивость растений к стрессам, отмечают восстановительный глю-

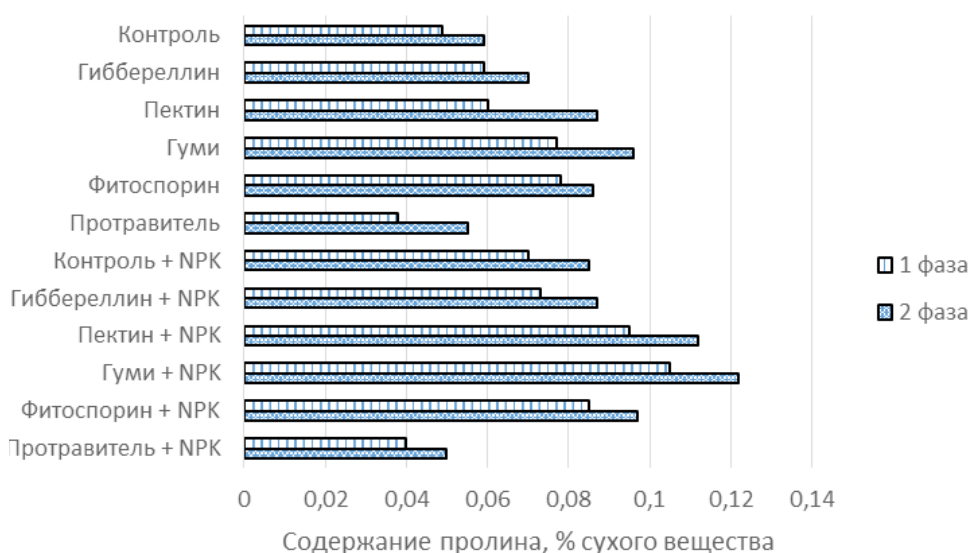


Рис. 9 – Содержание пролина в растениях *Triticum aestivum* в зависимости от исследуемых факторов по фазам закалки, 2007–2009 гг.

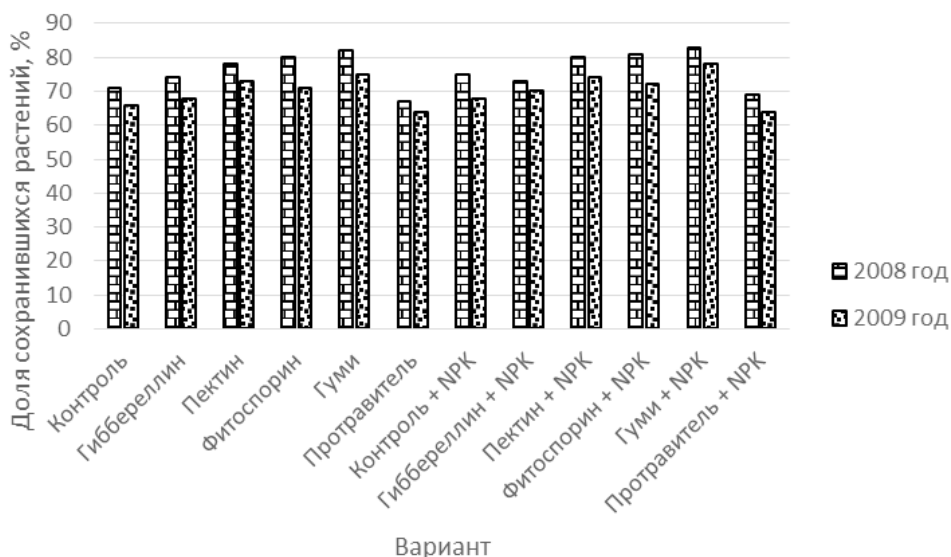


Рис. 10 – Выживаемость растений *Triticum aestivum* L. после перезимовки, 2008–2009 гг.

татион (ВГ), его молекулы, являются субстратами для биосинтеза фитохелатинов, необходимых для повышения устойчивости к стрессам, а предшественником ВГ является цистеин [28, 29]. Фактически цистеин – это основной лимитирующий фактор для синтеза ВГ [30, 31].

Следует отметить, что при применении протравителя наблюдается снижение содержания всех вышеперечисленных осмолитов, что указывает на снижение терморезистентности озимой пшеницы. Следова-

тельно, для повышения устойчивости *Triticum aestivum* к гипотермии и другим неблагоприятным факторам среды осенне-зимне-весеннего периода рекомендуется применять препараты гуми и пектин, а процедуру протравливания семян исключить.

Более интенсивное накопление в 2007–2008 гг. криопротекторов растениями озимой пшеницы под воздействием исследуемых регуляторов роста, способствует увеличению числа сохранившихся после перезимовки растений на 6,9–9,9% (рис. 10).

Всякое отклонение от допустимого предела существования приводит к изменению физиологической деятельности растения, согласованность между отдельными процессами при этом

нарушается и, как следствие этого, выявляется та или иная степень страдания. Оно тем больше, чем сильнее отклонение. Если повреждающее действие стрессора превосходит защитные и репарационные возможности организма, то неминуемо происходит гибель. В этом случае можно говорить об экстремальном факторе.

Экстремальные условия осени 2009 года, характеризующиеся осенней засухой, затянутой осенней вегетацией, долгим от-

сутствием снежного покрова и низкими температурами до  $-20^{\circ}\text{C}$  в этот период, привели к низкому содержанию криозащитных соединений в растениях, практически отсутствию второй фазы закалки, и, как следствие, всё это способствовало полной гибели *Triticum aestivum*.

Следует отметить, что на делянках с применением исследуемых регуляторов роста мы наблюдали единичные выжившие растения *Triticum aestivum*.

Анализ линейной множественной корреляции показывает различную зависимость выживаемости растений *Triticum aestivum* от содержания сахара, свободных аминокислот и серосодержащих аминокислот – метионина и цистина:

Первая фаза закаливания:

1. 2007–2008 –  $Y = 25,78 + 2,76X_1 + 0,39X_2 + 10,81X_3$ ; ( $R = 0,93$ ;  $D = 85,83$ );

2. 2008–2009 –  $Y = 21,61 + 1,87X_1 + 1,06X_2 + 11,64X_3$ ; ( $R = 0,93$ ;  $D = 87,15$ );

где  $Y$  – сохранность растений после перезимовки, %;

$X_1$  – редуцирующие сахара, %;

$X_2$  – содержание свободных аминокислот, %;

$X_3$  – содержание серосодержащих аминокислот – метионина и цистина, %.

Следовательно, на процесс выживаемости растений *Triticum aestivum* в первую фазу закалки оказали влияние редуцирующие сахара, свободные аминокислоты и серосодержащие аминокислоты. В среднем наибольшее влияние на сохранность растений озимой пшеницы в первую фазу закалки оказали сахара 66,44% и свободные аминокислоты 13,37%.

Вторая фаза закаливания:

1. 2007–2008 –  $Y = 28,61 + 1,99X_1 + 1,19X_2 + 2,14X_3$ ; ( $R = 0,91$ ;  $D = 82,39$ );

2. 2008–2009 –  $Y = 31,59 + 0,86X_1 + 0,44X_2 + 27,69X_3$ ; ( $R = 0,96$ ;  $D = 91,91$ );

где  $Y$  – сохранность растений после перезимовки, %;

$X_1$  – редуцирующие сахара, %;

$X_2$  – содержание свободных аминокислот, %;

$X_3$  – содержание серосодержащих аминокислот – метионина и цистина, %.

Анализ полученных данных по годам исследований показывает различные результаты. Так, в благоприятный период 2007–2008 гг. на процесс выживаемости растений *Triticum aestivum* в первую фазу закалки наибольшее влияние оказали редуцирующие сахара – 55,71%. В 2008–2009 годах погодные условия были менее благоприятные и наблюдается возрастание влияния на выживаемость растений *Triticum aestivum* серосодержащих аминокислот, процент их влияния составил 44,04%, тогда как накопление редуцирующих сахаров повлияло на выживаемость на 37,02%.

В заключение можно сделать **вывод**, что исследуемые факторы повышают терморезистентность и адаптационные свойства *Triticum aestivum*, т.е. под влиянием физических воздействий регуляторов роста и биопрепаратов лучше адаптируются к неблагоприятным факторам среды и создают предпосылки к лучшей перезимовке.

В самом начале первой и второй фазы в клетках накапливаются углеводы, свободные аминокислоты, иминокислота пролин и другие осмолиты, которые снижают осмотический потенциал клеток и уменьшают вероятность замерзания. Высокая концентрация криозащитных соединений способствует увеличению связанной воды, в результате происходит уменьшение вероятности образования крупных кристаллов льда, т.е. образующаяся гидратационная вода практически не замерзает.

### Библиографический список

1. Батыгин, Н.Ф. Онтогенез высших растений / Н.Ф. Батыгин.- М.: Агропромиздат, 1986. – 102 с.

2. Пузакова, А.И. Многовариантность показателей метаболизма озимой пшеницы в период закалки при одинаковом уровне перезимовки / А.И. Пузакова, Н.Ф. Батыгин // Физиология и биохимия культурных растений. – 1981. -Том 13, №3. -С. 289-295.

3. Куперман, Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений: учебное пособие / Ф.М. Куперман.-3-е изд., доп. - М.: Высшая школа, 1977.- 288 с.

4. Броунов, П.И. Избранные сочинения. Том II / П.И. Броунов. - Л., 1951.- 338 с.

5. Удовенко, Г.В. Характер защитно-приспособленных реакций и причины разной устойчивости растений к экспериментальным воздействиям / Г.В. Удовенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции / Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н.И.Вавилова. - Л., 1973. – Том 49, вып. 3. Проблемно-методические исследования. - С. 258-268.

6. Удовенко, Г.В. Физиологические механизмы адаптации растений к различным экспериментальным условиям / Г.В. Удовенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции / Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н.И.Вавилова.- Л., 1979.- Том 64, вып. 3. Физиология устойчивости культурных растений ( Сб. работ, посвященный 100-летию со дня рождения Н.А. Максимова). - С. 5-22.

7. Костин, В.И. Теоретические и практические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур физическими и химическими факторами. /В.И. Костин.-Ульяновск, 1998. – 120 с.

8. Костин, В.И. Влияние обработки семян физическими и химическими факторами на физиологические процессы, урожайность и качество сельскохозяйственных растений /В.И. Костин // Диссертация на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук в форме научного доклада. - Кинель, 1999. – 86 с.

9. Батыгин, Н.Ф. О действии ионизирующей радиации на растение / Н.Ф. Батыгин // Пр. по агрономической оценке. - Л., 1962.- Выпуск 10. – С. 5-7.

10. Семенов, А.Ю. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами и пектином на морозоустойчивость и зимостойкость озимой ржи / В.И. Костин, А.Ю. Семенов // Тезисы докладов 6-й Международной конференции «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». - М, 2001. – С. 277

11. Костин, В.И. Применение мелафена для получения экологически чистой озимой ржи / В.И. Костин, Е.Н.Офицеров, Т.А. Антонова // 1-я Международная научная конференция «Современные проблемы органической химии, экологии и биотехнологии».- Луга,2001.-Том 3.-С.13-14. =

12. Костин, В.И. Влияние ростовых ве-

ществ и удобрений на сохранность растений озимой пшеницы / В.И. Костин, О.Г. Музурова // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. - Пенза – Мейбранденбург, 2004. – С.122-123.

13. Костин, О.В. Физиологические основы применения природных регуляторов роста для повышения зимостойкости озимой пшеницы /О.В. Костин, О.Г. Музурова, О.М. Церковнова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова .- 2008. - №7. – С. 19-22.

14. Костин, О.В. Формирование и сохранность урожая в зависимости от регуляторов роста / О.В. Костин // Образование, наука, практика: инновационный аспект. - Пенза, 2008.- С. 107-108.

15. Костин, В.И. Адаптация популяции озимой пшеницы к абиотическим факторам среды в осенне-зимне-весенний период под действием природных регуляторов роста /В.И. Костин, Е.Н. Ерофеева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета.- 2010. – № 6(68).-С. 9-13.

16. Ерофеева, Е.Н. Повышение экологической пластичности популяции озимой пшеницы под действием регуляторов роста /Е.Н. Ерофеева, В.И. Костин // Сборник тезисов III Всероссийского симпозиума с участием конгресса студентов и аспирантов-биологов «Симбиоз-Россия 2010». - Н. Новгород, 2010. – С. 14-15.

17. Костин, В.И. Теоретические и практические аспекты применения мелафена для повышения сохранности озимых культур /В.И. Костин, В.А. Исайчев, Е.В. Провалова // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сборник трудов / Российская академия естественных наук [ и др.].- М.,2010.-Выпуск 18. – С. 51-58.

18. Костин, В.И. Роль биопрепаратов в регуляции зимостойкости озимых культур /В.И. Костин, О.В. Костин, О.М. Церковнова, О.Г. Музурова // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сборник трудов/ Российская академия естественных наук [и др. ].- М.,2010. – Выпуск 18.-С. 58-68.

19. Туманов, И.И. О физиологическом механизме морозостойкости растений / И.И. Туманов // Физиология растений.- 1967. - Том 14, вып. 3. -С. 17-26.

20. Туманов, И.И. Физиология закали-

вания и морозостойкости растений /И.И. Туманов.- М.: Наука, 1979. – 350 с.

21. Amino acid and glycine betaine accumulation in cold-stressed wheat seedlings / В.Р.Naidu // Phytochemistry.- 1991.- V. 30. -P. 407-409.

22. Колоша, О.И. Физиологические основы морозостойкости озимых зерновых культур / О.И. Колоша // Методы и приёмы повышения зимостойкости озимых зерновых культур: [сборник] / ВАСХНИЛ . -М.: Колос, 1975. – С. 294-306.

23. Проценко, Д.Ф. Аминокислотный обмен озимой ржи и пшеницы в период зимовки /Д.Ф. Проценко, Е.А. Рыбанюк // Рост и устойчивость растений.- Киев: Наукова думка,1967. – Выпуск 3. – С. 161-169. =

24. Белецкая, Е.К. Физиологические основы устойчивости озимых культур к избытку влаги / Е.К. Белецкая. – Киев: Наукова думка, 1979. – 210 с.

25. Бабенко, В.И. Влияние условий закаливания на процессы обмена у растений озимой пшеницы / В.И. Бабенко // Методы и приёмы повышения зимостойкости ози-

мых зерновых культур: [сборник] /ВАСХНИЛ. – М.: Колос. – 1975. – С. 160-165.

26. Проценко, Д.Ф. Зимостойкость зерновых культур /Д.Ф. Проценко, П.А. Власюк, О.И. Колоша. – М.: Колос,1969. – 384 с.

27. Demiral, T. Comparative lipid peroxidation antioxidant defense system and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt Tolerance / T.Demiral , J.Turkon // Environ. Exp. Bot.- V. 53. -P.247-257

28. Джавадиан, Н. Вызванные холодом изменения активности ферментов и содержания пролина, углеводов и хлорофиллов у пшеницы /Н. Джавадиан, Г. Каримзадэ, С. Мафузи

29. Freezing tolerance tobacco transformed to accumulate osmoprotectors / T.Konstantinova // Plant Sci.- 2002.- V.163.- P. 157-164.

30. Cobbett, C.S. Phytochelatin and metallothionein: Roles in heavy metal detoxification and homeostasis / C.S. Cobbett , P.Yoldsbrough // Annu. Rev. Plant Biol.-2002. -V. 53. -P. 159-182.

31. Rauser, W.E. Phytochelatin / W.E. Rauser // Annu. Rev. Biochem. -1995.- V. 59. -P. 61-86.

УДК 502.53.06

## ОЦЕНКА УРОВНЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПОЧВ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

**Романова Елена Михайловна**, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Биология, ветеринарная генетика, паразитология и экология»

**Любомирова Васелина Николаевна**, кандидат биологических наук, ассистент кафедры «Биология, ветеринарная генетика, паразитология и экология»

**Шадыева Людмила Алексеевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, ветеринарная генетика, паразитология и экология»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(84663) 55-95-38

e-mail: vvr-emr@yandex.ru

**Ключевые слова:** биологическая опасность, паразитофауна, биологическое загрязнение почв, бытовые отходы, гельминтофауна, геогельминты, биогельминты, экстенсивность и интенсивность инвазии, экстенсивный индекс обсеменения (ЭИО), интенсивный индекс обсеменения (ИИО).

Изложены результаты исследования паразитарного загрязнения почв несанкционированных свалок бытовых отходов, охарактеризована гельминтофаунистическая структура паразитарного загрязнения, дана оценка уровня биологической опасности территорий, выявлены причины загрязнения.