

УДК 581.1.032.3

Г. К. САМОХВАЛОВ, д-р биол. наук

О ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ РАСТЕНИЙ ВО ВРЕМЯ ЗАСУХИ И О ПОКАЗАТЕЛЯХ ПОТРЕБНОСТИ ИХ В ПОЛИВАХ

В засушливых районах недостаток влаги и высокие температуры почвы и атмосферного воздуха нарушают физиологические процессы и обмен веществ в растениях, в результате чего снижается их продуктивность. В отдельных районах богарного земледелия для борьбы с засухой практикуется выведение засухоустойчивых сортов, устанавливаются сроки посева и т. п. Так, в Нижнем Поволжье, где засухи чаще всего наступают во второй половине вегетационного периода, засухоустойчивые сорта именно в этот период наиболее устойчивы к засухе. Однако они могут оказаться мало устойчивыми в Западной Сибири, где засухи бывают преимущественно весной и в начале лета. Наоборот, приспособленные к сибирским условиям сорта, наиболее устойчивые на ранних фазах развития, при культуре в Поволжье сильно страдают от засухи в конце вегетации.

Большое значение в борьбе с засухой имеют удобрения. Обилие азотных удобрений и навоза в почве снижает засухоустойчивость растений; фосфорные и калийные удобрения, напротив, способствуют повышению засухоустойчивости растений. На развитие и урожай растений положительно влияют зарядковые поливы, применение которых, однако, ограничено даже на семенных участках и в овощеводстве.

В районах поливного земледелия основным условием получения высоких урожаев является обоснование сроков и норм поливов применительно к отдельным культурам и сортам во влаге на разных этапах их индивидуального развития, с учетом местных почвенных и климатических условий. При этом соответствующие физиологические показатели должны служить основанием для определения сроков и норм поливов в каждом отдельном случае. Однако последние все еще устанавливаются по состоянию обводненности листьев и по другим физиологическим и биохимическим признакам.

Листья — основной орган высших растений, где в процессе фотосинтеза создается органическое вещество. Но в растениях не менее важны и генеративные органы, чувствительность кото-

рых к недостатку влаги должна быть более высокой, чем у листьев. Это вытекает из того, что генеративные органы, особенно на ранних фазах развития, не имеют больших запасов осмотически активных веществ, так как последние быстро мобилизуются на процессы роста. Поэтому предел минимальной обводненности, при котором они отмирают, должен быть более высоким, чем у листьев. Только этим можно объяснить, почему листья на растениях продолжают оставаться живыми, а генеративные органы — цветы, молодые завязи — подсыхают и отмирают или не достигают нормального развития. Это доказывают массовое опадение бутонов, цветов и завязей у плодовых деревьев, шуплость зерна, череззерница и даже пустоколосица у зерновых культур, молодых коробочек у хлопчатника, низкая озерненность и шуплость семян у люцерны, горшистость плодов у винограда и т. д. Подобные явления наблюдаются во время засухи также у корнеплодных и клубнеплодных растений, хотя происхождение их корней и клубней вегетативное. У сахарной и кормовой свеклы, моркови корнеплоды становятся мелкими, а у картофеля, как правило, образуется мало клубней, и они не достигают необходимых сортовых размеров, веса и качества.

В связи с разными требованиями к обводненности у листьев и органов размножения нами исследовалось отношение к содержанию в них влаги на разных этапах формирования. Растения хлопчатника выращивались в сосудах, вмещающих 10 кг почвы. Перед посевом вносились азотнокислый аммоний, двойной суперфосфат и хлористый калий. После появления всходов устанавливалась влажность 75 и 50% от полной влагоемкости почвы (табл. 1).

Таблица 1

Влажность почвы, %	Число коробочек (среднее на три растения)			Вес 100 штук сухих коробочек, г	Содержание в коробочках					
	образовалось	опало	осталось		сахаров	клетчатки	гемипцеллюлозы	элементов минерального питания		
								N	P	K
75	95	52	44	21,9	17,5	26,8	13,7	0,57	0,15	0,49
55	40	26	14	12,2	8,6	7,8	5,6	0,23	0,12	0,25

Критическая обводненность органов в фазе массового цветения составила: у листьев 52,2%, у бутонов и цветов — 72,9% у молодых коробочек — 77,1%.

Аналогичные данные были получены в опытах с синей люцерной, проводимых по той же схеме.

В табл. 2 приведены данные полевого опыта с двумя сортами картофеля — Прикульский (ранний сорт) и Лорх (более позд-

Таблица 2

Сорт картофеля	Без поливов			С поливами			Прибавка		
	Клуб-ни, ц/га	Крах-мал, %	Крах-мал, ц/га	Клуб-ни, ц/га	Крах-мал, %	Крах-мал, ц/га	Клуб-ни, ц/га	Крах-мал, %	Крах-мал, ц/га
Приекульский Лорх	271,8	16,7	45,4	335,0	17,1	57,3	63,2	0,4	11,9
	295,0	15,2	44,8	405,0	16,0	61,8	110,0	0,8	20,0

неспелый) — с поливом и без него. Перед посадкой клубней вносились НРК.

Засуха обычно сопровождается значительным повышением температуры атмосферного воздуха, почвы и листьев, что отражается на интенсивности фотосинтеза и на корневом питании

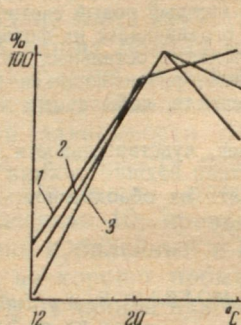


Рис. 1. Температура и фотосинтез:

1 — овес; 2 — яровая пшеница; 3 — кукуруза.

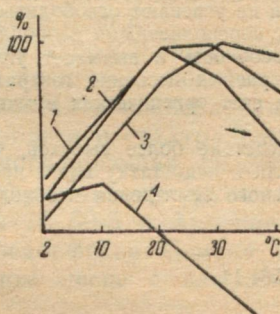


Рис. 2. Температура и работа корней:

1 — овес; 2 — яровая пшеница; 3 — просо; 4 — озимая пшеница.

Таблица 3

Культуры и сорта							
Кукуруза				Сафлор		Подсолнечник Чернушка	
Одесская 10		Буковинская					
Влажность, % от полной влагоемкости							
75	40	75	40	75	40	75	40
Температура воздуха, °C							
27,2				22,5		22,5	
Температура листьев, °C							
26,4	27,4	25,9	27,4	27,0	28,3	29,7	30,2

растений. Об этом свидетельствуют результаты опытов с кукурузой, сафлором и подсолнечником. Опыты проводились с растениями в возрасте 8 дней после появления всходов, в комнатных условиях в люминостате с искусственным светом от ламп ДС при освещенности 24 тыс. лк и разных температурах (табл. 3; рис. 1, 2).

ВЫВОДЫ

1. Во время засух растения страдают от недостатка влаги и высоких температур, что выражается в глубоких нарушениях их физиологических и биохимических процессов. При этом снижается интенсивность фотосинтеза и поглощение корнями минеральных веществ. При недостатке влаги в почве и высоких температурах во время засух замедляется и почти затухает передвижение веществ по органам растений. По нашим данным, у высоко засухоустойчивого проса все запасные углеводы превращаются в крахмал, от которого листья не успевают освободиться за ночь и каждый новый световой день начинают с переполненными хлоропластами. Это ограничивает их фотосинтетическую способность и вызывает углеводное голодание остальных органов — стеблей, корней и особенно генеративных органов, развивающихся главным образом за счет органических и минеральных веществ, добываемых листьями и корнями.

2. Вследствие более высокой, чем у листьев, чувствительности органов размножения к недостатку влаги при регулировании водного режима в условиях поливного земледелия необходимо учитывать их обводненность.

УДК 633 : 581.14

Г. К. САМОХВАЛОВ, д-р биол. наук
Ю. Ф. ЗАЦЕПА,
Н. И. ШЕРСТНЮК

О ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ СКОРОСПЕЛЫХ И ПОЗДНЕСПЕЛЫХ РАСТЕНИЙ

Физиология скороспелых и позднеспелых растений полевой культуры изучена слабо. Поэтому о хозяйственной ценности этих растений судят главным образом по их продуктивности. Принято считать, что позднеспелые растения более урожайные, чем скороспелые. Однако возделывание их в равных географических условиях показывает, что данный критерий не достаточен. Это подтверждают опыты Лорха [1] по выращиванию картофеля разных сортов в различных почвенно-климатических условиях, а также работы других авторов с зерновыми культурами при посеве их в разных географических условиях. Н. И. Вавилов [2] попытался разъяснить причины разной продуктивности скороспелых и позднеспелых растений. Он писал: «Как правило, скороспелые сорта в условиях благоприятного длинного вегетационного периода являются менее урожайными, чем позднеспелые, что понятно физиологически, поскольку ассимиляция их проходит в короткие сроки. В условиях северных районов, а также в условиях засушливого лета и суховея ранние сорта обычно в среднем характеризуются большей урожайностью».

Но, как известно, время наступления засух и длительность их бывают разными. Кроме того, урожайность не всегда определяется только продолжительностью вегетационного периода самих растений. Поэтому изучение особенностей физиолого-биохимических процессов у скороспелых и позднеспелых растений и сортов и специфики их реагирования на факторы существования — водный режим, свет и условия минерального питания — представляет определенный интерес.

Меньшая, чем у позднеспелых, продолжительность вегетационного периода у скороспелых растений свидетельствует о том, что приспособленность их к условиям внешней среды должна быть различной, поскольку первые заканчивают вегетацию обычно в начале или в середине лета, а вторые — гораздо позднее, в ряде случаев и во второй половине лета и даже в начале осени (поздние сорта кукурузы, картофеля и др.).

В наших опытах определялись скорость прорастания семян и накопление отрастающими растениями сухого органического вещества в зависимости от влажности и температуры; фотосинтез в зависимости от интенсивности и спектрального состава света; активность ферментов; поглощающая способность корней. Опытными растениями служили кукуруза Сибирячка и Одесская 10; яровая пшеница № 59-5 и Артемовка; яровой ячмень Юбилейный и Ганна Лоосдорфская. Семена проращивались на хорошо промытом речном песке с влажностью 75,50 и 30% от полной влагоемкости.

В табл. 1—6 приводятся данные, полученные для скороспелых сортов, затем — для позднеспелых.

Таблица 1
Скорость прорастания семян (в днях после посева)

Культура	Сорт	Влажность, %		
		30	50	75
Кукуруза	Сибирячка	8	7	6
	Одесская 10	13	10	8
Яровая пшеница	№ 59-5	5	4	3
	Артемовка	6	5	4
Яровой ячмень	Юбилейный	5	4	3
	Ганна Лоосдорфская	6	5	4

Как видим, семена скороспелых сортов кукурузы, пшеницы и ячменя прорастали быстрее позднеспелых.

Данные других опытов (табл. 2), проведенных при температуре 10—12°С и освещенности 7 тыс. лк (см. графы 3, 5 табл. 2), 20—22°С и освещенности 24 тыс. лк (влажность песка — 80% от полной влагоемкости), показывают, что по степени тепло- и светолюбивости первое место заняла кукуруза, второе — яро-

Таблица 2

Скорость прорастания семян и интенсивность накопления
растениями сухого органического вещества *

Культура	Сорт	Количество дней от на- чала про- растания семян		Сухое ве- щество, г на 100 растений за 1 день		Прибавка, %
		3	4	5	6	
1	2	3	4	5	6	7
Кукуруза	Сибирячка	9	4	0,18	0,56	211,2
	Одесская 10	10	4	0,43	1,57	265,1
Яровая пшеница	№56-34	4	3	0,18	0,36	100,0
	Народная	5	3	0,19	0,39	105,3
Яровой ячмень	Юбилейный	2	2	0,19	0,37	94,7
	Ганна Лоосдорфская	3	2	0,16	0,34	112,5
Овес	Победа	5	9	0,19	0,27	42,1
	Харьковский 596	6	9	0,18	0,29	60,1
Горох	№ 56-10	3	4	0,80	1,24	55,0
	Харьковский 131	7	4	0,70	1,25	78,5
Подсолнечник	Саратовский ранний	7	4	0,34	0,36	64,7
	ВНИИМК 1646	8	4	0,46	0,82	78,3

* Опыты проводились с 8-дневными растениями по методике [3].

Таблица 3

Освещенность и интенсивность фотосинтеза, мг CO_2 на 1 г
воздушно-сухого вещества надземной массы за 1 ч

Культуры и сорта	Освещенность, тыс. лк							
	6	12	16	24	6	12	16	24
	мг CO ₂							
Кукуруза								
Сибирячка	7,11	8,80	10,15	9,65	70,0	86,7	100,0	95,1
Одесская 10	6,15	7,96	9,41	10,38	59,5	77,1	91,9	100,0
Ячмень								
Южный	13,60	17,46	23,71	21,60	57,3	73,6	100,0	91,1
№ 55-442	7,88	15,49	21,60	24,20	32,5	64,0	69,3	100,0
Горох								
№ 56-10	12,83	13,70	10,62	6,90	94,0	100,0	78,0	50,0
Харьковский 131	8,16	11,06	13,94	10,50	60,0	79,0	100,0	75,0
Подсолнечник								
Саратовский ранний	14,50	16,67	17,94	16,12	88,0	93,0	100,0	89,0
ВНИИМК 6540	12,10	15,72	18,65	17,60	68,0	83,0	100,0	94,0

вая пшеница и яровой ячмень, третье — овес, горох и подсолнечник, а из сортов — более позднеспелые: кукуруза Одесская 10,

пшеница Народная, ячмень Ганна Лоосдорфская, подсолнечник 1646, горох Харьковский 131 и овес Харьковский 596, для которых высокие температура и освещенность оказались более благоприятными.

В табл. 3, 4 приведены данные о влиянии разной интенсивности и спектрального состава света на фотосинтез.

Таблица 4

Спектральный состав света и фотосинтез, мг CO_2 на 1 г воздушно-сухого вещества надземной массы за 1 ч*

Культуры и сорта	Качество света							
	мг CO_2				%			
	Крас- ный	Жел- тый	Зеле- ный	Си- ний	Крас- ный	Жел- тый	Зеле- ный	Си- ний
Кукуруза								
Сибирячка	6,13	6,89	8,16	5,71	75,1	84,4	100,0	70,0
Одесская 10	7,65	7,03	6,94	8,50	90,0	82,7	81,7	100,0
Ячмень								
Южный	22,90	21,20	20,80	21,90	100,0	92,6	91,0	95,6
№ 55-442	22,35	21,20	19,80	24,80	90,1	85,5	79,8	100,0
Горох								
№ 56-10	16,20	15,73	14,26	14,85	100,0	97,0	83,0	91,0
Харьковский 131	13,20	14,27	16,00	15,11	82,0	89,0	100,0	94,0
Подсолнечник								
Саратовский ранний	15,27	14,98	14,26	14,55	100,0	97,0	93,0	95,0
ВНИИМК 6540	10,53	13,15	14,60	14,30	72,0	90,0	100,0	98,0

* Интенсивность света — 7 тыс. лк.

Данные табл. 3, 4 показывают, что растения в зависимости от степени скороспелости и позднеспелости по-разному тяготеют к свету: более скороспелые — к слабому свету и длинноволновым лучам, более позднеспелые — к сильному свету и коротковолновым лучам. Растения разной степени скороспелости различаются и по активности ферментов, например участвующих в углеводном обмене и в окислительно-восстановительных процессах. Это подтверждается данными табл. 5, где приводятся результаты исследований с 8-дневными растениями при разных температурах инкубации листьев.

Из табл. 5 видно, что температурный минимум, оптимум и максимум активности ферментов у скороспелых и позднеспелых растений разные. Для скороспелого сорта температурный оптимум приходится на 30°C , у позднеспелого — на 40°C . Кроме того, их активность, особенно амилазы и инвертазы, у скоро-

Активность ферментов

Сорт ячменя	Ферменты	Температура, °С				
		5	10	20	30	40
Юбилейный Ганна Лоосдорф- ская	Амилаза, мг глюкозы на 5 г сырых листьев за 15 ч инкубации	19,4	23,9	41,0	90,5	83,9
		8,8	12,9	19,1	38,7	39,6
Юбилейный Ганна Лоосдорф- ская	Инвертаза, мг глюкозы на 3 г сырых листьев за 15 ч инкубации	Синтезирующая способность				
		8,4	13,1	26,1	45,1	40,7
Юбилейный Ганна Лоосдорф- ская	Синтез/гидролиз	7,2	10,7	20,1	22,2	25,8
		Гидролизующая способность				
Юбилейный Ганна Лоосдорф- ская	Синтез/гидролиз	18,7	20,6	30,1	45,1	40,1
		9,4	11,6	18,5	20,5	22,9
Юбилейный Ганна Лоосдорф- ская	Синтез/гидролиз	0,40	0,63	0,67	1,00	0,91
		0,76	0,88	1,09	1,10	1,13
Юбилейный Ганна Лоосдорф- ская	Каталаза, мл KMnO_4 н/10 на 1 г су- хих листьев за 1 ч инкубации	10,0	45,0	75,0	130,0	30,0
		5,0	42,0	65,0	100,0	40,0

спелого сорта по сравнению с позднеспелым выше более чем в 2 раза. Такое резкое различие свидетельствует о большей интенсивности обмена веществ у скороспелого сорта. В этом разгадка причины разной скороспелости растений, высоких темпов их органообразования и физиологического созревания растений. Это подтверждается также данными активности каталазы — более высокой у скороспелого сорта.

Высокой активности ферментативного аппарата у скороспелых растений соответствует и высокая мобилизация запасных веществ семени на ростовые процессы, а также активность синтезирующей способности хлорофилла и поглощение корнями воды и элементов минерального питания, например фосфора, участвующего в формировании тканей и органов растений, ускоряющего развитие и созревание растений (табл. 6).

Таким образом, данные, приведенные для характеристики, показывают, что приспособленность растений разной степени скороспелости к факторам существования — воде, температуре, минеральным веществам, интенсивности и спектральному составу света — различна. Определяющими в этом отношении явля-

Таблица 6

Мобилизация запасных органических веществ семени при прорастании, активность хлорофилла и поглощение корнями воды и фосфора 8-дневными растениями после появления всходов

Культуры и сорта	Затраты органического вещества семени на отрастание проростков во время всходов, г	Активность поглощения CO_2 хлорофиллом, мг на 10 мг хлорофилла за 1 ч	Поглощение корнями воды и фосфора на 1 г сухого вещества за 1 ч	
			вода, см ³	Фосфор, мг
Кукуруза				
Харьковская 23	1,87	16,1	—	—
Одесская 10	1,71	15,1	—	—
Ячмень				
Юбилейный	1,77	7,3	—	—
Ганна Лоосдорфская	1,67	5,6	—	—
Южный	—	—	9,77	0,98
№ 55-442	—	—	7,81	0,53
Горох				
№ 56-10	2,12	8,9	—	—
Харьковский 131	1,89	6,2	—	—

ются географическое происхождение и экологические условия жизни растений, что следует учитывать при размещении культур, сортов и разработке приемов возделывания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лорх А. Г. Динамика накопления урожая картофеля. М., Сельхозгиз, 1948. 126 с.
2. Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции растений. М., 1935. 304 с.
3. Самохвалов Г. К. Свет и растение. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1963. 223 с.

УДК 581.1.032

Ю. Ф. ЗАЦЕПА,
В. А. КРОЛЬ

ВЛИЯНИЕ ГИПСОВАНИЯ НА АЗОТНЫЙ, УГЛЕВОДНЫЙ И ФОСФОРНЫЙ ОБМЕН РАСТЕНИЙ, ВЫРАЩЕННЫХ НА ФОНЕ СОДОВОГО И ХЛОРИДНОГО ТИПОВ ЗАСОЛЕНИЯ

Проблема борьбы с засолением почв имеет большое народно-хозяйственное значение. Одним из экономически выгодных средств борьбы, правда, пока с содовым засолением, является гипс, кальций которого, по мнению ряда почвоведов и агрохимиков [1, 3, 6], — основа улучшения свойств солонцов. Однако

влияние гипсования на физиолого-биохимические процессы растений изучено недостаточно.

Целью наших исследований являлось изучение влияния гипсования на основные обменные процессы (азотный, фосфорный и углеводный) растений, выращенных на фоне содового и хлоридного типов засоления, которые наиболее часто встречаются в природе, в частности на Украине.

Опыты проводились с ячменем Юбилейный. Растения в количестве 150 штук на сосуд выращивались в лабораторных условиях в песчаной культуре при 75% влажности от полной влагоемкости на питательной смеси Гельригеля нормального состава с добавками соответствующей соли (NaCl или Na_2CO_3) в концентрации 0,5% и гипса — 3 г на сосуд (из расчета так называемых «малых» доз, применяемых в сельском хозяйстве). Продолжительность опыта — 14 дней после появления всходов. Анализировалось содержание в надземной массе растений азотистых веществ, различных форм фосфора и углеводов.

Полученные результаты о накоплении растениями сухого органического вещества (табл. 1) свидетельствуют о положительном влиянии гипса на развитие растений только при содовом засолении. На хлоридном засолении гипс не дал ощутимых результатов.

Таблица 1

Влияние гипсования на содержание азота и накопление растениями ячменя сухого органического вещества

Варианты опыта	Вес воздушно-сухого вещества, г/100 растений	Воздушно-сухое вещество, мг/г		
		Азот		
		общий	небелковый	белковый
Контроль (питательная смесь Гельригеля)	$2,48 \pm 0,10$	$40,81 \pm 1,12$	$16,05 \pm 0,35$	24,76
Засоление содовое	$1,51 \pm 0,08$	$51,60 \pm 0,90$	$35,33 \pm 0,35$	16,27
То же плюс гипс	$2,43 \pm 0,11$	$42,23 \pm 1,30$	$17,01 \pm 0,46$	25,22
Засоление хлоридное	$2,01 \pm 0,06$	$50,18 \pm 1,10$	$28,47 \pm 0,83$	21,71
То же плюс гипс	$1,98 \pm 0,10$	$43,17 \pm 1,10$	$16,01 \pm 0,40$	27,16

Данные о влиянии гипсования на содержание азота у опытных растений (табл. 1) позволяют заключить, что применение гипса приводит к нормализации азотного обмена у растений содового и хлоридного вариантов. То же можно сказать и о накоплении растениями моно- и дисахаров (табл. 2). Несколько занижены по сравнению с контролем данные о содержании крахмала.

Применение гипса на фоне содового засоления приблизило содержание всех испытанных форм фосфора к контрольному варианту (табл. 3). При хлоридном засолении гипсование в ус-

Таблица 2

Влияние гипсования на содержание разных форм углеводов у растений ячменя, мг глюкозы на 1 г воздушно-сухого вещества

Варианты опыта	Общая сумма гидролизующих сахаров	Моносахара	Дисахара	Крахмал
Контроль (питательная смесь Гельригеля)	129,07±5,63	23,94±1,11	20,13±0,55	85,00
Засоление содовое	159,50±7,80	28,73±1,11	36,86±0,98	93,91
То же плюс гипс	126,05±3,45	24,06±0,95	21,20±1,00	80,79
Засоление хлоридное	151,12±5,30	18,06±0,83	49,97±2,11	83,09
То же плюс гипс	120,01±6,03	20,69±0,59	21,17±1,11	78,75

Таблица 3

Влияние гипсования на содержание разных форм фосфора у растений ячменя, мг Р на 1 г воздушно-сухого вещества

Варианты опыта	Общий	Фосфор			
		Кислоторастворимый		Липидный	Нуклеопротеидный
		Минеральный	Органический		
Контроль (питательная смесь Гельригеля)	4,91±0,28	1,88±0,12	1,05±0,05	0,63±0,02	1,08±0,01
Засоление содовое	6,27±0,18	2,36±0,08	1,53±0,09	0,4±0,01	1,37±0,01
То же плюс гипс	5,03±0,25	1,45±0,07	0,97±0,04	0,58±0,02	0,95±0,03
Засоление хлоридное	7,29±0,43	3,71±0,10	0,68±0,01	0,32±0,01	1,98±0,05
То же плюс гипс	6,98±0,25	3,05±0,10	0,53±0,02	0,28±0,01	2,03±0,05

ловиях нашего опыта уменьшило содержание всех форм фосфора, особенно органического и липидного, не только относительно контроля, но и солевых вариантов. Резкое падение содержания липидного фосфора, если учитывать небольшой возраст растений, связано, видимо, с нарушениями в мембранных системах субклеточных структур, в первую очередь хлоропластов [7]. Изменения в накоплении нуклеопротеидного фосфора и органического кислоторастворимого, а значит, и фосфора АТФ, позволяет предполагать нарушения, связанные с ростом клеток у солевого варианта, особенно при хлоридном засолении [2, 5].

Таким образом, гипсование положительно повлияло на обменные процессы и развитие растений, выращенных на фоне содового засоления. На хлоридном фоне в результате применения гипса содержание азотистых веществ и углеводов у опытных растений приблизилось к контрольному варианту. Однако гипсование не нормализовало фосфорный обмен, а напротив, усилило

вредное действие засоления, что и сказалось в целом на развитии растений. Кроме того, в условиях опыта хлоридное засоление привело к более глубоким нарушениям в обменных процессах и оказалось для растений ячменя более вредным, чем содовое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гипс как удобрение и его эффективность на различных почвах Украины. — «Труды УНИИП», 1969, вып. 5, с. 78—91. Авт.: А. М. Гринченко, В. А. Пелипец, Г. А. Чевняк и др.
2. Кабанов В. В., Азияшвили Л. И. Изменения нуклеинового обмена растений в условиях засоления. — «Физиология растений», 1967, т. 14, № 4, с. 719—726.
3. Коньков Б. С. Агротехнические меры борьбы с засолением почв. Ташкент, 1948, 82 с.
4. Можейко А. М. Солонцовые почвы южной части Среднего Приднпровья и их культурное освоение. Автореф. докт. дис. Харьков, 1964. 37 с.
5. Матухин Г. Р., Жуковская Н. В. Динамика содержания нуклеиновых кислот ячменя в условиях разнокачественного засоления. — В кн.: Тезисы докладов III науч. конф. по нуклеиновым кислотам растений. Уфа, 1966, с. 93—94.
6. Структура и функции клеток растений при засолении. М., «Наука», 1970. 318 с. Авт.: Б. П. Строгонов, В. В. Кабанов, Н. И. Шевякова и др.

УДК 581.174.1 : 632.121

А. П. КРАВЧЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ ХЛОРОПЛАСТОВ ПШЕНИЦЫ ХРОМАТОГРАФИЕЙ НА ДЭАЭ-ЦЕЛЛЮЛОЗЕ

При изучении физиологической функции и биохимической активности фотосинтетического аппарата особое внимание обращается на белковый комплекс хлоропластов.

Каталитическая функция пластид определяется природой белков, и при нарушении процесса фотосинтеза изменяются общее содержание белка хлоропластов и некоторые его свойства [2, 3]. Установлена электрофоретическая неоднородность [4] и большая хроматографическая гетерогенность белков хлоропластов [1].

Нами исследовался фракционный состав легкорастворимых белков хлоропластов пшеницы среднеурожайного сорта Украинка и сорта интенсивного типа Кавказ в различных условиях минерального питания растений. Растения выращивали в условиях водных культур на дистиллированной воде, нормальной (НРК) и двойной (2НРК) питательной смеси Кнопа. Хлоропласты выделяли дифференциальным центрифугированием из листьев 10-дневных растений. Их разрушали осмотическим шоком [1], растворимые белки отделяли от разрушенных хлоропластов центрифугированием при 12 000 g [4]. Белок в выравненных концентрациях и обессоленный при помощи сефадекса Г-25 наносили на колонку с подготовленной ДЭАЭ-целлюлозой. Элю-

цию осуществляли фосфатным буфером возрастающей концентрации: 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5 М. Скорость элюции 36 мл/ч. Все операции производили на холоду. В элюате каждой ступени хроматографирования определяли содержание белка по методу Лоури.

Данные ионообменной хроматографии (см. таблицу) свидетельствуют о гетерогенности легкорастворимых белков хлоропластов пшеницы. Фракции белков обнаружены на всех ступенях элюирования. Относительная количественная оценка фракций указывает на различное адсорбирование белков на ДЭА-целлюлозе в зависимости от сортовых особенностей и условий минерального питания.

Фракционный состав растворимых белков хлоропластов пшеницы,
% к элюированному белку

Варианты опыта	Концентрация фосфатного буфера, М				
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5
Сорт Украинка					
H ₂ O	41,6±1,8	13,5±0,7	16,5±0,9	8,1±0,7	20,3±0,6
НРК	35,4±0,8	9,7±0,5	19,6±0,8	10,8±0,6	24,5±0,7
2НРК	36,8±1,0	7,5±0,6	20,0±1,1	11,2±0,8	24,6±0,8
Сорт Кавказ					
H ₂ O	32,2±1,4	5,6±0,4	22,4±0,7	12,5±0,4	27,2±0,9
НРК	25,5±1,1	3,1±0,2	25,0±0,5	15,0±0,5	31,4±1,1
2НРК	8,0±0,6	1,4±0,3	30,1±1,3	21,2±0,7	39,3±1,8

При общем недостатке элементов минерального питания (H₂O) большая часть белков вымывается исходным буфером. Наибольшее количество таких белков обнаружено в хлоропластах сорта Украинка, наименьшее — у сорта Кавказ. Связанные белки распределялись по фракциям неравномерно. У обоих сортов наибольшее содержание их было в последней фракции и составляло у Украинки — 34%, у сорта Кавказ — 39% общего количества связанных белков.

При выращивании растений на питательной смеси фракционный состав легкорастворимых белков хлоропластов изменяется. Уменьшается доля белков, вымываемых первыми двумя буферами, возрастает содержание белков в других фракциях. Межсортные различия особенно заметны при выращивании растений на двойной питательной смеси. У Украинки их содержание почти во всех фракциях осталось на уровне варианта НРК. У сорта Кавказ содержание неадсорбированных белков уменьшилось в три раза, а доля связанных белков составила 92%. Наибольшее количество белков элюировалось 0,5 М фосфатным буфером.

Опыты показали, что природа сорта и условия минерального питания растений влияют на хроматографическое поведение легкорастворимых белков хлоропластов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власюк П. А., Зоря В. Т. Биосинтез белков при разных уровнях содержания марганца в растениях. — «Физиология и биохимия культурных растений», 1970, т. 2, № 2, с. 142—147.
2. Сисакян Н. М., Мелик-Саркисян С. С. Некоторые особенности белков фотосинтезирующих и нефотосинтезирующих пластид растений. — «Физиология растений», 1963, т. 10, № 1, с. 17—22.
3. Сисакян Н. М. Хлоропласты и синтез белка. — В кн.: Молекулярная биология. Проблемы и перспективы. М., 1964, с. 85—96.
4. Сравнительное изучение белков хлоропластов методом электрофореза в полиакриламидном геле. — В кн.: Функциональная биохимия клеточных структур. М., 1970, с. 143—153. Авт.: А. Л. Курсанов, В. И. Сафонов, С. С. Чайнов и др.

УДК 581.144.7 : 612.2

А. П. КРАВЧЕНКО,
К. Ш. ПИРМЕТОВ

АКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАЗНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Фотосинтетическая продуктивность растений определяется не только интенсивностью фотосинтеза, но и активностью фотосинтетического аппарата [2, 3, 5, 6]. Это установлено опытами с растениями различных систематических групп.

Определялась функциональная активность хлоропластов у сортов пшеницы, различающихся по продуктивности и реакции на минеральные удобрения. Растения озимой пшеницы сортов Украинка, Мироновская 808 и Кавказ выращивали при естественном освещении на питательном растворе Кнопа с различным содержанием азота и фосфора (1 и 2 нормы). В хлоропластах 10-дневных растений определяли фотофосфорилирование: циклическое в присутствии ФМС, нециклическое с $K_3Fe(CN)_6$. Фосфор определяли по Лоури и Лопец в модификации Скулачева [4], хлорофилл — по Арнону. Интенсивность реакции Хилла определяли по восстановлению феррицианида и краски 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия. Повторность опыта 4—6-кратная.

Результаты исследований (табл. 1) показывают, что условия минерального питания влияют на интенсивность циклического фотофосфорилирования хлоропластов. Так, при общем недостатке элементов минерального питания фотофосфорилирование было почти в два раза менее интенсивным, чем у хлоропластов растений варианта НРК.

Таблица 1

Интенсивность фотофосфорилирования в хлоропластах пшеницы
мкг Р на 1 мг хлорофилла за 1 ч

Вариант опытов	Сорт					
	Украинка		Мионовская 808		Кавказ	
	Циклическое	Нециклическое	Циклическое	Нециклическое	Циклическое	Нециклическое
H ₂ O	664±24	478±20	680±25	430±21	785±23	402±20
NPK	1180±28	842±25	1350±33	906±26	1540±40	969±28
N ₂ PK	1346±35	1140±31	1582±51	1268±32	1965±64	1441±38
NP ₂ K	1252±30	936±29	1445±39	1038±30	1780±53	1221±31

При увеличении в питательной смеси содержания азота, наиболее заметно влияющего на урожай пшеницы, интенсивность циклического фотофосфорилирования значительно повышалась. Эти же данные показывают, что интенсивность циклического фотофосфорилирования у разных сортов не одинакова. При общем дефиците элементов минерального питания интенсивность процесса более высокая у сорта Кавказ. Если у растений всех сортов в условиях нормальной смеси активность хлоропластов возросла почти в 2 раза по сравнению с вариантом H₂O, то при увеличении в смеси содержания азота циклическое фотофосфорилирование проходило интенсивнее у высокоурожайных сортов. Так, при двойной норме азота интенсивность фотофосфорилирования у сорта Украинка возросла на 14, а у сорта Кавказ — на 21% по сравнению с нормой. Наименьшая интенсивность нециклического фотофосфорилирования отмечается при недостатке элементов минерального питания. Однако уже в этих условиях проявились сортовые особенности. Нециклическое фотофосфорилирование было выше у среднеурожайного сорта Украинка. С улучшением условий минерального питания интенсивность этого процесса возрастает, причем более заметно у высокоурожайных сортов.

Таблица 2

Интенсивность реакции Хилла в хлоропластах пшеницы

Варианты опытов	Сорт					
	Украинка	Мионовская 808	Кавказ	Украинка	Мионовская 808	Кавказ
	мкм K ₃ Fe(CN) ₆ на 1 мг хлорофилла за 10 мин			мг краски на 1 мг хлорофилла за 2 мин		
H ₂ O	7,0±0,2	7,3±0,2	8,3±0,3	1,0±0,1	1,3±0,1	1,6±0,1
NPK	9,0±0,3	10,3±0,4	13,1±0,6	1,4±0,1	1,7±0,1	2,0±0,2
N ₂ PK	11,6±0,4	14,4±0,6	18,1±0,7	2,4±0,2	2,6±0,2	3,4±0,3
NP ₂ K	10,2±0,3	12,5±0,5	15,7±0,5	1,8±0,1	1,9±0,1	2,6±0,2

Условия минерального питания растений повлияли и на способность хлоропластов к конверсии лучистой энергии в химическую. Данные табл. 2 показывают, что с улучшением этих условий восстановление феррицианида увеличивается. Оно было наибольшим по варианту НРК. Наибольшая потенциальная способность фотосинтетического аппарата — у пшеницы сорта Кавказ. Так, при двойной норме азота восстановление феррицианида у Украинки возросло на 28, а у сорта Кавказ — на 38% по сравнению с нормой.

К подобным выводам можно прийти и после анализа результатов исследований по восстановлению краски. Обнаруженные изменения уровня функциональной активности хлоропластов под влиянием условий минерального питания связаны, очевидно, с особенностями пигментной системы растений [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко О. П. Вплив елементів мінерального живлення на вміст міцно- і слабозв'язаного хлорофілу та фотохімічну активність хлоропластів озимих пшениць Аврора і Кавказ. — «Вісник Харк. ун-ту», 1973, № 89. Біологія, вип. 5, с. 58—60.
2. Литвиненко Л. Г., Гуляев Б. И. О связи между фотохимической активностью хлоропластов и интенсивностью фотосинтеза некоторых сельскохозяйственных растений. — «Физиология и биохимия культурных растений», 1972, т. 4, № 3, с. 230—233.
3. Осипова О. П., Хейн Х. Я., Ничипорович А. А. Активность фотосинтетического аппарата растений, выросших при разной интенсивности света. — «Физиология растений», 1971, т. 18, № 2, с. 257—263.
4. Скулачев В. П. Соотношение окисления и фосфорилирования в дыхательной цепи. М., Изд-во АН СССР, 1962. 123 с.
5. Структура и функция фотосинтетического аппарата у растений различных систематических групп. — В кн.: Хлоропласты и митохондрии. М., 1969, с. 74—88. Авт.: Б. М. Голубкова, Т. Е. Кислякова, И. И. Богачева и др.

УДК 581.174.1

Ф. И. ПЕДАШ, канд. биол. наук

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИГМЕНТОВ ХЛОРОПЛАСТОВ ЛИСТЬЕВ У ИНТРОДУЦИРУЕМЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Для каждого вида растений, произрастающих в определенных условиях внешней среды, характерными являются гетерогенность структуры листьев и комплекс пигментов хлоропластов.

Изучены оптические свойства верхней и нижней стороны листовой пластинки [2], спектральная яркость растений в различных климатических зонах [3] и оптические свойства пигментов хлоропластов растений отдельных систематических групп [1]. Физиология интродуцируемых растений в условиях северо-востока Украины в литературе не освещена.

Мы изучали оптические свойства пигментного комплекса хлоропластов листьев у 25 видов древесных растений, интроду-

пируемых в условиях Харькова, и у этих же видов, произрастающих в условиях Батуми. Для анализа брали четвертый лист с верхушки побега с южной стороны кроны. Суммарное количество пигментов определяли в спиртовых вытяжках на СФ-4А, оптические параметры снимали на СФ-10. Последние сокращенно представлены в таблице.

Поглощение, оптическая плотность и удельное поглощение комплекса пигментов хлоропластов листьев растений

Растение	Харьков			Батуми		
	Максимум поглощения, Н·м	Оптическая плотность, %	Удельное поглощение, %	Максимум поглощения, Н·м	Оптическая плотность, %	Удельное поглощение, %
Айлант высочайший	426	1,44	1,25	430	1,44	1,33
	442	1,18	1,02	440	1,35	1,23
	538	0,25	0,17	538	0,25	0,23
	610	0,18	1,15	610	0,21	0,20
	666	0,74	0,65	666	0,88	0,80
Бундук канадский	430	2,16	1,25	450	2,55	1,50
	474	1,19	0,69	474	2,38	1,38
	540	0,27	0,16	540	0,20	0,12
	610	0,25	0,15	620	0,55	0,32
	668	1,10	0,63	670	1,88	1,10
Гинкго двулопастный	428	1,33	1,09	426	1,15	1,55
	438	1,24	1,02	438	0,93	1,25
	538	0,21	0,17	538	0,18	0,24
	610	0,16	0,14	610	0,15	0,23
	664	0,75	0,64	664	0,65	0,87
Каркас западный	428	1,91	1,05	420	1,14	1,29
	474	1,08	0,53	472	0,50	0,58
	544	0,28	0,15	544	0,11	0,13
	616	0,28	0,15	616	0,11	0,13
	672	1,11	0,66	668	0,48	0,55

По максимуму поглощения пигментов хлоропластов в области фиолетовых лучей все виды интродуцируемых растений в условиях Харькова можно разделить на две группы. К первой относятся орех маньчжурский, кария овальная, каркас западный, каштан съедобный, у которых по сравнению с Батуми максимум поглощения в условиях Харькова сдвинут в длинноволновую сторону спектра; ко второй — айлант обыкновенный, липа американская, бундук канадский, инжир, магнолия кобус, хурма кавказская, у которых максимум поглощения сдвинут в коротковолновую сторону спектра.

Аналогичная закономерность наблюдается и для максимума поглощения в области синих лучей, только в условиях Харькова сдвиг в коротковолновую сторону характерен для меньшего

числа и других видов растений (каркас западный, самшит вечнозеленый, гибискус сирийский, магнолия кобус и эвкоммия ильмовистая).

Оптические свойства пигментов хлоропластов у некоторых интродуцируемых видов растений настолько изменяются, что максимум поглощения их в коротковолновой части перемещается из одной области в другую. Так, айлант обыкновенный в условиях Батуми имеет максимум поглощения только в области фиолетовых лучей (430 и 440 Н·м), в условиях Харькова максимум поглощения находится в области фиолетовых (426 Н·м) и синих (442 Н·м) лучей. Бундук канадский имеет максимум поглощения только в области синих лучей — 450 Н·м; в условиях Харькова — в области фиолетовых — 430 — и синих — 474 Н·м; у каштана съедобного в Харькове максимум только в области фиолетовых лучей (444 Н·м) и синих (474 Н·м) лучей.

У некоторых видов растений оптические свойства комплекса пигментов хлоропластов довольно устойчивы к изменениям условий внешней среды. Так, у гинкго двулопастного, лавра благородного, лавровишни лекарственной и хурмы кавказской максимум поглощения находится только в области фиолетовых лучей (422—440 Н·м) в условиях Харькова и Батуми.

В области зеленых и оранжевых лучей максимум поглощения для большинства видов растений в Харькове и Батуми не имеет отклонений. Это позволяет предположить, что приспособительные реакции пигментов хлоропластов к зеленому и оранжевому свету не выражены при перемещении видов растений в новые почвенноклиматические районы.

В процессе акклиматизации у растений изменяются оптические свойства комплекса пигментов пластид, повышается их оптическая плотность. У видов, плохо переносящих природные условия Харькова (хурма кавказская, магнолия кобус, лавр благородный, гибискус сирийский), оптическая плотность пигментов пластид листьев ниже, чем в условиях Батуми. Удельное поглощение пигментов наиболее явно выражено в области коротких волн — фиолетовых и синих, в зеленых и желтых лучах оно резко падает до минимума, а в области оранжевого и красного света вновь резко повышается. При этом у большинства видов интродуцируемых растений в условиях Харькова удельное поглощение пигментов хлоропластов в области фиолетовых и синих лучей выше, чем у тех же видов в условиях Батуми.

У растений таких видов, как айлант обыкновенный, бундук канадский, гибискус сирийский, гинкго, каркас западный, орех грецкий и маньчжурский, птерокария ясенелистая и софора японская, достаточно стойких в условиях Харькова, удельное поглощение пигментов пластид в области коротких волн ниже, чем в Батуми, а у лавровишни лекарственной, самшита вечнозеленого, софоры японской оно в условиях Харькова выше, чем в Батуми.

В связи с перемещением растений в новые природные зоны изменяется максимум поглощения пигментов хлоропластов в области фиолетовых и синих лучей. В области зеленых, оранжевых и красных лучей максимум поглощения не выражен. У зимостойких видов древесных растений в условиях Харькова оптическая плотность пигментов ниже, чем в Батуми, а удельное поглощение у большинства видов в Харькове выше, чем у тех же видов в Батуми.

Уровень и характер изменений оптических свойств пигментов хлоропластов связаны с видовыми особенностями развития растений и с годичными ритмами внешней среды природной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулович Н. К. Спектральная характеристика протохлорофилла растений различных систематических групп. — «Бюл. Ин-та биол. АН БССР», 1958, № 3, с. 99—105.
2. Аэров И. Л. Оптические свойства верхней и нижней стороны листьев. — «Физиология и биохимия культурных растений», 1969, т. 1, № 12, с. 191—196.
3. Дарчия Ш. П. Сравнение спектральных яркостей растений Восточного Памира и Батуми. — «Труды АН КазССР», 1957, т. 5, с. 126—133.

УДК 581.13+635.9

Ф. И. ПЕДАШ, канд. биол. наук,
Н. Г. КУРБАРОВА

АЗОТНЫЙ, ФОСФОРНЫЙ И УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН В ГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ РАЗВИТИЯ ЛИСТОПАДНЫХ МАГНОЛИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА УКРАИНЫ

Проблема воспроизводства растительных ресурсов в СССР решается разными способами, в том числе акклиматизацией растений. При акклиматизации субтропических экзотов в районах резко континентального климата особое внимание уделяется изучению направленности обмена веществ в годичном цикле развития растений, а также физиологии зимостойкости интродуцируемых растений [1—4].

В условиях северо-востока Украины работа по акклиматизации листопадных видов магнолий (м. кобус, м. обратнойцевидная) была начата нами в 1960 г. Выяснялись особенности азотного, фосфорного и углеводного обмена в годичном цикле развития растений по морфологическим периодам (период роста: апрель—июнь; скрытого роста: июль—октябрь; глубокого покоя: октябрь—декабрь; вынужденного покоя: декабрь; начало вегетации). Исходным материалом для акклиматизации служили семена магнолий — репродукции Львовского ботанического сада.

Многолетние наблюдения за ростом и развитием показали, что среднегодовой прирост побегов у магнолии кобус в 1961 г.

равнялся 5 см, в 1962 г. — 11 см, в 1963 г. — 21 см; у магнолий обратнойцевидной — соответственно 8, 10 и 20 см. В 1964—1972 гг. годичный прирост побегов составил 25—32 см. Для анализов брали четвертый лист от верхушки побега с южной стороны кроны. Азот определяли по микро Кьельдалю, фосфор — по Фiske Суббароу, углеводы — по Лисицину.

Об особенностях азотного, фосфорного и углеводного обмена в годичном цикле развития растений магнолий можно судить по данным, приведенным в таблице. Согласно этим данным, в азотном обмене происходят изменения в соответствии с морфофизиологическими периодами. В период роста побегов листовой аппарат при переходе от вегетативного развития к периоду цветения интенсивно накапливает общий, небелковый и белковый азот, что, вероятно, связано с синтезом структурных белков, обеспечивающих развитие генеративных органов растений. В наших опытах магнолии вступили в фазу цветения в 1973 г., т. е. на 13 году жизни. Содержание общего, небелкового и белкового азота в листьях обоих видов магнолий заметно снижается в период скрытого роста растений. Более четко это проявляется у магнолии кобус. Аналогичная закономерность наблюдается в период глубокого покоя. В коре однолетних побегов магнолии кобус в период вынужденного покоя резко снижается накопление белкового азота.

Таким образом, азотный обмен, особенно обмен белкового азота, коррелятивно связан не только с морфофизиологическими периодами, но и с возрастными изменениями, а также с зимостойкостью растений.

В годичном цикле развития растений отмечено высокое накопление общего фосфора и относительно низкое — липидного и нуклеотидного. Наиболее высокое содержание липидного фосфора зарегистрировано в период роста и скрытого роста, самое низкое — в период глубокого покоя. В коре однолетних побегов магнолии кобус в середине периода вынужденного покоя накопление липидного фосфора достигает максимума и резко падает к концу периода. Нуклеотидный фосфор в период вегетации растений содержится в пределах одного уровня.

Особенности углеводного обмена в годичном цикле развития растений изучали по накоплению гидролизующих сахаров, моно- и дисахаров. В динамике накопления углеводов отмечен определенный годичный ритм. Так, максимум накопления гидролизующих сахаров приходится на зимний и весенний периоды с последовательным снижением в летний и осенний.

Определенная закономерность отмечена и в накоплении моно- и дисахаров. В начале периода роста в основном преобладают дисахара, содержание которых к концу периода заметно падает, а содержание моносахаров увеличивается. В отдельные годы в период скрытого роста накапливается значительно больше моносахаров, чем дисахаров. Накопление дисахаров преобла-

**Накопление азота, фосфора и углеводов в годичном цикле развития магнолий
мг на 1 г сухого вещества (числитель — 1971 г., знаменатель — 1972 г.)**

Расте- ние	Время взятия пробы	Азот			Фосфор			Углеводы		
		Общий	Небелковый	Белковый	Общий	Липидный	Нуклеотид- ный	Сумма гидро- лизующих са- харов	Моносахара	Дисахара
Магно- лия кобус	Март (кора)	16,8	2,4	14,0	3,2	0,2	0,1	273,8	42,5	84,5
		—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Май	38,2	26,0	12,2	2,2	0,7	0,6	263,9	35,0	132,8
		54,3	19,5	34,7	2,7	1,1	0,6	136,0	62,5	126,7
	Июль	14,0	8,5	5,5	0,3	0,1	0,1	206,9	28,8	34,5
		48,4	10,1	38,3	2,7	1,4	0,7	108,2	60,0	39,0
	Август	11,8	7,0	4,8	0,5	0,2	0,4	180,5	36,8	40,2
		31,7	18,7	13,2	2,8	0,9	0,8	111,0	49,7	21,3
	Сентябрь	17,4	15,5	1,9	1,3	0,2	0,3	185,0	41,6	59,0
		41,3	17,7	23,6	2,3	0,5	0,6	102,7	72,0	17,4
Магно- лия обовата	Январь (кора)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		18,4	12,3	6,1	2,3	1,4	0,2	312,5	22,5	84,8
	Март (кора)	22,4	7,0	15,4	2,0	0,1	0,1	268,3	75,5	67,5
		—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Май	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		30,7	19,1	11,6	2,8	1,1	0,7	99,7	51,5	26,0
	Июль	9,2	3,5	5,7	0,8	0,3	0,3	134,6	13,8	71,7
		47,2	18,3	28,9	2,6	1,0	0,6	88,7	55,0	21,3
	Август	19,8	14,0	5,8	2,5	0,1	0,2	159,6	35,0	31,0
		51,3	19,0	32,3	2,4	0,9	0,7	97,0	47,0	21,7
	Сентябрь	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		48,9	17,4	31,5	2,1	0,3	0,6	97,7	74,7	20,4

дает над моносахарами в период вынужденного покоя, что, видимо, связано с участием их в ингибировании ростовых процессов и в образовании глюкотеидов, играющих защитную роль в организме растений от повреждения вследствие низких температур. Повышенное накопление гидролизующих и дисахаров отмечено в процессе акклиматизации у более зимостойкого вида — магнолии кобус.

Таким образом, в морфофизиологических периодах между азотным, фосфорным и углеводным обменом проявляется коррелятивная связь, которая усиливается с возрастом и по мере повышения зимостойкости растений в процессе акклиматизации магнолий в условиях северо-востока Украины. Магнолию кобус можно использовать для зеленого строительства в условиях Харькова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврорин Н. А. Переселение растений на полярный Север. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1956. 286 с.
2. Коновалов И. Н. Физиология устойчивости растений. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1960. 183 с.
3. Проценко Д. Ф. Морозостойкость плодовых культур СССР. Киев, Изд-во Киевск. ун-та, 1958. 392 с.
4. Сергеева К. А. Физиологические и биохимические основы зимостойкости древесных растений. М., «Наука», 1971. 171 с.

УДК 631.811 : 546.02

Л. А. КРАСИЛЬНИКОВА, канд. биол. наук,
В. Ф. ПЕРЕВЕРЗЕВА

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ МИТОХОНДРИЙ

Элементы минерального питания существенно влияют на химический состав, метаболизм фосфорных соединений и белков митохондрий [3, 4].

В данной работе изучалось влияние азота, фосфора и калия на окислительное фосфорилирование и АТФ-азную активность митохондрий из листьев 12-дневных проростков гороха Рамонский 77 и 6-дневных проростков пшеницы Народная, выращенных на свету в водной культуре на полной питательной смеси Кнопа (контроль) и с исключением N, P или K (варианты РК, НК, NP). Окислительное фосфорилирование определяли по методу Калачевой и Сисакяна [2], фосфолипиды — по описанной ранее методике [3], активность АТФ-азы — по нарастанию неорганического фосфора за время инкубации.

Таблица 1

Влияние элементов минерального питания на окислительное фосфорилирование и АТФ-азную активность митохондрий

Растения	Вариант опыта	Окислительное фосфорилирование, мкат на 1 мг белка					АТФ-азная активность мкг Р на 1 мг белка
		ΔO	P*	ΔP	P*	P/O	
Горох	NPK	$0,37 \pm 0,009$	—	$0,60 \pm 0,011$	—	1,62	6,62
	PK	$0,20 \pm 0,009$	<0,001	$0,19 \pm 0,009$	<0,001	0,95	3,56
	NK	$0,15 \pm 0,005$	<0,001	$0,17 \pm 0,006$	<0,001	1,13	2,91
	NP	$0,09 \pm 0,009$	<0,001	$+0,19 \pm 0,011^{**}$	—	—	1,48
Пшеница	NPK	$0,30 \pm 0,012$	—	$0,48 \pm 0,010$	—	1,60	8,08
	PK	$0,38 \pm 0,006$	<0,001	$0,39 \pm 0,003$	<0,001	1,03	3,42
	NK	$0,27 \pm 0,004$	<0,005	$0,24 \pm 0,006$	<0,01	0,89	4,69

* Достоверность различий между контролем и каждым из вариантов опыта.

** Нарастание неорганического фосфора в инкубационной среде.

Полученные данные (табл. 1) показывают, что исключение из питательной среды N, P или K заметно отражается на окислительном фосфорилировании митохондрий. При этом поглощение кислорода митохондриями из листьев опытных растений гороха значительно снижается по сравнению с контролем, особенно при недостатке K. У митохондрий из листьев пшеницы изменения в поглощении кислорода менее значительны, что, по-видимому, связано с физиологической спецификой взятых растений. Однако при недостатке основных минеральных элементов в питательной среде сильно угнетается фосфорилирующая активность митохондрий гороха и пшеницы, одновременно снижается величина отношения P/O, что указывает на разобщение сопряженности дыхания и окислительного фосфорилирования, а также на снижение энергетической эффективности этих процессов. Особенно резко проявляется разобщение сопряженности дыхания и фосфорилирования при калийном голодании растений гороха. В этом случае происходит, очевидно, гидролиз фосфорорганических соединений, на что указывает нарастание неорганического фосфата за время инкубации.

Литературные данные показывают, что гидролиз АТФ в митохондриях сопряжен с транспортом ионов через мембрану и с обращением переноса электронов в дыхательной цепи. При этом митохондриальным белкам, обладающим АТФ-азной активностью, приписывается роль сопрягающих факторов в механизме сопряжения окисления и фосфорилирования [1, 6]. В наших опытах при недостатке в питательной среде N, P или K АТФ-азная активность митохондрий уменьшается параллельно снижению окислительного фосфорилирования (табл. 1). Наибольшее угнетение активности АТФ-азы наблюдается у митохондрий из растений гороха, не получавших K.

Нарушения в реакциях окислительного фосфорилирования при недостатке минеральных элементов прежде всего могут быть связаны с тем, что азот и фосфор входят в состав митохондриальных белков, фосфолипидов, нуклеотидов, непосредственно участвуют в их метаболизме и в реакциях окислительного фосфорилирования. О роли калия в энергетическом обмене высказываются различные мнения, в частности то, что в митохондриях находится до 30% всего калия клетки и что K^+ оказывает прямое стимулирующее действие на систему переноса электронов [5].

Как известно, основные реакции окислительного фосфорилирования осуществляются в липопротеидных митохондриальных мембранах. В связи с этим параллельно с изучением окислительного фосфорилирования мы определяли в митохондриях содержание фосфолипидов и белков, составляющих молекулярную основу их мембранных систем. Оказалось, что недостаток в питательной среде N, P или K отрицательно сказывается на содержании митохондриальных белков и фосфолипидов (табл. 2). По-

этому можно предположить, что нарушения дыхания и окислительного фосфорилирования в определенной мере связаны с количественными и качественными химическими изменениями

Таблица 2

Влияние элементов минерального питания на содержание белка и фосфолипидов в митохондриях, мг на 1 г сухого веса

Вариант опыта	Горох		Пшеница	
	Р фосфолипидов	Белок	Р фосфолипидов	Белок
NPK	6,23	350	4,00	225
PK	5,75	264	2,63	161
NK	4,71	238	3,23	186
NP	4,50	220	—	—

фосфолипидов и белков мембранных систем митохондрий, что, в свою очередь, может привести к нарушению структурной организации мембранного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евтодиенко Ю. В., Кудзина Л. Ю., Щипакин Н. В. Свойства и функции аденозинтрифосфатазы митохондрий. — В кн.: Тезисы докл. II Всесоюз. биохим. съезда. Ташкент, 1969, с. 226—227.
2. Калачева В. Я., Сисакян Н. М. О разобщении окисления и фосфорилирования в митохондриях зеленых растений при рентгеновском облучении. — «Биохимия», 1965, т. 30, № 4, с. 858—863.
3. Красильникова Л. А., Семенов Г. И. Влияние элементов минерального питания на обмен фосфорных соединений цитоплазматических структур растений. — В кн.: Физиолого-биохимические основы питания растений. Киев, 1967, с. 45—51.
4. Хоменко А. Д., Гвоздиковская А. Т. Содержание азота и минеральных элементов в органоидах клеток листьев сахарной свеклы в зависимости от условий питания. — «Физиология растений», 1969, т. 16, № 1, с. 29—33.
5. The dependence of brain mitochondrial respiration on potassium ion. — «J. Biochem.», 1967, vol. 61, N 3, p. 352—358. Auth.: K. J. Ozawa, K. Seta. Araki a. o.
6. Vallojos R. H., Slater E. C. A solumbe ATR-ase with high coupling activity. — «Biochim. et Biophys. Acta». 1967, vol. 143, N 2, p. 441—443.

УДК 631.46 : 581.19

М. Б. ПЕТРЕНКО, канд. биол. наук

УЧАСТИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРЕВРАЩЕНИИ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ СЕМЯДОЛЕЙ ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН ГОРОХА

Фосфорсодержащие соединения играют весьма важную роль в жизнедеятельности растений. Они накапливаются в формирующихся семенах в виде запасных веществ и подвергаются рас-

щеплению и превращению при прорастании семян и новообразовании проростков [1, 3—6 и др.].

В прорастающих семенах в результате активизации деятельности ферментов сложные запасные вещества расщепляются до таких соединений, которые могут быть использованы формирующимися проростками для процессов синтеза. Примерно за 10 дней прорастания семян в семядолях и эндоспермах содержание общего фосфора снижается примерно вдвое. При этом резко падает уровень фосфора фитина, который, как считают многие исследователи, используется для синтеза нуклеиновых кислот. По мнению Г. И. Семененко [3], не только фосфор фитина, но и пуриновые и пиримидиновые основания участвуют в синтезе указанных соединений, причем второй путь более рентабелен. Образование оснований возможно при расщеплении нуклеиновых кислот, содержащихся в семени, а также в результате их новообразования непосредственно в прорастающих семенах. Содержание фосфора нуклеиновых кислот в прорастающих семенах постепенно снижается и становится ощутимым после пяти дней прорастания. Подвергаются изменению и другие фосфорсодержащие соединения. Процессы расщепления сложных запасных соединений семени сопровождаются повышением уровня минерального фосфора.

Поскольку поверхность, а возможно, и внутренние части семян сильно обсеменены микроорганизмами, намачивание семян и их прорастание сопровождаются интенсификацией микробиологических процессов. Микроорганизмы, нуждающиеся для своего развития в тех же соединениях, что и формирующиеся проростки, и обладающие широким набором ферментов, вполне могут принять участие в процессах расщепления и превращения фосфорсодержащих соединений семени. Приводимые ниже данные подтверждают высказанное предположение.

Объектом исследования служили семена гороха Виктория Мандорфская и бактерии, выделенные из ризосферы растений и обладающие стимулирующими (*Mycob. album*) или ингибирующими (*Pseudomonas* sp.) свойствами. Анализировали семена, намоченные в воде и в суспензиях указанных бактерий, на 3, 6 и 9 сутки после обработки семян. В растительном материале определяли различные формы фосфора. Полученный материал подвергали дисперсионному анализу [2]: показатели $F_{\text{факт}}$ и $F_{\text{табл}}$ позволяют судить о надежности данных (изменения достоверны в случае, если $F_{\text{табл}} < F_{\text{факт}}$). С помощью показателя $HCp_{0,05}$ можно сравнивать любую пару цифр в данном ряду.

Результаты исследований (см. таблицу) согласуются с имеющимися сведениями о закономерностях превращения фосфорсодержащих соединений в семядолях прорастающих семян гороха. В то же время в таблице приведен материал, свидетельствующий о том, что бактерии, использованные для бактеризации семян, существенно влияют на исследуемые процессы, причем дейст-

Влияние бактеризации на превращение фосфорсодержащих соединений

Фактор Б	Ф а к					
	Общий фосфор			Фосфор общий кислото- растворимый		
	Время после					
	3	6	9	3	6	9
Непроросшие семена	825,6	825,6	825,6	507,0	507,0	507,0
Контроль (вода)	758,9	659,2	492,1	462,2	406,7	289,0
Бактеризация стимулиру- ющей <i>Mycob album</i>	704,6	577,4	407,2	450,6	378,9	250,5
Бактеризация ингибирую- щей <i>Pseudomonas sp.</i>	786,3	708,9	569,0	434,4	358,7	267,2
Результаты дисперсионного анализа	Фактор А	Фактор Б	Фактор А×Б	Фактор А	Фактор Б	Фактор А×Б
$F_{\text{факт}}$	0,00	81,31	61749,4	12,43	583,03	2,958
$F_{\text{табл}}$	3,26	2,86	2,36	3,26	2,86	2,36
$HCP_{0,05}$	1,09	1,26	2,18	10,50	12,12	21,00

вие бактерий, стимулирующих и ингибирующих прорастание семян, не аналогично. Хотя и те и другие ускоряют процессы расщепления фосфорсодержащих соединений, входящих в кислото-растворимую фракцию, стимулирующие бактерии способствуют более интенсивной минерализации фитина и нуклеиновых кислот. Уже на третий день они почти вдвое увеличивают содержание минерального фосфора. В этом случае опытный уровень минерального фосфора начинает падать, что сопровождается более резким снижением содержания общего фосфора в семядолях. Следовательно, эти бактерии не только интенсифицируют процессы расщепления сложных запасных веществ семени, но и способствуют продвижению продуктов расщепления в формирующиеся проростки. Если в контрольных семенах ошутимое снижение уровня нуклеиновых кислот отмечается на девятый день, то в присутствии стимулирующих бактерий — на третий. Ингибирующие бактерии также интенсифицируют процессы расщепления нуклеиновых кислот, но в их присутствии замедляется минерализация фитина. В данном случае содержание минерального фосфора в семядолях находится примерно на том же уровне, что и в других вариантах, но содержание общего фосфора все время более высокое. Это, по-видимому, связано с тем, что бактерии, оказывающие ингибирующее действие на прорастание семян, связывают продукты расщепления, тем самым препятствуя их продвижению в формирующиеся проростки. Возможно, эти бактерии, в отличие от стимулирующих, лишены тех механизмов, которые могут способствовать усилению процессов

в семядолях прорастающих семян гороха, мкг на 1 семя

г о р А

Фосфор нуклеиновых кислот	Фосфор кислоторастворимый фитина	Фосфор кислоторастворимый минеральный
---------------------------	----------------------------------	---------------------------------------

обработки семян, дни

3	6	9	3	6	9	3	6	9
229,95	229,95	229,95	365,90	365,90	365,90	94,35	94,35	94,35
218,80	200,30	153,00	297,53	197,75	49,78	139,83	151,55	156,73
179,88	157,20	124,70	254,75	165,90	30,45	169,60	179,20	151,53
168,90	162,33	131,75	294,25	190,73	61,10	129,10	147,08	159,13
Фактор А	Фактор Б	Фактор А×Б	Фактор А	Фактор Б	Фактор А×Б	Фактор А	Фактор Б	Фактор А×Б
1756,04	7874,7	265,39	1037,2	78464,6	160,91	1218,96	11476,4	633,63
3,26	2,86	2,36	3,26	2,86	2,36	3,26	2,86	2,36
1,08	1,25	2,16	1,21	1,40	2,42	0,70	0,81	1,40

синтеза в проростках. Так, у ингибирующих бактерий обычно более высокая потребность в витаминах, так как они слабо синтезируют физиологически активные вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белозерский А. Н., Асеева И. В. Об образовании нуклеиновых кислот в процессе прорастания семян пшеницы и гороха. — В сб.: «Биохимия зерна». Вып. 4, М., 1958, с. 22—33.
2. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск, «Высшая школа», 1973. 318 с.
3. Семененко Г. И. К биохимии обмена нуклеиновых кислот у высших растений. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1974. 175 с.
4. Cherry J., Hageman R. Separation and identification of nucleotides from etiolated corn seedling as a function of growth. — «Plant Physiol.», 1960, vol. 35, N 3, p. 343—352.
5. Osawa S., Oota Y. Growth and pentose nucleic acid content of bean embryo. — «Experientia», 1953, vol. 9, N 3, p. 96—98.
6. Weiss R. Evolution des principales formes de phosphore au cours de la germination des graines. — «Bull. Soc. Chim. Biol.», 1952, a 32, N 5—6, p. 471—479.

УДК 576.8 : 631.46

Н. В. ЛИПОВЕЦКАЯ

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПОД БЕССМЕННОЙ КУЛЬТУРОЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Одним из показателей биологической активности почвы являются численность микроорганизмов и активность почвенных

ферментов, зависящая от количества и биохимической деятельности микроорганизмов, так как основная часть почвенных энзимов имеет микробную природу.

Бессменные посевы сахарной свеклы отрицательно влияют на численность и видовой состав микрофлоры, а также на ферментативную активность почвы в ризосфере [1]. Под сахарной свеклой при пятнадцатилетнем бессменном выращивании ее наблюдается снижение кислотности почвенного раствора до пределов 4,5—5,0, что приводит к бурному развитию грибов и к снижению численности остальных групп микроорганизмов — бактерий и актиномицетов. Большое количество грибов, развивающихся в ризосфере бессменной сахарной свеклы, выделяет в почву токсические вещества. Накопление их делает почву токсичной, что, по мнению некоторых авторов [6], является одной из причин так называемого почвоутомления, приводящего к снижению урожаев сахарной свеклы при бессменном ее выращивании. Согласно данным лаборатории плодородия УкрНИИПА, урожай сахарной свеклы за 15 лет ее бессменного выращивания снизился с 176,0 до 108,7 ц/га по неудобренному фону, по удобренному фону (НРК) — с 269 до 128,2 ц/га. В то же время в севообороте по неудобренному и по удобренному фону урожай был высоким — 287 и 364 ц/га.

Исследователи стремятся снизить почвоутомление прежде всего путем применения удобрений. В связи с этим нами изучалось влияние на численность и видовой состав микрофлоры, а также на активность некоторых почвенных ферментов (протеазы, дегидрогеназы и фосфатазы) внесения минеральных удобрений под бессменную культуру сахарной свеклы и возможность применения этого метода как одного из приемов, снижающих почвоутомление. Исследования проводились на Роганском почвенном стационаре (учхоз ХСХИ). Под бессменные посевы сахарной свеклы вносилось минеральное удобрение в дозах $N_{60}P_{120}K_{60}$ кг/га действующего начала.

Установлено, что многолетнее внесение НРК заметно снижает количество бактерий в ризосфере монокультуры сахарной свеклы. По-видимому, это можно объяснить тем, что минеральные удобрения еще больше подкисляют почву, создавая тем самым неблагоприятные условия для развития бактерий. Количество грибов в монокультуре, удобренной НРК, по всем срокам вегетации значительно выше, чем в севообороте (табл. 1). Активность почвенных ферментов в процессе вегетации изменяется, т. е. можно говорить о ее сезонных изменениях.

В биологической активности почвы важную роль играют протеазы, осуществляющие расщепление белков [4]. Активность протеаз под бессменной культурой сахарной свеклы прямо зависит от численности бактерий [5]. Как показали наши иссле-

Таблица 1

Количество основных групп микроорганизмов в прикорневой зоне
бессменной сахарной свеклы в процессе вегетации, тыс. на 1 г. абсолютно
сухой почвы

	Бактерии						Грибы на среде Рихтера		
	Неспоровые на суслоагаре			Споровые на МПА					
	Июнь	Июль	Сен- тябрь	Июнь	Июль	Сен- тябрь	Июнь	Июль	Сен- тябрь
Бессменная культура	840	1920	2070	122	264	469	31—600	36—200	42—400
Бессменная культура+ +НРК	630	1260	2000	130	308	394	24—600	24—200	26—300

дования, внесение минеральных удобрений снижает активность протеазы, так как уменьшается численность бактерий.

Дегидрогеназы — ферменты, участвующие в окислительно-восстановительных процессах в почве. Их активность также может служить одним из показателей биологической активности почвы [2]. С внесением НРК активность дегидрогеназ под бессменной культурой сахарной свеклы снижается, причем в наибольшей степени, к концу вегетационного периода. Вероятно, это можно объяснить значительным снижением количества растворимых углеводов в почве к концу вегетации. При внесении минеральных удобрений в отдельных случаях наблюдается некоторое снижение активности фосфатазы, потому что с внесением НРК улучшается обеспеченность почвы минеральным фосфором (табл. 2). Аналогичные данные получены и другими исследователями [3].

Таблица 2

Активность ферментов в почве под бессменной культурой сахарной свеклы

Ферменты	Бессменная куль- тура			Бессменная куль- тура+НРК		
	Июнь	Июль	Сен- тябрь	Июнь	Июль	Сен- тябрь
Протеаза, мг аминного азота за 24 ч	0,400	0,706	0,800	0,370	0,657	0,772
Дегидрогеназа, мг ТФФ за 16 ч	6,50	5,40	1,97	7,36	6,10	2,24
Фосфатаза кислая, мг фенолфтале- ина за 16 ч	5,48	4,20	4,92	6,00	4,40	5,20
Фосфатаза нейтральная, мг фенол- фталеина за 16 ч	4,04	2,96	3,84	3,12	2,62	3,08

Таким образом, многолетнее внесение минеральных удобрений под бессменную культуру сахарной свеклы сокращает чис-

ленность бактериальной микрофлоры, уменьшает активность некоторых почвенных ферментов, но не снижает почвоутомление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изменение микробиологической активности чернозема мощного под влиянием бесменного парования и сельскохозяйственных культур. — «Труды ХСХИ», 1972, т. 170, с. 39—44. Авт.: А. М. Гринченко, Г. Я. Чесняк, М. Б. Петренко, Н. В. Лиговецкая.
2. Козлов К. А. Ферментативная активность как показатель биологической активности почв. — В кн.: Доклады сиб. почвоведов к VIII Междунар. почвенному конгрессу. Новосибирск, 1964, с. 96—106.
3. Крамер М., Ердей Г. Применение метода определения активности фосфатазы в агрономических исследованиях. — «Почвоведение», 1959, № 9, с. 99—102.
4. Купревич В. Ф., Щербакова Т. А. Почвенная энзимология. Минск, «Наука и техника», 1966. 275 с.
5. Мамченко О. А. Протеолитическая активность в ризосфере растений и вне ее в темно-каштановых почвах Украины. — «Сб. докл. симпозиума по ферментам почвы». Минск, 1968, с. 428—435.
6. Образцова А. А., Петренко М. Б. К вопросу о причинах возникновения токсичности почвы под сахарной свеклой. — «Труды ХСХИ», 1966, т. 69, с. 70—76.

УДК 581.133

Т. И. ПИЛИПЕНКО

О НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ РАЗЛИЧИЯХ РНК ПРИ ДЕФИЦИТЕ ЦИНКА У ФАСОЛИ

Связь цинка с нуклеиновыми кислотами вполне очевидна. На примере многих растений показано, что недостаток цинка в их питании снижает содержание нуклеиновых кислот в вегетативных органах, повышает активность нуклеаз. Однако механизм взаимосвязи цинка с синтезом нуклеиновых кислот еще не выяснен. Предположения о роли цинка в нуклеиновом обмене различны. Ряд исследователей [9, 10] придерживаются мнения, что цинк прежде всего обуславливает синтез РНК, а через нее — и синтез белка. Данные о снижении рибосомальной РНК (р-РНК) и о коррелятивном падении синтеза белка у одноклеточных организмов [11] подтверждают это предположение.

В данной работе изучается действие дефицита цинка на количественный и качественный состав высокополимерной (ВП) и низкополимерной (НП) РНК и выясняется состояние РНК в рибосомах исследуемых растений.

Опыты проводились с растениями фасоли сорта Харьковская 4 (условия выращивания ее в водной культуре описаны в [3]). В зависимости от цели опыта для анализа брали листья 3—5 ярусов и корни растений с 30-дневной недостаточностью цинка. РНК выделяли методом фенольной депротенинизации в модификации применительно к растительным объектам [7].

Рибосомы из листьев и корней получали по прописи [1] в ультрacentрифуге VAC-60. РНК определяли спектрофотометрически [6], а нуклеотидный состав тотальной и высокополимерной РНК — электрофоретически [2].

Результаты количественного определения ВП и НП РНК в листьях фасоли (табл. 1) показали, что недостаток цинка в питании растений вызывал снижение исследуемых фракций РНК.

Таблица 1

Содержание фракций РНК в листьях фасоли при недостатке цинка в питательной среде (РНК, мкг на 1 г сырого вещества)

Вариант опыта	ВП РНК	Р	НП РНК	Р
Среда Гельригеля + + Zn (контроль)	656,32 ± 16,30	P < 0,001	146,57 ± 7,84	P < 0,05
Среда Гельригеля — — Zn	415,87 ± 13,30		108,93 ± 13,07	
Опыт, % к контролю	63,36		74,31	

Из табл. 1 видно, что действие дефицита цинка сильнее сказывалось на ВП РНК (в основном это р-РНК), в результате чего содержание ее снижалось на большую величину (63%) относительно контроля по сравнению с НП РНК. Это, возможно, было связано с нарушением синтеза или с ее деградацией.

Поэтому в другой серии опытов выяснялось действие цинкового голодания на состояние р-РНК в рибосомах. С этой целью рибосомы исследуемых растений обрабатывали горячей и холодной перхлорной кислотой. Если первая в течение полчаса гидролизвала РНК рибосом до нуклеотидов, то вторая только экстрагировала нуклеотиды, находившиеся в суспензии рибосом в случае их деградации. По разнице между горячей и холодной экстракциями перхлорной кислотой судили о степени деградации РНК в рибосомах. Из полученных данных видно (табл. 2), что в рибосомах цинкдефицитных растений РНК была значительно деградирована. Степень ее деградации в рибосомах корней составляла 75%, в рибосомах листьев — 32%.

Тенденция к снижению РНК в рибосомах цинкдефицитных растений вызывала смещение соотношения РНК к белку в сторону последнего (табл. 3), в результате чего отношение РНК/белок уменьшалось, особенно в рибосомах корней. Это подтверждало зависимость накопления РНК от обеспеченности растений цинком.

Ранее в аналогичных условиях опыта отмечалось [4], что у обогащенной рибосомами фракции цинкдефицитных растений

Таблица 2

РНК рибосом листьев и корней фасоли после экстракции холодной и горячей перхлорной кислотой на фоне цинка и при его исключении из питательной среды

Вариант опыта	РНК, экстрагируемая холодной HClO_4 , мг/мл	РНК, экстрагируемая горячей HClO_4 , мг/мл	Разрушение РНК, %
Рибосомы корней			
Среда Гельригеля + Zn	$0,85 \pm 0,05$	$3,48 \pm 0,14$	24,42
То же — Zn	$1,47 \pm 0,26$	$1,95 \pm 0,20$	75,39

Рибосомы листьев			
Среда Гельригеля + Zn	$3,31 \pm 0,09$	$25,34 \pm 2,42$	13,06
То же — Zn	$5,70 \pm 0,35$	$17,37 \pm 0,25$	32,81

Таблица 3

Содержание РНК и белка в рибосомах листьев и корней фасоли цинкообеспеченных и дефицитных растений

Вариант опыта	РНК, %	Белок, %	РНК/белок
Рибосомы корней			
Среда Гельригеля + Zn	$47,70 \pm 2,01$	$52,30 \pm 2,01$	0,91
То же — Zn	$30,49 \pm 1,74$	$69,51 \pm 1,74$	0,44

Рибосомы листьев			
Среда Гельригеля + Zn	$48,53 \pm 0,79$	$51,47 \pm 0,79$	0,94
То же — Zn	$44,40 \pm 1,98$	$55,60 \pm 1,62$	0,80

по сравнению с другими органоидами отмечаются наиболее высокая РНК-азная активность и более резкое снижение суммарного содержания РНК и белка.

Полученные данные позволяют предположить, что уменьшение ВП РНК в условиях недостатка цинка в значительной степени обусловлено ее деградацией вследствие высокой РНК-аз-

ной активности и, возможно, большей подверженности молекул РНК действию фермента из-за разрушения полисом при воздействии неблагоприятных факторов среды [5]. Снижение содержания НП РНК в наших опытах также коррелировало с высокой рибонуклеазной активностью.

О качественных изменениях РНК при дефиците цинка судили по данным нуклеотидного состава. Исследования показали, что нуклеотидный состав тотальной РНК цинкообеспеченных и дефицитных растений не изменялся. В нуклеотидном составе ВП РНК (табл. 4) недостаток цинка вызывал снижение молярного процента адениловой и уридиловой кислот, вследствие чего коэффициент специфичности $\frac{\Gamma + \text{Ц}}{\text{А} + \text{У}}$ несколько возрастал. Снижение суммы $\text{А} + \text{У}$ в нуклеотидном составе ВП РНК при дефиците цинка, возможно, сказывалось на биохимических свойствах РНК и связанного с ней синтеза белка, а также других органических соединений.

Таблица 4

Нуклеотидный состав высокополимерной РНК листьев фасоли при недостатке цинка в питательной среде

вариант опыта	Содержание нуклеотидов, мол. %				Пурины Пири- мидины	$\frac{\Gamma + \text{У}}{\text{А} + \text{Ц}}$	$\frac{\Gamma + \text{Ц}}{\text{А} + \text{У}}$
	Ц	А	Г	У			
Среда Гель-ригеля + Zn	29,76 ± 0,85	22,37 ± 1,19	25,92 ± 0,09	21,95 ± 1,04	0,93	0,94	1,25
То же — Zn	32,34 ± 1,42	20,85 ± 0,92	26,33 ± 0,97	20,86 ± 0,84	0,89	0,89	1,40

Примечание. А — адениловая, Г — гуаниловая, Ц — цитидиловая, У — уридиловая кислоты.

В последнее время высказывается предположение [8], что цинку принадлежит исключительная роль в образовании третичной и четвертичной структуры цитоплазматических рибосом и что его недостаток вызывает их деградацию и полное исчезновение. Возможно, что полученные в наших опытах деградация р-РНК и снижение ее содержания, коррелирующие с высокой РНК-азной активностью и падением синтеза белка в рибосомальной фракции, также является следствием деградации рибосом в условиях дефицита цинка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борщенко Г. П. Белоксинтезирующая система корней гороха при борной недостаточности. — В кн.: Физиологическая роль микроэлементов у растений. Л., 1970, с. 65—66.
2. Ванюшин Б. Ф. Определение нуклеотидного состава нуклеиновых кислот. — В кн.: Современные методы в биохимии. М., 1964, с. 236—250.

3. Пилипенко Т. И. Вплив дефіциту цинку на вміст фосфорних сполук та білка у цитоплазматичних структурах рослин квасолі. — «Вісник Харьк. ун-ту», 1971, № 69. Біологія, вип. 3, с. 55—58.
4. Пилипенко Т. И. Содержание суммарной РНК и РНК-азная активность цитоплазматических структур растений фасоли при дефиците цинка. — «Реф. информ. Биология», 1971, № 5, с. 11.
5. Сатарова Н. А. Рибосомы и полирибосомы растительных клеток. — В кн.: Хлоропласты и митохондрии. М., 1969, с. 278—288.
6. Спирин А. С. Спектрофотометрическое определение суммарного количества нуклеиновых кислот. — «Биохимия», 1958, т. 23, № 5, с. 656.
7. Федина А. Б., Кулаева О. Н. Условия выделения рибонуклеиновой кислоты из проростков и листьев растений. — «Физиология растений», 1966, т. 13, № 2, с. 368—373.
8. Judith A., Prasc et al. Role for zinc in the structural integrity of the cytoplasmic ribosomes of *Euglena gracilis*. — «Plant Physiol.», 1971, vol. 48, p. 150—155.
9. Kessler B., Monselise S. P. Studies on ribonuclease, ribonucleic acid, protein synthesis in healthy and zinc-deficient citrus leaves. — «Physiol. Plantarum», 1959, vol. 12, p. 11—7.
10. Price C. A. RNA synthesis zinc deficiency and the kinetics of growths. — «Plant Physiol.», 1962, vol. 37, p. 21.
11. Wacker W. E. C. Nucleic acids and metals. III. Changes in nucleic acid, protein and metal content as a consequence of zinc deficiency in *Euglena gracilis*. — «Biochem.», 1962, vol. 1, p. 5.

УДК 581.133

В. А. ЗАХАРЧИШИНА, канд. биол. наук

ВЛИЯНИЕ НЕДОСТАТКА ЦИНКА НА АКТИВНОСТЬ КАРБОАНГИДРАЗЫ В ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ЯЧМЕНЯ

Значение цинка в жизнедеятельности растений, его участие в окислительно-восстановительных процессах и в ряде звеньев биохимических реакций доказано многими исследователями [1, 10 и др.].

Цинк является активатором или компонентом ряда ферментов [1, 9], в частности он входит в активный центр карбоангидразы, катализирующей обратимый процесс гидратации CO_2 [8, 11]. Разработаны методы получения активных препаратов растительной карбоангидразы, ее функций и локализации в клетке [4, 12]. Однако по сравнению с карбоангидразой животных у растений она изучена недостаточно. Данные об активности ее в растениях ячменя, выращенного при недостатке цинка, в литературе нами не обнаружены.

Предлагаемая работа посвящена изучению активности карбоангидразы (4.2.1.1, карбонат гидролазы) в цитоплазматических структурах листьев ячменя Южный при недостатке цинка.

Растения выращивали в лабораторных условиях на водной питательной среде по методике [3], опытный вариант — Zn , контроль — $+\text{Zn}$. Исследовались хлоропласты и гомогенаты листьев ячменя разного возраста и при разной длительности

Таблица 1

Активность карбоангидразы в хлоропластах и листьях верхнего яруса растений ячменя Южный, выращенных при недостатке цинка в питательной среде *

Вариант опыта	Продолжительность недостатка цинка, дни	Активность карбоангидразы в условных единицах по реакции гидратации CO_2	
		Листья	Хлоропласты
Среда Гельригеля + Zn (контроль)	10	$0,133 \pm 0,02$	$1,475 \pm 0,05$
Среда Гельригеля — Zn (опыт)	10	$0,055 \pm 0,02$	$0,458 \pm 0,02$
Опыт, % к контролю	—	42,10	31,00
Среда Гельригеля + Zn (контроль)	20	$0,124 \pm 0,02$	$1,464 \pm 0,04$
Среда Гельригеля — Zn (опыт)	20	$0,042 \pm 0,01$	$0,350 \pm 0,03$
Опыт, % к контролю	—	33,97	24,59

* Результаты исследования статистически достоверны, $P < 0,01$.

Таблица 2

Активность карбоангидразы у хлоропластов и листьев разного возраста ячменя Южный, выращенных при недостатке цинка в питательной среде *

Вариант опыта	Возраст растений, дни	Активность карбоангидразы в условных единицах по реакции гидратации CO_2	
		Листья	Хлоропласты
Среда Гельригеля + Zn (контроль)	15	$0,149 \pm 0,03$	$1,413 \pm 0,06$
Среда Гельригеля — Zn (опыт)	15	$0,074 \pm 0,02$	$0,372 \pm 0,02$
Опыт % к контролю	—	49,66	27,00
Среда Гельригеля + Zn (контроль)	50	$0,057 \pm 0,03$	$0,083 \pm 0,03$
Среда Гельригеля — Zn (опыт)	50	$0,032 \pm 0,03$	$0,042 \pm 0,02$
Опыт, % к контролю	—	56,14	50,60

* Результаты исследований статистически достоверны, $P < 0,001$.

цинкового голодания. Хлоропласты выделяли методом дифференциального центрифугирования [5].

Активность карбоангидразы определяли по реакции гидратации CO_2 фотоэлектрометрическим методом [7] и выражали в условных единицах по формуле $A = (R_0 - R) : R$, где R_0 , R — продолжительность контрольной и катализируемой карбоангидразной реакции, с.

Данные (табл. 1—3) показывают, что карбоангидразная активность изменяется в ходе вегетации ячменя; она более высока в молодых листьях; это же отмечено на других растениях [2, 6]. С возрастом ферментативная активность растений уменьшается (табл. 2), особенно в варианте — Zn; в старых, начинающих желтеть листьях ее активность крайне низкая.

Как и следовало ожидать, недостаток цинка в питательной среде вызывает снижение активности карбоангидразы в исследуемых объектах (табл. 1—3). Эти отклонения довольно значительны уже при 10-дневном голодании (табл. 1), когда внешние изменения у растений еще не обнаруживаются. Более длительное цинковое голодание (20-дневное) усугубляет возникшие изменения в активности фермента.

Таблица 3

Карбоангидразная активность у хлоропластов и листьев разных ярусов вдоль стебля растений ячменя в фазе колошения, выращенных при недостатке цинка в питательной среде *

Вариант опыта	Активность карбоангидразы в условных единицах по реакции гидратации CO_2		
	Листья по ярусам		
	Нижние	Средние	Верхние
Среда Гельригеля + Zn (контроль)	$0,043 \pm 0,01$	$0,207 \pm 0,03$	$0,411 \pm 0,04$
Среда Гельригеля — Zn (опыт)	$0,026 \pm 0,01$	$0,093 \pm 0,02$	$0,157 \pm 0,02$
Опыт, % к контролю	60,46	44,92	38,19
	Хлоропласты		
	Нижние	Средние	Верхние
	Нижние	Средние	Верхние
Среда Гельригеля + Zn (контроль)	$0,253 \pm 0,02$	$0,936 \pm 0,03$	$1,134 \pm 0,06$
Среда Гельригеля — Zn (опыт)	$0,079 \pm 0,02$	$0,178 \pm 0,02$	$0,206 \pm 0,02$
Опыт, % к контролю	31,22	19,00	18,16

* Результаты исследований статистически достоверны, $P < 0,01$.

Данные табл. 1—3 свидетельствуют о более высокой карбоангидразной активности в хлоропластах по сравнению с экстрактами из листьев. Эти, а также полученные нами ранее данные о снижении циклического фотосинтетического фосфолирования в хлоропластах ячменя [3] при дефиците цинка косвенно доказывают то, что фермент сосредоточен главным образом в структурах. Высказанное предположение подтверждается другими авторами, показавшими, с одной стороны, наличие цинка в активном центре карбоангидразы [8] и корреляции между активностью фермента с содержанием цинка в растениях [9], с другой — функциональную роль карбоангидразы в процессе фотосинтеза [11]. Итак, исключение цинка из питательной среды снижает активность карбоангидразы в хлоропластах и листьях 10-, 20- и 50-дневных растений ячменя, которая проявляется в большей степени с возрастом растения и при длительной цинковой недостаточности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власюк П. А., Рудакова Э. В. Физиология и биохимия микроэлементов в растениях. — «Физиология и биохимия культурных растений», 1969, т. 1, № 1, с. 61—72.
2. Гунар Н. Н., Крастина Е. Е. К вопросу об активности карбоангидразы в растениях. — «Доклады АН СССР», 1952, т. 83, № 1, с. 161.
3. Захарчишина В. О., Ключко О. М. Фотосинтетичне фосфорилування в хлоропластах ячменю, вирощуваного в умовах нестачі цинку. — «Вісник Харк. ун-ту», 1971, № 69. Біологія, вип. 3, с. 66—69.
4. Косицын А. В., Игошина Т. Н. Цинк в растворимых белках хлоропластов томата. — «Физиология растений», 1971, т. 8, № 6, с. 1113.
5. Сисакян Н. Н., Кобякова А. М., Филиппович И. И. АТФ-аза протоплазматических структур растений. — «Биохимия», 1963, т. 28, № 6, с. 1011—1017.
6. Сруогините А. В., Шпокене А. П. К вопросу об активности карбоангидразы в растениях. — «Физиология растений», 1969, т. 16, № 1, с. 143—145.
7. Сруогините А. В., Шпокене А. П. Определение активности карбоангидразы фотоелектрометрическим методом. — «Труды АН Лит. ССР», 1967, т. 3 (44), сер. В, с. 139—146.
8. Сруогините А. В. Карбоангидразная активность легкорастворимых белков листьев растений, разделенных электрофорезом в полиакриламидном геле. — «Физиология растений», 1972, т. 19, № 6, с. 1146—1151.
9. Чернавина И. А. Физиология и биохимия микроэлементов. М., «Высшая школа», 1970, с. 133—145.
10. Школьник М. Я., Парибок Т. А., Давыдов В. Н. Физиологическая роль цинка у растений. — «Агрохимия», 1967, № 5, с. 133—147.
11. Nelson E. B., Cenedella A., Tolbert N. E. Carbonic anhydrase levels in *Chlamydomonas*. — «Phytochemistry», 1969, vol. 8, N 12, p. 2305—2306.
12. Wood J. G., Sibly P. M. Carbonic anhydrase activity in plants in relation to zinc content. — «Austral. J. Sci. Res.», ser. B, 1952, vol. 5, p. 244.

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ВИКИ
МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА АКТИВНОСТЬ АЛЬДОЛАЗЫ**

В связи с тем, что альдолаза из различных источников испытывает неодинаковую потребность в кофакторах, Ратер [6] разделил ее на два типа. Альдолаза I (примером ее может служить альдолаза мышц) не требует для активирования двухвалентных металлов (Zn и Fe) и не ингибируется ЭДТА. Альдолаза II (прототипом ее может являться альдолаза дрожжей) нуждается в двухвалентных металлах как в кофакторах, активируется K или NH_4 и ингибируется ЭДТА. По данным Штампф [7], альдолаза семян гороха не чувствительна к хелатирующему агенту ЭДТА и может быть отнесена к типу III или к варианту типа I.

Данных об изменении активности альдолазы в связи с питанием растений макро- и микроэлементами недостаточно. Хсио [3] сообщает о снижении активности альдолазы при калийном голодании кукурузы. По данным [2], активность альдолазы листьев лимона сильно снижалась при дефиците кальция и серы и слегка — при недостатке азота, фосфора и магния. Активность альдолазы при недостатке железа и цинка имела промежуточные показатели. Квинланом-Уотсоном [5] установлено, что активность альдолазы клевера и овса снижалась при дефиците цинка и не изменялась при недостатке меди. О'Саливен [4] предлагает использовать альдолазу в качестве теста на недостаточность цинка у некоторых видов растений. Нами [1] показано, что оптимальные, умеренно избыточные и избыточные дозы бора у подсолнечника приводили к повышению активности альдолазы по сравнению с бордефицитными растениями.

В данной работе приводятся данные о действии предпосевного обогащения семян вики растворами цинка, кобальта, молибдена и бора (порознь и совместно) на активность фруктозодифосфатальдолазы (4.1.2.13) в листьях растений полевой культуры и у 10-дневных проростков.

Семена вики (сорт Харьковская 134) перед посевом временно обрабатывали растворами солей микроэлементов путем погружения на мелком сите на 5 мин с последующим подсушиванием до воздушно-сухого состояния. Оптимальные концентрации солей микроэлементов (ZnSO_4 — 0,08, CoSO_4 — 0,01, $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ — 0,2; H_3BO_3 — 0,05%) были установлены в лабораторных опытах (проращивание серий обработанных семян по 100 штук в чашках Петри), которые показали увеличение энергии прорастания и всхожести семян определяемых соответственно на третьи и десятые сутки прорастания. Для получения

субклеточных структур из листьев (второй лист от верхушки) или из целых проростков брали навеску 4—5 г, охлаждали 1 ч в холодильнике и растирали на холоду с 15—20 мл 0,05 М Трис буфера рН 7,5. Гомогенат отжимали через три слоя капрона, и фильтрат центрифугировали на холоду при 1000 g 5 мин для освобождения гомогената от клеточных стенок и неразрушенных частей. Для получения хлоропластов надосадочную жидкость центрифугировали при 3000 g 15 мин. Фракцию митохондрий осаждали 20 мин при 16 тыс. g. Активность альдолазы определяли во фракциях хлоропластов, митохондрий и в надосадочной жидкости после осаждения митохондрий.

В основу метода определения активности фермента положена способность 2,4-динитрофенилгидразина образовывать со свободными фосфотриозами окрашенные в щелочной среде гидразоны. Реакционная смесь для каждого определения наряду с опытным образцом включала и контрольный (образец «нулевого» времени). Реакционная смесь опытного образца состояла из 0,5 мл 0,5%-ного NaHCO_3 , 0,1 мл 0,22 М гидразинсульфата, 0,2 мл ферментатического экстракта (надосадочной жидкости или суспензии фракций субклеточных структур), 0,1 мл 0,02 М раствора фруктозо-1,6-дифосфата. Смесь инкубировали 20 мин при 37°C, а затем для остановки реакции прибавляли 1 мл 10%-ного раствора ТХУ. Реакционная смесь образца нулевого времени ставилась одновременно с опытной и была одинаковой по составу, но без раствора фруктозо-1,6-дифосфата, который прибавлялся сразу после инкубации перед внесением ТХУ. Затем опытная смесь и смесь нулевого времени (контроль) охлаждали 10 мин и профильтровывали через бумажный фильтр. Для определения количества фосфотриоз брали части фильтрата (0,2—0,4 мл), приливали к ним 0,5 мл 3%-ного NaOH и оставляли на 10 мин, после чего прибавляли 0,5 мл 0,1%-ного 2,4-динитрофенилгидразина в 2N HCl. По истечении 10 мин к смеси прибавляли 3 мл 3%-ного раствора NaOH и сразу же измеряли оптическую плотность на ФЭК-М при E_{540} нм, причем из оптической плотности опытной пробы вычитали оптическую плотность пробы нулевого времени. Активность альдолазы за 20 мин выражали в условных единицах $E_{\text{опыт}} - E_{\text{контр}}$ на 1 мг белка реакционной смеси, который определяли по Лоури.

Данные табл. 1 показывают, что в надосадочной жидкости 10-дневных проростков вики, выросших в чашках Петри в лабораторных условиях из семян обработанных микроэлементами, активность альдолазы ниже, чем у проростков, обработанных водой. Возможно, это объясняется тем, что в начальный период роста проростков создаются условия некоторой избыточности микроэлементов в связи с освобождением собственного запаса микроэлементов семени и дополнительным поступлением их извне.

Таблица 1

Влияние предпосевной обработки семян вики микроэлементами на активность альдолазы надосадочной жидкости 10-дневных проростков

Вариант	$E_{\text{опыт}} - E_{\text{контр}}$	Активность альдолазы усл. ед./мг белка
Вода (контроль)	$0,361 \pm 0,0$	0,325
ZnSO ₄	$0,312 \pm 0,008$	0,321
CoSO ₄	$0,255 \pm 0,0$	0,276
Вода (контроль)	$0,232 \pm 0,004$	0,292
(NH ₄) ₂ MoO ₄	$0,250 \pm 0,0$	0,272
Вода (контроль)	$0,260 \pm 0,011$	0,404
H ₃ BO ₃	$0,182 \pm 0,006$	0,301

Многократные определения последствий обработки семян вики микроэлементами на активность альдолазы в субклеточных структурах листьев растений, выросших из этих семян в полевых условиях на темно-серой оподзоленной почве Ботанического сада ХГУ показали другие результаты.

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян вики яровой на активность альдолазы в фракциях хлоропластов и митохондрий вторичных листьев растений в фазе цветения

Вариант	$E_{\text{опыт}} - E_{\text{контр}}$	Активность альдолазы, усл. ед./мг белка
Фракция хлоропластов		
Вода (контроль)	$0,126 \pm 0,005$	0,851
CoSO ₄	$0,162 \pm 0,004$	1,100
H ₃ BO ₃	$0,134 \pm 0,004$	1,560
Смесь (Co, B, Zn, Mo)	$0,162 \pm 0,006$	1,300
Вода (контроль)	$0,180 \pm 0,006$	1,200
ZnSO ₄	$0,111 \pm 0,005$	0,828
(NH ₄) ₂ MoO ₄	$0,148 \pm 0,004$	1,040
Фракция митохондрий		
Вода (контроль)	$0,340 \pm 0,002$	0,468
ZnSO ₄	$0,350 \pm 0,010$	0,504
(NH ₄) ₂ MoO ₄	$0,362 \pm 0,011$	0,650
Смесь (Co, B, Zn, Mo)	$0,302 \pm 0,008$	0,553
Вода (контроль)	$0,358 \pm 0,005$	0,494
CoSO ₄	$0,582 \pm 0,006$	0,655
H ₃ BO ₃	$0,390 \pm 0,007$	0,550

Как видно из табл. 2, предпосевная обработка семян вики кобальтом, бором и смесью микроэлементов (B, Zn, Co, Mo) стимулирует активность альдолазы в хлоропластах. Во фракции митохондрий из листьев активность альдолазы также повышается после обработки всеми четырьмя микроэлементами

(порознь и совместно). Что касается надосадочной жидкости листьев, то активность фермента заметно возрастала под влиянием обработки семян бором, цинком и кобальтом (табл. 3).

Таблица 3

Последствие предпосевной обработки семян вики яровой микроэлементами на активность альдолазы в надосадочной жидкости вторичных листьев в фазе цветения и семян в фазе восковой спелости

Вариант	$E_{\text{опыт}} - E_{\text{контр}}$	Активность альдолазы усл. ед./мг белка
Листья		
Вода (контроль)	$0,318 \pm 0,006$	0,214
H_3BO_3	$0,343 \pm 0,000$	0,232
$ZnSO_4$	$0,345 \pm 0,000$	0,229
$CoSO_4$	$0,364 \pm 0,008$	0,242
Вода (контроль)	$0,321 \pm 0,010$	0,214
$(NH_4)_2 MoO_4$	$0,318 \pm 0,003$	0,213
Смесь (Co, B, Zn, Mo)	$0,337 \pm 0,002$	0,194
Семена		
Вода (контроль)	$0,230 \pm 0,006$	0,201
$CoSO_4$	$0,228 \pm 0,008$	0,201
$ZnSO_4$	$0,250 \pm 0,005$	0,230
H_3BO_3	$0,248 \pm 0,012$	0,177
Вода (контроль)	$0,221 \pm 0,010$	0,193
$(NH_4)_2 MoO_4$	$0,225 \pm 0,006$	0,256
Смесь (Co, B, Zn, Mo)	$0,271 \pm 0,004$	0,333

Активность альдолазы семян в фазе восковой спелости заметно повышалась под влиянием цинка, молибдена и смеси микроэлементов. Предпосевная обработка семян вики бором привела к ускоренному созреванию семян в конце вегетации, в связи с чем они с трудом измельчались и, вероятно, поэтому имели самую низкую активность альдолазы. Опыты также показали, что предпосевная обработка семян кобальтом, цинком, молибденом и бором положительно повлияла на всхожесть семян и на выживаемость растений. Наибольшую прибавку урожая зеленой массы вики дала обработка семян кобальтом и молибденом. При обработке семян бором и цинком прибавки урожая были менее значительными.

Таким образом, активность альдолазы может служить критерием потребности растений в дополнительном обогащении микроэлементами через посевной материал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тімашов М. Д. Вплив бору на активність альдолази в первинних листках соняшника. «Вісник Харк. ун-ту», 1973, № 89. Біологія, вип. 5, с. 73—75.

2. Bar-Akiva A., Sagiv J., Hasdai D. Effekt of mineral deficiencies and other co-faktor on the aldolase enzyme activity of Citrus leaves. «Physiol. plant.», 1971, vol. 25, p. 386—390.
3. Hsiao Th., Hageman R. H., Tyner E. H. Effekt of potassium nutrition on protein and total free amino acid in Zea mays. 2. — «Crop. Sci.», 1970, vol. 10, p. 78—82.
4. O'Sullivan M. Aldolase activity in plants as an indicator of zinc deficiency. — «J. Sci. Food Agric.», 1970, vol. 21, p. 607—609.
5. Quilan-Watson F. The effect of zinc deficiency on the aldolase activity in the leaves of Oats and Clover. — «Biochem. J.», 1953, vol. 53, p. 457—460.
6. Rutter W. J. Evolution of aldolase. — «Fed. Proc.», 1964, vol. 23, p. 1248—1257.
7. Stumpf P. K. Carbohydrate metabolism in higher plants. I. Pea aldolase. — «J. Biol. Chem.», 1948, vol. 176, p. 233—241.

УДК 581.176 : 547.965

А. П. РОМАНЦОВ

ВЛИЯНИЕ БОРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В БЕЛКАХ КЛЕТОЧНЫХ СТЕНОК ПОДСОЛНЕЧНИКА

Исключение бора из питательной среды, на которой выращивается растение, существенно влияет на его рост и развитие. При этом происходит нарушение структурной и функциональной организации клетки, приводящее к ее гибели. Изучение обмена веществ у двудольных и однодольных растений позволит выявить причины различной потребности растений в боре [7]. Имеются данные о динамике свободных и связанных аминокислот в связи с борным питанием у ячменя [1]. Изучено влияние бора на качественный состав, количественное содержание свободных аминокислот и включение C^{14} -тирозина в белки у подсолнечника [6]. Радиоавтографическими методами установлено влияние борной недостаточности на аминокислотный состав белков клеточных стенок у полевого боба [10]. Нами изучено влияние борной недостаточности на количественное содержание пролина и оксипролина в белках клеточных стенок подсолнечника. Настоящая работа продолжает ранее начатое изучение азотного обмена в клеточных стенках у подсолнечника при исключении бора из питательной среды [4].

Методика. Семена подсолнечника ВНИИМК-6540 проращивали во влажном песке. Трехсуточные проростки переносили на полный питательный раствор [5] для выравнивания роста растений. По истечении четырех суток питательный раствор меняли на свежеприготовленный. У опытных растений исключали бор. В качестве контрольных растений использовали растения, выращенные на полной питательной смеси. Для выделения клеточных стенок методом центрифугирования в градиенте плотности сахарозы [4, 8] брали первичные листья с почками роста на третий день после исключения из питательной среды бора, т. е. в период начала задержки роста первичных листьев. Кле-

точные стенки корней выделяли по методу Гизен и Кламбта [9] через сутки после исключения бора из питательного раствора. Для анализа использовали белки, оставшиеся в структуре клеточных стенок после обработки 90%-ной муравьиной кислотой при 100°C в течение часа. Разложение белка проводили гидролизом в 6н. растворе HCl 24 часа при 105°C в запаянных ампулах. Количественное и качественное определение аминокислот в гидролизате осуществлялось методом распределительной хроматографии на бумаге [2]. Аминный азот в гидролизате белков клеточных стенок определяли по методу Починка [3].

Результаты исследований показали, что аминокислотный состав белков клеточных стенок подсолнечника, выращиваемого на питательной среде с бором, отличается от опытных растений (табл. 1). Как видно из табл. 1, общая сумма аминокислот

Таблица 1

Влияние борной недостаточности на содержание аминокислот в белках клеточных стенок подсолнечника, мкг на 100 мг сухого вещества клеточных стенок

Аминокислоты	Первичные листья с почками роста		Корни	
	с бором	без бора	с бором	без бора
Лейцины	23,6±0,002	36,7±0,002	48,0±0,003	30,3±0,066
Фенилаланин	—	—	15,1±0,001	45,6±0,002
Валин + метионин	18,3±0,007	23,2±0,015	19,1±0,003	15,6±0,002
Тирозин	79,2±0,002	68,4±0,002	325,0±0,006	241,2±0,001
Аланин	36,3±0,022	41,2±0,017	35,4±0,003	32,2±0,004
Треонин	57,8±0,005	70,2±0,010	93,5±0,012	64,5±0,027
Глютаминовая кислота	32,6±0,032	40,0±0,010	54,7±0,003	50,8±0,008
Глицин	25,4±0,013	30,4±0,007	26,5±0,009	26,2±0,006
Серин	37,7±0,010	30,6±0,004	32,9±0,010	35,7±0,016
Аспарагиновая кислота	13,5±0,005	130,6±0,004	51,8±0,003	40,4±0,024
Аргинин	3,7±0,017	7,1±0,002	30,6±0,013	23,9±0,002
Гистидин	40,4±0,004	50,0±0,002	54,6±0,033	49,3±0,009
Лизин	3,6±0,001	5,4±0,001	8,3±0,002	10,5±0,002
Цистеин	38,4±0,004	14,9±0,031	22,5±0,004	21,6±0,004
Сумма	416,5	548,7	818,0	687,8

у опытных растений выше, чем у контрольных. Количественные соотношения отдельных аминокислот показывают, что в опытных растениях по сравнению с контрольными обнаруживается значительное увеличение всех аминокислот, за исключением тирозина, серина и цистеина.

Обратная зависимость в содержании общей суммы аминокислот у контрольных и опытных растений наблюдается в корнях подсолнечника. В опытных растениях обнаружено увеличе-

ние количества лишь трех аминокислот: фенилаланина, серина и лизина. Увеличение в белках клеточных стенок первичных листьев подсолнечника пролина и оксипролина отмечено ранее [4].

Определение аминного азота в белках клеточных стенок первичных листьев с почками роста подсолнечника показало более высокое содержание в опытном варианте, чем в контроле (табл. 2). В белках клеточных стенок корней подсолнечника содержание аминного азота было несколько выше в контрольном варианте по сравнению с опытным.

Таблица 2

Содержание аминного азота в гидролизате белков клеточных стенок из первичных листьев и корней подсолнечника, мкг на 100 мг сухого вещества клеточных стенок

Вариант	Количество аминного азота	
	Листья	Корни
С бором	$2,16 \pm 0,04$	$2,08 \pm 0,15$
Без бора	$2,69 \pm 0,04$	$1,93 \pm 0,10$

Сопоставляя полученные данные с результатами аналогичных исследований клеточных стенок, можно предположить, что, как у однодольных — ячменя (на третьей стадии развития) [1], так и у двудольных — подсолнечника и бобовых (в начале развития) [10] увеличивается содержание большинства аминокислот при исключении бора из питательной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова Л. С. Динамика свободных и связанных аминокислот в онтогенезе ячменя в связи с борным питанием. Автореф. канд. дис. Ленинград. — Пушкин, 1971. 24 с.
2. Пасхина Т. С. Количественное определение аминокислот при помощи хроматографии на бумаге. — В кн.: Современные методы в биохимии. М., 1964, с. 162—180.
3. Починок Х. Н. Определение в растениях аминного азота нингидриновым реактивом нового состава. — «Физиология и биохим. культ. растений», 1972, т. 4, в. 1, с. 101—104.
4. Романцов А. П. Влияние бора на содержание пролина и оксипролина в белках клеточных стенок первичных листьев подсолнечника. — «Вестник Харьк. ун-та», 1973, № 89. Биология, вып. 5, с. 75—77.
5. Тимашов Н. Д., Волкова В. С. Влияние недостатка бора на включение S^{35} -метионина в белки цитоплазматических структур подсолнечника. — «Науч. докл. высшей школы. Биол. науки», 1967, т. 4, с. 93—96.
6. Шерстнев Е. А., Куриленок Г. В. Влияние бора на качественный состав и количественное содержание свободных аминокислот и включение S^{14} -тирозина в белки у подсолнечника. — В кн.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Киев, 1963, с. 83—86.

7. Школьник М. Я. Физиологическая роль бора у растений в свете новейших данных. — В кн.: Физиологическая роль микроэлементов у растений. Л., 1970, с. 3—21.
8. Bean R. C., Ordin L. A study of procedures for isolation and tractionation of plant cell walls. — «Anal. Biochem.», 1961, vol. 2, N 5, p. 544—557.
9. Giesen M., Klämbt D. Untersuchungen zur Beeinflussung des Prolin-Einbaues in Proteine durch Auxin und Hydroxyprolinin in Weizenkoleoptilcylinder. — «Planta», 1969, Bd 85, H 1, S. 73—84.
10. Slack C. R., Whittington W. I. The Role of Boron in Plant Growth. — «J. of Exper. Bot.», 1964, vol. 15, N 45, p. 495—515.

УДК 632.938+576.312

Т. В. ЯРОШЕНКО, д-р биол. наук

РЕАКЦИИ ЯДРА КЛЕТКИ КАК ВЫРАЖЕНИЕ ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ

Защитные средства растений на внедрение инфекционных гиф в их ткани очень разнообразны. В основном это реакции на внедрение, происходящие в цитоплазме. Менее всего изучены реакции, связанные с ядром клетки. Однако именно ядра обладают структурными белками, роль которых велика в передаче наследственной информации и в иммунитете растений. На своеобразную роль ядер растительной клетки во взаимоотношениях с патогенными микроорганизмами впервые обратил внимание Н. Бернард [18], а несколько позже — акад. В. Л. Комаров [7] при исследовании эндофитной микоризы и описали как явление фагоцитоза. В клетках орхидей, зараженных грибом *Rhizoctonia*, ядра значительно крупнее, чем в соседних незараженных клетках. При обволакивании и переваривании грибных гиф ядро принимало неправильную форму и становилось амёбовидным, зернистым. Зернинки хроматина очень ярко окрашивались гематоксилином по сравнению с хроматином ядер клетки, где гифы гриба отсутствовали. Когда процесс фагоцитоза заканчивался, ядро снова принимало прежнюю форму.

Н. И. Вавилов [1] отмечал, что реакции, описанные Н. Бернардом и В. Л. Комаровым [7, 18], вероятно, возможны лишь в случае микоризы; в отношении иммунитета растений такие реакции неизвестны. Лишь в 1951 г. Э. Гойман [2] описывает явление фагоцитоза как защитную реакцию. Ядро устремляется навстречу внедряющемуся грибу, притягивается к повреждению как к месту наибольшей физиологической активности, приближается к гифе, сплющивается и разбухает вдвое. Увеличивается и ядрышко. О судьбе гифы, вступающей в антагонистические отношения с ядром, ничего не сказано. Указано лишь, что ядро пораженной клетки через несколько дней теряет свою хроматиновую сеть, а затем дегенерирует, превращаясь в гомогенную равномерно окрашивающуюся массу. Такая реакция отмечена для ядер клеток кукурузы, зараженной *Gibberella saubineti* и пшеницы, пораженной *Puccinia trititica*.

Нами исследовалось влияние микроэлементов на повышение устойчивости пшеницы сорта Артемовка к твердой головне. При гистологическом анализе состояния возбудителя твердой головни (*Tilletia tritici*) в тканях растений, получавших медь, цинк, бор и марганец, нами обнаружены необычные взаимоотношения мицелия гриба с ядром клетки растения-хозяина. В варианте с сернокислой медью часто отмечалось взаимодействие мицелия и ядра. При тесном контакте гифы в месте соприкосновения с ядром клетки сильно изъязвлена. Оболочка ее местами

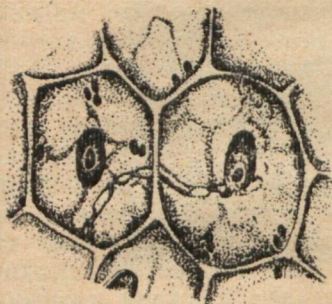


Рис. 1. Дегенерация мицелия *Urocystis occulta* Rab. под влиянием ядра клетки. Увеличение $\times 900$.

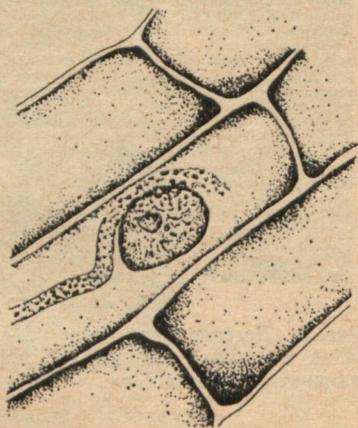


Рис. 2. Распад гифы *Tilletia tritici* Wint., соприкасающейся с ядром. Увеличение $\times 900$.

лизирована. Вся остальная часть гифы вакуолизирована, плазма — в состоянии лизиса [13].

Позднее [16, 17] цинк повысил устойчивость ржи Петкуская к стеблевой головне в 5,5 раза, т. е. значительно больше, чем другие микроэлементы. Гистологическое изучение состояния мицелия *Urocystis occulta* в тканях ржи, получавшей цинк, показало, что при контакте мицелия-возбудителя с ядром клетки растения-хозяина дегенерация и лизис особенно интенсивны в этом мицелии (рис. 1). Ядро лишь немного увеличивалось. Возможно, что у ржи реакция ядра менее активна, чем у пшеницы.

Изучая состояние мицелия *Tilletia tritici* в тканях пшеницы Тимофеева с различной плоидностью [17] и предполагая различными их иммунологические свойства, мы обнаружили частые явления антагонизма ядра клетки и мицелия возбудителя твердой головни. Особенно интенсивны регрессивные изменения мицелия типа дегенерации и лизиса при контакте с ядром клетки меристематической ткани конуса нарастания отмечались

в тканях диплоидной пшеницы *Triticum monosocum* var. *hornemani* из популяции *Triticum Timopheevi* с 14 хромосомами и у *Triticum Timopheevi* с 28 хромосомами (рис. 2). Своеобразный фагоцитоз со стороны ядер клетки пшеницы Тимофеева (рис. 3) отмечает и И. В. Гречко [14]. Около ядра, как видно из рис. 3, в мицелии заметны остатки исчезающей комковатости и полулизированной протоплазмы. Конец гифы уже полностью

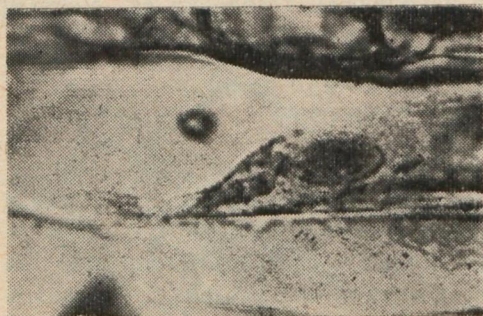


Рис. 3. Дегенерация гифы *Tilletia tritici* Wint. в тканях пшеницы Тимофеева под влиянием реакции ядра. Увеличение $\times 900$.

лизирован, но очертания гифы еще не стерты. В других участках полный распад заканчивается рассасыванием зернистости и полным исчезновением следов мицелия. Места, где еще недавно находились гифы гриба, могут быть обнаружены только с помощью мицелиальных красок. Данные [12, 14] подтверждают наши наблюдения и указывают на особенно четкое проявление реакции ядер в ткани иммунных растений.

Роль ядер в защитных реакциях растений на внедрение возбудителя пузырчатой головки кукурузы подтверждена П. И. Мещеряковой [8]. При гистологическом изучении состояния возбудителя пузырчатой головки в тканях растений кукурузы часто встречались препараты, где в клетках устойчивых растений ядра были плотно прижаты к мицелию. В некоторых случаях гифы как бы пронизывали ядро, которое в свою очередь изменяло форму и резкость контуров. В некоторых случаях ядро разбухало при соприкосновении с гифой, которая затем дегенерировала (рис. 4).

При изучении природы гипертрофированных разрастаний соцветий кукурузы, обусловленных интенсивностью развития гриба *Ustilago Reiliana* в тканях растения-хозяина, А. Н. Ивахненко [5] отмечает сближение ядра с гифой; в ядре не было заметных изменений, но в участке гифы, находившейся в контакте с ядром, постоянно резко выраженными были дегенерация мицелия с последующим лизисом. Этот же автор [6] при гистологическом исследовании состояния мицелия — *Sphacelotheca panici miliacei* в тканях растений проса, контрастных по устойчивости, отмечает развитие гиф мицелия в тесном контакте с ядром клетки растения-хозяина. При этом изменялась форма ядра (удлиненное, сплющенное, угловатое) и увеличивались его размеры. В соприкасающейся гифе отмечен лизис.

В процессе изучения взаимоотношений тканей ячменя с *Ustilago hordei* уже у 3—4-х дневных проростков В. Н. Понировским [11] были обнаружены реакции на внедрение паразита: увеличение почти в два раза размеров ядер клетки и их деформация в устойчивом сорте Харьковский 306, дегенерация гифы гриба. Влияние инфекции на ядра сказывается через слой более чем в 20 клеток [2].

Аналогичная картина наблюдалась в клетках растений ячменя при внедрении *Ustilago nigra* [3], в связи с чем гриб не за-

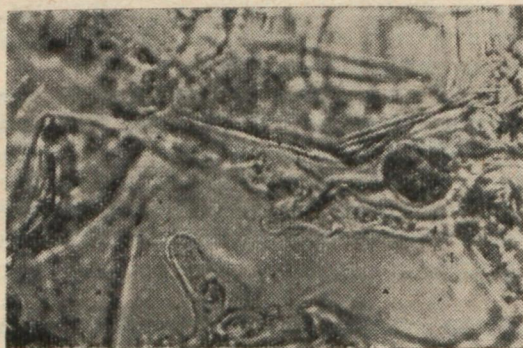


Рис. 4. Дегенерация и лизис мицелия *Ustilago Zeae* Beckm. в тканях кукурузы под влиянием реакции ядра. Увеличение $\times 900$.

канчивал цикл развития, и растения выколашивались здоровыми.

Приведенные выше данные касались в основном группы головневых заболеваний. Для установления общей закономерности реакций со стороны ядра клетки в защите от патогенов, относящихся к другим семействам и родам, необходимо более полно изучить указанные реакции. Таких данных в печати очень мало.

Реакция со стороны ядра клетки растений пшеницы по отношению к возбудителю бурой ржавчины *Puccinia triticina* описана Т. Н. Новиковой [9]. Гаустории этого гриба, охватывающие полукольцом ядро, находились в состоянии вакуолизации, а ядро увеличивалось в размерах.

В условиях различного питания растений ячменя, пораженного гельминтоспориозом (возбудитель *Helminthosporium gramineum*) ядра клеток толстостенной склеренхимной ткани устойчивого сорта активно реагируют на внедрение патогена. Как указывает В. С. Федоренко [15], это препятствует развитию гриба в сосудах ксилемы. Усиленное питание фосфорно-калийными удобрениями в сочетании с микроэлементами активизирует защитные реакции. Из-за прочности структуры меха-

нической ткани и реакций ядер этих клеток мицелий не способен выйти в эпидермальные клетки, где он обычно образует конидиеносцы. Реакция сверхчувствительности, при которой клеточные ядра активно реагируют на внедрение патогена, имеет место только в клетках механической ткани и паренхимы [10]. Отмеченные случаи проявления защитных реакций со стороны клеточных ядер у растений при внедрении патогена относятся к различным родам семейства Gramineae.

Можно согласиться с В. Л. Комаровым [7], что фагоцитарная способность свойственна не всем клеткам и тканям растений, а лишь некоторым, названным им клетками-фагоцитами, также, как фагоцитоз у животных организмов свойствен клеткам ретикуло-эндотелиальной ткани.

В отношении возбудителей головни зерновых культур (с почвенным типом заражения) — *Tilletia tritici*, *Tilletia contraversa*, *Sphacelotheca panici miliacei*, *Ustilago zeae*, *Ustilago hordei* — фагоцитоз ядер проявляется в меристематической ткани конуса роста ниже точки роста, т. е. ниже верхней делящейся клетки. Именно в этой ткани мы особенно часто наблюдали распад гиф не только в цитоплазме, но и в случае реакции со стороны ядер клетки.

При цветковом типе заражения головней пшеницы и ячменя *Ustilago tritici*, *Ustilago nuda*, *Ustilago nigra*, как показали работы И. Я. Зубко [4] и М. А. Дуненко [3], такой тканью является пестик цветка. У кукурузы меристематическая ткань междоузлий и листьев также наиболее уязвима при заражении пузырчатой головней (возбудитель — *Ustilago zeae*). В этой ткани наблюдались реакции со стороны ядер, выражающиеся в изменении самого ядра и резорбировании гиф гриба [8].

Реакции со стороны ядер клетки на внедрение и развитие в тканях патогена *Ruscinia tritici* отмечаются в ткани мезофилла [9], в то время как реакции ядра на внедрение возбудителя гельминтоспориоза — *Helminthosporium gramineum* проявляются лишь в склеренхимных клетках механической ткани судисто-проводящей системы злака [15].

Таким образом, защитные реакции со стороны ядер клеток приурочены к той ткани, которая для паразита является решающей при антагонистических отношениях с питающим растением. Такие реакции могли возникнуть в процессе эволюции защитных приспособлений растений по отношению к наиболее агрессивным возбудителям, поражающим определенные ткани и органы растений. Механизм защитных приспособлений, т. е. реакцию со стороны ядер клетки, следует изучать прежде всего в связи со специфичностью структурных белков ядер каждого вида растений.

ВЫВОДЫ

1. Растениям из семейства Gramineae родов *Triticum*, *Secale*, *Avena*, *Hordeum*, *Panicum*, *Zeae* свойственны, помимо цитоплазматических реакций,

еще и реакции ядер, проявляющиеся в морфологической изменчивости их структуры, а также в функции фагоцитоза. Следствием этого являются дегенерация и лизис возбудителя в клетке.

2. Указанные реакции ядер клетки выработались в процессе эволюции защитных приспособлений растений к облигатным паразитам, и они проявляются в той ткани, которая является областью наибольшей паразитической активности патогена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов Н. И. Иммуитет растений к инфекционным заболеваниям. М., 1919. 32 с.
2. Гойман Э. Инфекционные болезни растений. М. ИЛ, 1954. 17 с.
3. Дуненко М. А. Устойчивость сортов и образцов ячменя к черной головне. Автореф. канд. дис. Л., 1971. 21 с.
4. Зубко И. Я. Особенности устойчивости пшеницы к пыльной головне. Автореф. канд. дис. Харьков, 1966. 21 с.
5. Ивахненко А. Н. Природа гипертрофических разрастаний соцветий кукурузы, зараженных пыльной головней. — «Вопросы фитопатологии и иммунитета растений. Труды ХСХИ». 1962, т. XXXVIII (XXV), с. 86—99.
6. Ивахненко А. Н. Взаимоотношения мицеллия *Sphacelo theca panici miliaei* с тканями проса в связи с наследованием устойчивости к головне. В кн.: Вопросы иммунитета и оздоровления растений. Киев, 1964, с. 147—156.
7. Комаров В. Л. Возможен ли фагоцитоз у растений? — «Природа», 1919, № 11, с. 46.
8. Мещерякова Р. И. Гистологическое изучение взаимоотношений возбудителя пузырчатой головни и тканей сортов и гибридов кукурузы. — В кн.: Вопросы иммунитета и оздоровления растений. Киев, 1964, с. 127—132.
9. Новикова Т. Н. Гистологическое изучение взаимоотношений пшеницы и *Russinia tritici* в условиях разного питания. — «Записки ХСХИ», 1957, т. XIII (L), с. 133—147.
10. Пересыпкина В. Ф., Федоренко В. С. Характеристика устойчивости ячменя к полосатому гельминтоспориозу по анатомо-структурным показателям. — В кн.: Докл. IV Всесоюз. совещания по иммунитету растений. Кишинев, 1965, с. 136—137.
11. Понировский В. Н. О гистологии паразитизма *Ustilago hordei* в проростках ячменя. — «Вопросы фитопатологии и иммунитета растений. Труды ХСХИ», 1962, т. XXXVIII (LXXV), с. 157—159.
12. Сердюк Н. А. Некоторые особенности устойчивости пшеницы к твердой головне. Автореф. канд. дис. Харьков, 1967. 23 с.
13. Страхов Т. Д. О механизме физиологического иммунитета растений к инфекционным заболеваниям. Харьков, изд. ХСХИ, 1959. 51 с.
14. Страхов Т. Д., Гречко И. В. О гистологии физиологического иммунитета растений некоторых форм пшеницы к *Tilletia tritici* Wint. — «Труды УкрНИИ растениеводства, генетики и селекции», 1960, т. 6, с. 247—259.
15. Федоренко В. С. Гистологическая характеристика устойчивости ячменя к полосатому гельминтоспориозу. Автореф. канд. дис. Киев, 1964. 21 с.
16. Ярошенко Т. В. Регрессивные изменения возбудителей головни ржи в тканях под влиянием микроэлементов. — В кн.: Роль микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине. М., 1961, с. 124—133.
17. Ярошенко Т. В., Зубко И. Я. Регрессивные изменения возбудителя твердой головни в тканях пшениц полиплоидного ряда. — «Генетика», 1966, № 6, с. 157—164.
18. Bernard N. Les mycorrhises des Solanum. — «Ann. Senat. Bot.», 1911, а, 14, N 9, p. 221—234.

ВЛИЯНИЕ НИКЕЛЯ НА НУКЛЕИНОВЫЙ ОБМЕН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СВЯЗИ С ПОВЫШЕНИЕМ ЕЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНЕ

Необходимость микроэлементов для жизни растений доказана многими исследователями [2, 3, 9]. Микроэлементы способствуют лучшему росту и развитию растений, повышают их устойчивость к ряду заболеваний [1, 5, 9, 10, 11]. В задачу настоящего исследования входило выяснение влияния никеля на нуклеиновый обмен яровой пшеницы в связи с повышением устойчивости к пыльной головне.

Полевые опыты проводились на опытном участке Харьковского госуниверситета. Посев ручной, рядковый. Повторность — трехкратная. Перед посевом вносилось полное минеральное удобрение NPK из расчета: азота — 30 кг, фосфора и калия — по 50 кг на 1 га. Никель в виде водного раствора сернокислой соли вводился путем предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки в период кущения пшеницы из расчета 0,2 г действующего начала на 1 л воды. Объект исследования — яровая пшеница, устойчивая к пыльной головне, — Отечественная и восприимчивая — Лютесценс 62. Оба сорта были искусственно, ручным способом заражены головневым грибом *Ustilago tritici* (Pers.) Jens. [7].

Для гистологических исследований растения в фазе проростков и кущения фиксировались в абсолютном спирте [6]. В эти же фазы по методу Шмидта и Тангаузера определялись нуклеиновые кислоты [4, 8]. В фазу восковой спелости проводился учет пораженности пыльной головней.

Результаты полевых наблюдений показали, что процент взшедших семян сорта Лютесценс 62 в первый день появления всходов был выше, чем сорта Отечественная (табл. 1). Однако на третий день количество взшедших растений обоих сортов не отличалось. Резкой разницы в прорастании семян, зараженных головней, и здоровых, а также получивших в питание никель не наблюдалось. Полная всхожесть во всех вариантах опыта составляла 69,3—83,9% (табл. 1).

Данные табл. 2 указывают на незначительную разницу в росте пшеницы, устойчивой к пыльной головне, и восприимчивой, а также незараженной и инфицированной головневым грибом *Ustilago tritici*. Введение в питание никеля благоприятно влияло на рост растений, особенно сорта Лютесценс 62, восприимчивого к пыльной головне. Определенная закономерность в отношении кустистости инфицированной и здоровой пшеницы не была отмечена. Благоприятное влияние никеля сказалось на росте пшеницы и на ее кустистости (табл. 2). Никель способствовал

Таблица 1

Влияние никеля на всхожесть яровой пшеницы и пораженность пыльной головней

Варианты опыта		Интенсивность появления всходов; %			Полная всхожесть, %	Пораженность	
		Дни				средняя	по отношению к контролю
		1	2	3			
Сорт Отечественная							
Контроль (NPK)							
Растения	Здоровые	26,7	48,7	71,9	77,6	—	—
	Зараженные	32,9	48,4	65,3	70,3	3,4	100,0
Никель+NPK							
Растения	Здоровые	30,9	45,3	63,9	70,2	—	—
	Зараженные	31,1	51,8	65,2	69,3	2,8	82,85
Сорт Лютесценс 62							
Контроль (NPK)							
Растения	Здоровые	56,6	68,9	79,1	86,9	—	—
	Зараженные	24,1	46,7	63,3	77,9	31,9	100,0
Никель+NPK							
Растения	Здоровые	40,7	57,4	77,3	83,9	—	—
	Зараженные	36,1	48,9	65,9	78,3	23,2	72,75

повышению устойчивости яровой пшеницы к пыльной головне: пораженность сорта Отечественная снизилась на 17,65%, Лютесценс 62 — на 27,25% (табл. 1)

Таблица 2

Влияние никеля на рост и кустистость яровой пшеницы

Варианты опыта		Интенсивность роста, см			Кустистость			
		Фазы развития растений						
		Куще- ние	Выход в трубку	Восковая спелость	Кушение	Выход в трубку	Восковая спе- лость	
Об- щая	Продук- тивная							
Сорт Отечественная								
Контроль (NPK)								
Растения	Здоровые	22,8	44,1	73,1	1,0	1,9	1,2	1,2
	Заражен- ные	23,1	46,5	70,4	1,2	2,2	1,4	1,1
Никель + NPK								
Растения	Здоровые	24,4	47,5	76,1	1,6	2,1	1,3	1,2
	Заражен- ные	24,7	47,4	65,2	1,4	2,2	1,3	1,8
Сорт Лютесценс 62								
Контроль (NPK)								
Растения	Здоровые	26,9	52,2	65,8	1,5	1,7	1,3	1,1
	Заражен- ные	27,9	51,2	65,7	1,2	2,6	1,3	1,2
Никель + NPK								
Растения	Здоровые	24,9	51,0	68,9	1,3	1,8	1,2	1,1
	Заражен- ные	27,2	53,0	71,4	2,0	2,3	1,7	1,5

Гистологический анализ подтвердил полученные полевые данные (табл. 3). Так, уже в фазе проростков дегенеративные изменения мицелия *Ustilago tritici* в варианте с никелем выражены более ярко, чем на контроле, особенно у Лютесценс 62.

Таблица 3

Влияние никеля на регрессивные изменения мицелия *Ustilago tritici* (Pers.) Jens. в тканях яровой пшеницы

Варианты опыта	Фаза разви- тия расте- ний	Диам- етр мице- лия	Количество мицелия с различным состоянием плазмы, %			
			гомоген- ной	зерни- стой	вакуоли- зированной	лизиро- ванного мицелия
Сорт Отечественная						
Контроль (NPK)	Проростки	2,25	25,8	9,7	32,3	31,3
	Кушения	2,27	11,8	11,8	23,5	52,9
Никель+NPK	Проростки	1,49	32,3	0,0	48,7	19,4
	Кушения	3,02	6,3	12,5	31,3	50,0
Сорт Лютесценс 62						
Контроль (NPK)	Проростки	2,36	31,0	51,7	10,3	6,9
	Кушения	2,54	30,0	25,0	15,0	30,0
Никель+NPK	Проростки	1,79	22,2	27,8	38,9	11,1
	Кушения	2,39	10,0	20,0	16,7	53,3

Подобная закономерность наблюдалась и в фазе кушения пшеницы. Если в варианте с никелем мицелий гриба, развивающийся в тканях Лютесценс 62 находился в стадии вакуолизации и полного лизиса на 50% в фазе проростков и 70% — в фазе кушения, то на контроле в стадии дегенерации было всего 17,2% мицелиальных образований гриба в фазе проростков и 45% — в фазе кушения.

Проникая в ткани яровой пшеницы, головневый гриб *Ustilago tritici* нарушал метаболизм растений, вызывая стимуляцию накопления фосфора нуклеиновых кислот независимо от устойчивости сорта. Например, контрольные растения сорта Отечественная содержали фосфора нуклеиновых кислот 920 мкг, зараженные — 1064 мкг; сорта Лютесценс 62—792,8 мкг, зараженные — 856,6 мкг. Подобная закономерность наблюдалась и при введении никеля в питание растений: проростки сорта Лютесценс 62 контрольных растений содержали 856 мкг фосфора нуклеиновых кислот, а проростки растений, получивших в питание никель, — 920 мкг. В фазе кушения контрольные растения содержали 888 мкг фосфора нуклеиновых кислот, получившие никель — 1144 мкг. Полученные данные свидетельствуют также

о накоплении дезоксирибонуклеиновых кислот в инфицированных тканях пшеницы обоих сортов (табл. 4), особенно в тканях растений, получивших никель, т. е. там, где более активно проходят дегенеративные процессы мицелиальных образований гриба (табл. 3). Если в фазе проростков в варианте с никелем отмечалось некоторое падение содержания РНК, то в фазе кущения в тканях обоих сортов наблюдалось накопление РНК (табл. 4). Предпосевная обработка семян яровой пшеницы никелем вызывала нарушения в нуклеиновом обмене растений, что, вероятно, способствовало созданию неблагоприятных условий для патогенного микроорганизма — дегенерации его мицелиальных образований.

Таблица 4

Влияние никеля на содержание нуклеиновых кислот в тканях яровой пшеницы

Варианты опыта	Фаза развития растений	Состояние растений	Содержание Р, мкг на 1 г сухого вещества		
			Сумма НК	ДНК	РНК

Сорт Отечественная

Контроль (NPK)	Проростки	Здоровые	920,0	100,0	823,0
		Зараженные	1064,0	171,0	893,0
	Кущения	Здоровые	504,0	185,0	319,0
		Зараженные	600,0	191,0	409,0
Никель + NPK	Проростки	Здоровые	712,0	115,0	597,0
		Зараженные	792,0	285,0	507,0
	Кущения	Здоровые	568,0	124,0	444,0
		Зараженные	856,0	275,0	581,0

Сорт Лютесценс 62

Контроль (NPK)	Проростки	Здоровые	792,8	410,0	382,0
		Зараженные	856,0	363,0	493,0
	Кущения	Здоровые	840,0	259,0	477,0
		Зараженные	888,0	411,0	477,0
Никель + NPK	Проростки	Здоровые	824,0	483,0	341,0
		Зараженные	920,0	411,0	409,0
	Кущения	Здоровые	1128,0	651,0	581,0
		Зараженные	1144,0	667,0	477,0

Таким образом, проведенные исследования показали, что предпосевная обработка семян пшеницы сортов Отечественная и Лютесценс 62 никелем оказала положительное влияние на развитие растений и на устойчивость их к пыльной головне. Введение в питание яровой пшеницы никеля неблагоприятно влияло на развитие *Ustilago tritici* в тканях питающих растений, что выражалось в гипоплазии, вакуолизации и лизисе мицелиальных образований гриба. Никель способствовал накоплению

суммы нуклеиновых кислот, ДНК, РНК (фаза кущения) как в тканях устойчивого, так и восприимчивого сортов (с. Отечественная и с. Лютесценс 62).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаева З. М., Исмаилов Х. А. Некоторые итоги изучения влияния микроэлементов на повышение устойчивости пшеницы к твердой головне. — В кн.: Биол. роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Т. 1. Л., 1970, с. 252—253.
2. Березницкая Н. И., Левенец П. П. Действие цинка на растение кукурузы на мощных черноземах Харьковщины. — В кн.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Киев, 1963, с. 322—325.
3. Власюк П. А. Использование микроэлементов в сельском хозяйстве Украинской ССР. — В кн.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Киев, 1963, с. 6—22.
4. Конарев В. Г., Тютюрев С. Л. Методы биохимии и цитохимии нуклеиновых кислот растений. Л., «Колос», 1970, с. 25—32.
5. Маленев Ф. Е. Микроэлементы в фитопатологии. М.—Л., Сельхозгиз, 1961. 120 с.
6. Наумов Н. А., Козлов В. Е. Основы ботанической микротехники. М., «Сов. наука», 1954, с. 187—192.
7. Финалковская Е. А. Пыльная головня пшеницы. Киев, Госсельхозиздат УССР, 1963. 222 с.
8. Химия и биохимия нуклеиновых кислот. Л., «Медицина», 1968, с. 80—84.
9. Чернавина И. А. Физиология и биохимия микроэлементов. М., «Высшая школа», 1970. 309 с.
10. Школьник М. Я., Макарова Н. А. Микроэлементы в сельском хозяйстве. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1957. 290 с.
11. Ярошенко Т. В. Применение микроэлементов для оздоровления зерновых культур от заболеваний. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1961. 80 с.

ДК 632.2 : 282.285.1

А. И. СОБОЛЕВСКАЯ

ХАРАКТЕР УСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ К ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНЕ

Для создания устойчивых и иммунных к пыльной головне сортов ячменя и пшеницы необходимо выяснить характер и механизмы устойчивости, до сих пор почти не изученные. В основе физиологического иммунитета растений лежат регрессивные изменения возбудителей в тканях питающих растений типа гипоплазии, дегенерации и лизиса [3]. Чем устойчивее сорт, тем быстрее и на более ранних фазах развития растений происходят указанные процессы.

Нашей задачей было выяснить, имеют ли место регрессивные изменения *Ustilago nuda* (Jens.) Rostr. в тканях ячменя и какова степень их выраженности в зависимости от сортовых свойств.

Методика. В целях получения материала для гистологических исследований был поставлен полевой опыт. Для посева использовали семена двух сортов ярового ячменя — устойчивого (Харьковский 306) и восприимчивого (Нутанс 08/71) к пыль-

ной головне. Перед посевом вносилось полное минеральное удобрение (НРК) из расчета действующего начала на гектар: азота в виде азотистого аммония — 30 кг, фосфора в виде суперфосфата и калия в виде хлористого калия — по 50 кг. Посев ручной, рядковый, ширина междурядий 15 см, глубина заделки семян 5 см, повторность четырехкратная, почва темно-серая оподзоленная.

В период цветения ячменя обоих сортов ручным способом осуществлялось искусственное заражение спорами возбудителя пыльной головни *Ustilago nuda*. Через сутки после заражения проводилась первая фиксация цветов, вторая — через пять дней. Материал фиксировался в абсолютном спирте [2]. Указанные сроки соответствовали внедрению и развитию мицелия в тканях пестика. При гистологическом изучении возбудителя в тканях пестиков измерялся диаметр мицелия и делались зарисовки. Было установлено, что уже в момент внедрения патогена в ткани рылец состояние возбудителя в зависимости от сорта различно. Споры *Ustilago nuda*, попав на рыльце цветов сорта Харьковский 306, устойчивого к данному возбудителю, а также сорта Нутанс 08/71, восприимчивого, прорастали в обоих случаях мицелием. Однако уже через сутки после заражения у растений устойчивого сорта мицелий был в состоянии дегенерации и лизиса на 59,4%.

В тканях рылец восприимчивого сорта мицелий оказался почти нормальным, с гомогенной плазмой было 92,50%. Различий в величине диаметра не наблюдалось. Диаметр мицелия в тканях обоих сортов был равен 2 мкм (таблица).

Состояние мицелия в тканях рылец ячменя

Сорт	Дни с момента заражения рылец	Диаметр мицелия, мкм	Количество мицелия с разным состоянием плазмы, %				
			гомогенная	зернистая	вакуолизированная	пустой мицелий	лизированный
Харьковский 306	1-й	2,00	18,18	49,22	28,77	2,27	1,50
	5-й	1,86	6,81	36,72	47,74	4,50	4,50
Нутанс 08/71	1-й	2,00	92,50	7,50	0,0	0,0	0,0
	5-й	2,32	67,50	20,00	10,00	0,0	0,0

На пятый день с момента заражения состояние мицелия в тканях пестиков обоих сортов резко различается.

Диаметр мицелия в тканях устойчивого сорта Харьковский 306 составлял 1,86 мкм, в то время как в рыльцах восприимчивого сорта Нутанс 08/71—2,32 мкм, т. е. на 0,46 мкм больше, что может свидетельствовать о его лучшем состоянии, вернее об отсутствии угнетения со стороны реакций растения. В тканях устойчивого сорта содержание мицелия с гомогенной плаз-

мой всего 6,81%, остальной мицелий — в разных стадиях дегенерации, от мелкой зернистости до полного лизиса. На пятый день в тканях рылец восприимчивого сорта Нутанс 08/71 плазма мицелия была в основном гомогенной (нормальной) — 67,5%. Таким образом, мицелий проникал в зародыш семени.

Итак, возбудитель пыльной головни ячменя, как и другие головневые грибы, подвержен регрессивным изменениям в тканях питающего растения, что свидетельствует о физиологическом иммунитете у сорта Харьковский 306. Наши результаты вполне согласуются с полученными данными для пшеницы в отношении *Ustilago tritici* (Pers) Jens. [1]. Иммунологические свойства растений сорта Харьковский 306 проявляются уже на ранних этапах инфекционного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубко И. Я. Особенности устойчивости пшеницы к пыльной головне. Автореф. канд. дис. Харьков, 1966. 22 с.
2. Наумов Н. А. Методы микроскопических исследований в фитопатологии. М.—Л., Госиздат с/х. и колхоз.-кооп. лит., 1932. 218 с.
3. Страхов Т. Д. О механизме физиологического иммунитета к инфекционным заболеваниям. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1959. 65 с.

УДК 632.2 : 582.282.112

Л. И. ЛЕОНОВА,
Т. В. ЯРОШЕНКО, д-р биол. наук

ИЗМЕНЕНИЕ В АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ОГУРЦОВ МУЧНИСТОЙ РОСОЙ

Гистохимические исследования больного растения, особенно в связи с явлениями иммунитета к инфекционным заболеваниям, почти не проводились, хотя именно гистохимия позволяет судить о наличии в клетках биологически активных веществ, обычно выявляемых в виде окрашенных продуктов. Реакции клетки при этом оцениваются качественно.

При проведении наших исследований учитывалось, что в реакциях иммунитета значительную роль играет окислительная система растения-хозяина как фактор, с помощью которого устраняется вредное действие некоторых токсинов патогена, окисляемых до конечных продуктов распада.

Гистохимическим методом следовало установить зависимость активности окислительных ферментов от сортовых свойств и поражения огурцов мучнистой росой, а также выяснить связь между активностью ферментов растения-хозяина и возбудителя. С этой целью были высеяны 4 сорта огурцов: Нежинский 12, Успех 221, Вязниковский и Алтайский. После появления мучнистой росы больные и здоровые листья отбирались для гистологического анализа. Были взяты две пробы 3—4 листьев в возрасте и поз-

же, к концу вегетации. Листья отбирались по сортам одного возраста и по расположению на плети. Поражение учитывалось по шкале В. С. Лесникова [5].

При определении ферментов у возбудителя с листа без повреждения ткани снимался налет, содержащий мицелий и конидии. Методика срезов и определения ферментов по интенсивности окраски клеток как показателей активности проводилась по методике З. Н. Федосеевой [6]. Исследованы активность пероксидазы по методу Тунмана с бензидином [3], каталаза посредством перекиси водорода с выделением кислорода (К. Т. Сухоруков), цитохромоксидаза по методу Греффа [4], полифенолоксидаза по методу Бояркина [2].

Известно, что одной из реакций растительной клетки на различные нарушения в физиологических функциях является возрастание активности пероксидазы [1], увеличивающейся и при заболевании. Пероксидаза участвует в реакциях гидроксирования ароматического кольца. Поэтому некоторые авторы считают, что увеличение активности пероксидазы в инфицированных тканях может служить одной из причин синтеза фенольных соединений, играющих важную защитную роль в иммунитете растений [1].

Сорта огурцов, сильно пораженные мучнистой росой (Нежинский 12, Алтайский), в которых наблюдалось почти полное закрытие листовой пластинки грибом, проявили высокую актив-

Таблица 1

Активность ферментов в тканях растений огурцов

Сорт	Время начала реакции	Среднее из четырех повторений (в баллах)			
		Пероксидаза		Каталаза	
		Здоровые	Больные	Здоровые	Больные
Нежинский 12	Через 15 с	0	2	Следы	1
	" 1 мин	0	4	2	2
	" 3 мин	Следы	4	2	3
Успех 221	Через 15 с	0	1	1	1
	" 1 мин	0	1	2	2
	" 3 мин	Следы	2	2	3
Вязниковский	Через 15 с	0	1	Следы	Следы
	" 1 мин	0	2	1	1
	" 3 мин	Следы	4	2	2
Алтайский	Через 15 с	0	3	Следы	1
	" 1 мин	0	4	2	2
	" 3 мин	Следы	4	3	3

ность ферментов: пероксидаза — балл 4, каталаза — балл 3 (табл. 1). Слабо пораженный сорт Успех 221 менее активно реагировал на внедрение в его ткани патогена, который на листе образовал небольшие куртины мицелия. Здесь активность пероксидазы выражена баллом 2, а каталаза — баллом 3. Цитохромоксидаза и полифенолоксидаза не были обнаружены в тканях питающих растений и в мицелии возбудителя.

Пероксидаза и каталаза как окислительные ферменты часто замещают друг друга. У сильно пораженных сортов Нежинский 12 и Алтайский оба фермента были высоко активны, что лишний раз подтверждает активную борьбу растения с патогеном, в то время как у слабо пораженного сорта Успех 221 высокоактивной была только каталаза.

Таблица 2

Активность ферментов в мицелии возбудителя мучнистой росы огурцов

Сорт	Время начала реакции	Пероксидаза	Каталаза
Нежинский 12	Через 3 мин	4	3
Успех 221	То же	2	2
Вязниковский	" "	1	1
Алтайский	" "	4	2

Определение указанных окислительно-восстановительных ферментов у самого патогена показало коррелятивную связь с активностью ферментов у растения-хозяина (табл. 2). У возбудителя мучнистой росы, взятого с растений сортов Нежинский 12 и Алтайский, также очень высока активность пероксидазы (балл 4) и каталазы (балл 3). Это можно объяснить приспособляемостью возбудителя к обмену веществ растения-хозяина. В отношении активности ферментов возбудителя, паразитировавшего на растениях сорта Вязниковский, такая зависимость не обнаружена. Растения имели высокую активность фермента (балл 4), а патоген низкую активность того же фермента пероксидазы (1 балл). У сорта Вязниковский, поражение которого приурочено ко второй половине вегетации, по-видимому, более высокая степень иммунитета, чем у указанных сортов. Это же относится и к сорту Успех 221, для которого отмечена корреляция в активности ферментов патогена и питающего растения (2 балла).

Таким образом, выяснена зависимость активности пероксидазы и каталазы от степени поражения сортов мучнистой росой. Установлена коррелятивная связь активности, указанных ферментов патогена и питающего растения, указывающая на высокую степень приспособления последнего к обмену веществ растения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенова В. А., Кожанова О. Н., Рубин Б. А. О некоторых свойствах пероксидазы инфицированных тканей растения. — «Физиология растений», 1971, т. 18, вып. 2, с. 387.
2. Бояркин А. Н. Быстрый метод определения активности полифенолоксидазы. — «Труды Ин-та физиологии растений», 1954, т. 8, вып. 2, с. 398—403.
3. Бритиков Е. А. К физиолого-биохимическому анализу прорастания пыльцы и роста пыльцевых трубок в тканях пестика. — «Труды Ин-та физиологии растений», 1954, т. 8, вып. 2, с. 11—12.
4. Глик Д. Методика гисто- и цитохимии. ИЛ, М. 1950. 72 с.
5. Лесников В. С. Учет пораженности огурцов мучнистой росой. — «Защита растений», 1972, № 1, с. 39—40.
6. Ярошенко Т. В., Федосеева З. Н. Некоторые гистохимические исследования пораженных головней тканей ржи и пшеницы в связи с регрессивными изменениями возбудителей. — В сб.: Вопросы иммунитета растений и оздоровления, т. XIII. Киев, 1964, с. 118—123.

УДК 582.285.1

З. Н. ФЕДОСЕЕВА, канд. биол. наук,
Т. С. САФОНОВА,
Т. М. ЕВЛАНОВА

ФИЗИОЛОГИЯ ПИТАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ ПУЗЫРЧАТОЙ ГОЛОВНИ КУКУРУЗЫ — *USTILAGO ZEAЕ* (BECKM.) UNG.

Паразитические свойства грибов в значительной степени зависят от условий культивирования, при которых могут использоваться разнообразные вещества в качестве источника углеродного, азотного, минерального и витаминного питания [1, 2, 5]. Физиология питания головневых грибов изучена недостаточно [3, 4, 6]. Нашей задачей являлось изучение влияния некоторых источников углеродного и минерального питания на прорастание хламидоспор и развитие возбудителя пузырчатой головни кукурузы в чистой культуре. С этой целью готовилась жидкая среда Флерова, являющаяся контролем по отношению к средам, в которых 5%-ная глюкоза замещалась сахарозой, галактозой, мальтозой, крахмалом (в пересчете на глюкозу), в другой серии опытов изменялось процентное содержание сахаров, в третьей — из среды Флерова исключались калий и фосфор в виде соли KH_2PO_4 . На поверхность питательных сред высевались хламидоспоры *Ustilago zeae*. Опыты ставились при температуре 26°C, оптимальной для развития гриба. Проводились макро- и микроскопические просмотры за состоянием культуры.

Массовое прорастание хламидоспор *U. zeae* в первой серии опытов наступило на второй день на всех средах, за исключением варианта с крахмалом (табл. 1). Дальнейшее развитие гриба зависело от вида сахара. Так, на первых двух средах культура развивалась прекрасно с образованием большого количества почкующихся конидий, прорастающих мицелием, что указывало на хорошую усвояемость грибом этих сахаров. Мальтоза и галак-

Таблица 1

Отношение *Ustilago zeae* (Beckm.) Ung. к различным
источникам углерода

Варианты опыта	Макроскопическая картина		Микроскопическая картина	
	на 2-й день	на 21-й день	на 2-й день	на 21-й день
Среда Флорова (контроль) Среда Флорова + сахара	Тонкая мицелиальная пленка	Светло-кремовые колонии с рыхлой структурой	Массовое прорастание хламидоспор базидиями с базидиоспорами; единичные конидии	Массовое образование конидий; прорастание мицелием
Среда Флорова + галактоза		Светло-коричневая уплотненная культура		Начало образования хламидоспор
Среда Флорова + мальтоза		Буроватая плотная культура		Сформировавшиеся хламидоспоры
Среда Флорова + крахмал	На 2-й день отсутствие видимой пленки, на 5-й — едва различимые точечные колонии	Тончайшая едва уловимая пленка	На 2-й день единичное прорастание хламидоспор тонкими в диаметре базидиями, на 5-й — начало массового прорастания базидиями	Лизис мицелиальных образований

тоза в меньшей степени утилизировались *U. zeae*. В двух- и трехнедельном возрасте начинали формироваться хламидоспоры. На среде с крахмалом хламидоспоры прорастали более тонкими в диаметре базидиями. Дальнейшее развитие гриба приостановилось ввиду намечающегося лизиса. Гриб, вероятно, не в состоянии расщепить полисахарид до усвояемых моносахаров.

Результаты второго опыта, в котором изменялось процентное содержание сахаров, показали относительную стабильность в развитии культуры. Исключение составили варианты с 0,5%-ным декстрином и 0,5%-ным крахмалом, в которых культура *U. zeae* не получила развития (табл. 2).

В третьей серии опытов изучалось влияние калия и фосфора на рост и развитие культуры *U. zeae*. Указанные макроэлементы необходимы для развития грибов. Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот и богатых энергией соединений АТФ и АДФ. Кроме того, фосфор и калий участвуют в углеводном обмене. При отсутствии последнего или его недостатке мицелий

Таблица 2

Отношение *Ustilago zeae* (Beckm.) Ung. к различным
источникам углерода

Варианты опыта	Макроскопическая картина		Микроскопическая картина	
	на 3—7-й день	в месячном возрасте	на 3—7-й день	в месячном возрасте
Среда Флерова (контроль)	Культура в виде плотной мицелиальной пленки	Культура хорошо развита, колонии компактные	Массовое прорастание базидиями с базидиоспорами; почкующиеся конидии; плазма гомогенная	Формирование хламидоспор
Среда Флерова + 1%-ная глюкоза				
Среда Флерова + 1%-ная глюкоза + 0,5%-ный декстрин				
Среда Флерова + 1%-ная сахараза				
Среда Флерова + 0,5%-ный декстрин	Отсутствие мицелиальной пленки	Точечные беловатые колонии	Единичное прорастание базидиями; одиночные конидии	Мелкие одиночные конидии
Среда Флерова + 0,5%-ный крахмал				

гриба начинает усиленно выделять аммиак, вызывая торможение процессов синтеза белка.

Прорастание хламидоспор *U. zeae* базидиями с базидиоспорами началось на указанных средах на третий день посева. На данном этапе отсутствие в среде фосфора и калия не сказывается на прорастании, так как оно происходит за счет питательных веществ самой хламидоспоры. Уже на пятый день наметились различия: на среде Флерова (контроль) культура хорошо развивается. Микроскопический просмотр показал массу крупных в диаметре 3—3,8 мкм почкующихся конидий с гомогенной плазмой (рис. 1). На среде Флерова без KH_2PO_4 одиночные конидии более мелкие в диаметре 2,8—3 мкм с зернистой и вакуолизированной плазмой (рис. 2). Культура слабо развита, в виде тончайшей мицелиальной пленки. В двухнедельном возрасте на среде Флерова наблюдается хорошо развитый ветвящийся мицелий, масса почкующихся конидий с гомогенной плазмой и лишь единичные конидии с зернистой плазмой. На среде Флерова без KH_2PO_4 — одиночные конидии, видоизмененный мицелий в виде тонких неветвящихся гиф, оболочки многих конидий распыляются, плазма крупнозернистая. Процессы дегенерации сильно выражены. В трехнедельном возрасте на среде Флерова — масса почкующихся конидий, прорастающих мицелием, намечается формирование хламидоспор.

На среде Флерова в отсутствие калия и фосфора происходит лизис мицелиальных образований: одиночные конидии и мицелий с расплывающейся оболочкой, плазма выходит из гиф, образуя скопление плазменных комочков.

В месячном возрасте на среде Флерова культура гриба заканчивает цикл развития формированием хламидоспор. На среде

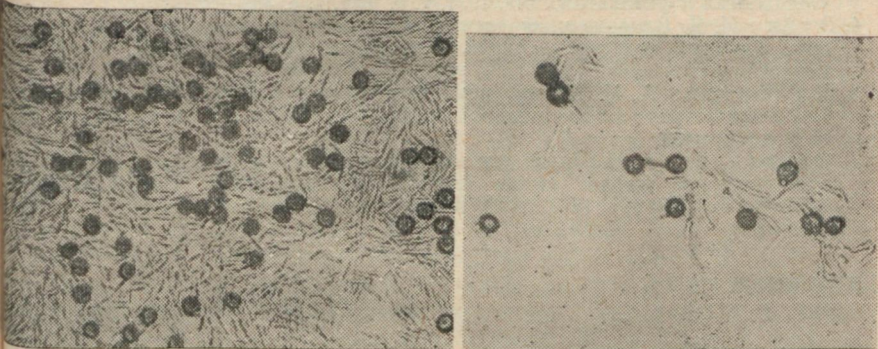


Рис. 1. *Ustilago zeae* (Beckm.) Ung. на 5-й день опыта на среде Флерова (контроль). Масса почкующихся конидий с гомогенной и мелкозернистой плазмой. Увеличение $\times 600$.

Рис. 2. *Ustilago zeae* (Beckm.) Ung. на 5-й день опыта на среде Флерова без K_2HPO_4 . Единичные конидии с зернистой и вакуолизированной плазмой. Увеличение $\times 600$.

Флерова без K_2HPO_4 вновь появились конидии, величина которых была меньше первоначальных и составляла 2,3—2,8 мкм. Эти вторично образовавшиеся конидии проросли тонким видоизмененным с закрученным в спираль мицелием. Надо полагать, что в результате распада первоначально образовавшихся конидий и мицелия среда в какой-то степени обогатилась фосфором и калием, что позволило развиваться новым мицелиальным образованиям.

Микроскопическим просмотром культур на двух средах установлены различия в их развитии. В то время как на среде Флерова культура к месячному возрасту была представлена хорошо развитыми колониями с мозговидной поверхностью, на среде без K_2HPO_4 она имела вид мелких белых хлопьев.

Определение продуктивности культуры *U. zeae*, взятой из 10 колб в месячном возрасте, показало, что вес сухого мицелия на среде Флерова составлял 2,32 г, на среде без K_2HPO_4 — 0,058 г, т. е. в 40 раз меньше. Следовательно, отсутствие калия и фосфора в среде приводит к торможению физиологических процессов, в частности к снижению синтеза белка, что влечет за собой регрессивные изменения гриба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билай В. И. Биологически активные вещества микроскопических грибов и их применение. Киев, «Наукова думка», 1965. 266 с.
2. Горленко М. В., Левкина Л. М. Исследование физиологии и биохимии некоторых паразитических грибов (к эволюции паразитизма). — «Вестник Моск. ун-та», 1962, № 3. Сер. 1. Биология, с. 49—55.
3. Зарубина М. А. Физиология питания гриба *Tilletia caries* (DC) Tul. — «Микология и фитопатология», 1971, т. 5, вып. 4, с. 389—394.
4. Зубко И. Я. Влияние микроэлементов на развитие *Ustilago tritici* (Pers.) Iens. в чистой культуре. — «Учен. зап. Харьк. ун-та». Т. СХП. Тр. НИИ биологии и биол. фак., 1963, т. 37, вып. 10, с. 96—101.
5. Мамонтова А. Н. Качественные изменения в белковом комплексе грибов в зависимости от питательной среды. — «Ж. общей биол.», 1950, т. XI, № 6, с. 462—463.
6. Федосеева З. М. Вплив факторів середовища на морфологічну мінливість збудника твердої сажки пшениці. — *Tilletia tritici* (Bjerk.) Wint. — «Вісник Харк. ун-ту», 1973, № 89. Біологія, вип. 5, с. 15—19.

УДК 582.282.112

Е. А. ГРЕБЕНЧУК, канд. биол. наук,
Л. М. БАЛЫКИНА

РОСТ И РАЗВИТИЕ ВОЗБУДИТЕЛЯ МУЧНИСТОЙ РОСЫ В СТЕРИЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ (предварительное сообщение)

Трудность изучения в полевых условиях начальных этапов патологического процесса, взаимоотношений облигатного паразита и питающего растения, физиолого-биохимических особенностей обоих компонентов вызывает необходимость использования методов совместного культивирования растения-хозяина и патогена в строго контролируемых стерильных условиях.

Наши попытки вырастить культуру *Erysiphe graminis* DC f. sp. *tritici* Marchal на среде Уайта [6], агаризованных вытяжках из листьев пораженных сортов пшеницы, а также на среде, предложенной Вильямсом и другими авторами [9, 10] для возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы, не увенчались успехом. Способы культивирования мучнисто-росяных грибов в искусственных условиях на культуре листовой ткани растения-хозяина нам неизвестны. Поэтому и возникла необходимость изучения существующих методов совместного культивирования растений и возбудителей различных заболеваний в лабораторных условиях [1—5] и возможности их применения для выращивания возбудителя мучнистой росы пшеницы. Наиболее приемлемым оказался способ, предложенный Л. А. Михайловой и К. В. Квитко [3] для культивирования возбудителя бурой ржавчины пшеницы, который и был испытан нами с некоторыми изменениями.

Изучалось влияние различных факторов (температуры и состава питательных сред) на совместный рост и развитие в стерильных условиях проростков пшеницы и возбудителя мучнистой

росы — *Erysiphe graminis* DC f. sp. tritici. Совместное культивирование патогена и питающего растения в строго контролируемых условиях даст возможность проводить физиолого-биохимические исследования обоих компонентов на всех этапах патологического процесса.

Первоначально проводилось сравнительное изучение влияния сред различного состава на интенсивность и длительность роста проростков. Для этого использовались стерильная почва, водный агар, агар + KNO_3 , $\text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{HPO}_4$, среда Кнопа и модифицированная среда Кнопа следующего состава, %: KNO_3 — 0,1; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ — 0,05; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,015; K_2HPO_4 — 0,015; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,007; ЭДТА — 1 мл 5%-ного раствора с добавлением микроэлементов, %: H_3BO_4 — 0,29; $\text{MnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,18; ZnSO_4 — 0,025; $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ — 0,01; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ — 0,1. Последняя использовалась для асептического культивирования арабидопсиса [1], проростков пшеницы [3] и льна [2].

В результате наблюдений установлено, что на среде Кнопа с микроэлементами проростки пшеницы вегетировали в течение 40 дней, на всех остальных — менее 30, в связи с чем во всех последующих исследованиях применялась указанная среда. Питательная среда разливалась по пробиркам, размеры которых составляли 20×200 и 40×350 мм, и стерилизовалась. Семена яровой пшеницы (сорт Харьковская 46 восприимчивый к мучнистой росе) дезинфицировались в 4%-ном растворе H_2O_2 в течение 6 мин, затем многократно промывались стерильной дистиллированной водой и в стерильных условиях высевались в пробирки на поверхность питательной среды. В каждую пробирку вносили 2—3 семени. Затем пробирки с семенами выдерживали в течение суток при $+2^\circ\text{C}$ (для выравнивания всхожести) и переносили в условия с естественным освещением и температурой $+19$ — $+23^\circ$, где они и находились на протяжении эксперимента. После появления второго листа на поверхность растений наносили конидии возбудителя мучнистой росы, снятые с пораженных растений.

Заражение стерильных проростков проводили свежесобранными конидиями и суспензией спор, приготовленной на Твине 60. В первом случае конидии наносились микробиологической иглой или стряхивались на листья, во втором — стерильным шприцем. Для заражения использовались также конидии, сохранявшиеся до заражения на отрезках пораженных листьев при температуре $+2^\circ\text{C}$. В литературе имеются сведения о том, что конидии сохраняют жизнеспособность в течение длительного времени при температуре $+2$ — 18°C [7, 8]. В наших опытах конидии, сохранявшиеся при низких температурах, не прорастали, а следовательно, не заражали растения. Таким образом, наилучший способ заражения — опудривание свежесобранными конидиями.

После заражения растения по-прежнему выдерживали при температуре $+19$ — $+23^\circ\text{C}$ и естественном освещении. Первые

признаки заболевания обнаруживались в виде едва заметного белого пушистого налета на 10—11 день с момента нанесения спор на листовую поверхность. При микроскопическом просмотре были видны образовавшиеся цепочки конидий, внешне идентичные с конидиями, развивающимися при естественном заражении в полевых условиях. Совместное выращивание проростков пшеницы и возбудителя мучнистой росы при более высоких температурах (+25, +28° С) нежелательно, так как при этом только слабо развивается мицелий, а конидии не формируются; при +30° С развитие мицелия прекращается.

Таким образом, в результате двухлетних исследований установлено, что выращивание проростков пшеницы в стерильных условиях и последующее совместное культивирование их с возбудителем мучнистой росы можно проводить на модифицированной среде Кнопа с микроэлементами, при температуре +19—+23° С, в пробирках размером 40×350 мм. Наилучшим инфекционным материалом для заражения проростков являются свежесобранные конидии возбудителя мучнистой росы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Квитко К. В. Асептическая культура *Arabidopsis Thaliana* (L) Heynh. и перспективы ее использования в ботанических исследованиях. — «Вестник Ленингр. ун-та», 1960, № 15. Биология, вып. 3, с. 47—56.
2. Левитин М. М., Квитко К. В. Изучение возбудителя полиспороза в асептической культуре проростков льна. — «Микология и фитопатология», 1971, т. 5, № 4, с. 398—401.
3. Михайлова Л. А., Квитко К. В. Лабораторные методы культивирования возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. ex Desm. — «Микология и фитопатология», 1970, т. 4, № 3, с. 269—273.
4. Новотельнова Н. С. Ложная мучнистая роса подсолнечника. М.—Л., «Наука», 1966. 149 с.
5. Новотельнова Н. С. Обзор методов изучения грибов семейства *Peronosporaceae* d By в лабораторных условиях. — «Микология и фитопатология», 1969, т. 3, № 6, с. 529—537.
6. Уайт Ф. Р. Культура растительных тканей. М., ИЛ, 1949. 159 с.
7. Cherevick W. J. Studies of the biology of *Erysiphe graminis* DC. — «Canad. J. Res.», 1944, vol. 22, sec. C, p. 52—86.
8. Hermansen J. E. Use of detached leaves to test the viability of stored conidia of barley mildew (*Erysiphe graminis* DC). — «Årsskr. Kgl. veterin.-og. landbohjskole 1966», Kobenhavn, 1966, p. 61—67.
9. Sporulation and pathogenicity of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* grown on an artificial medium. — «Phytopathology», 1967, vol. 57, N 3, p. 326—327. Auth.: P. G. Williams, K. J. Scott, J. L. Kuhl, D. J. Maclean.
10. Williams P. G., Scott K. J., Kuhl J. L. Vegetative growth of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in vitro. — «Phytopathology», 1966, vol. 56, N 12, p. 1418—1419.

НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЯ ГОЛОВНИ ЛУКА — *UROCYSTIS CERULAE* FROST

Среди облигатных паразитов возбудитель головни лука — *Urocystis cerulae* Frost по своим биологическим свойствам стоит особняком. До сего времени нет полной ясности в вопросе о степени преобладания в цикле развития сапрофитного или паразитического образа жизни, а также длительности сохранения инфекции в почве [1—3, 5].

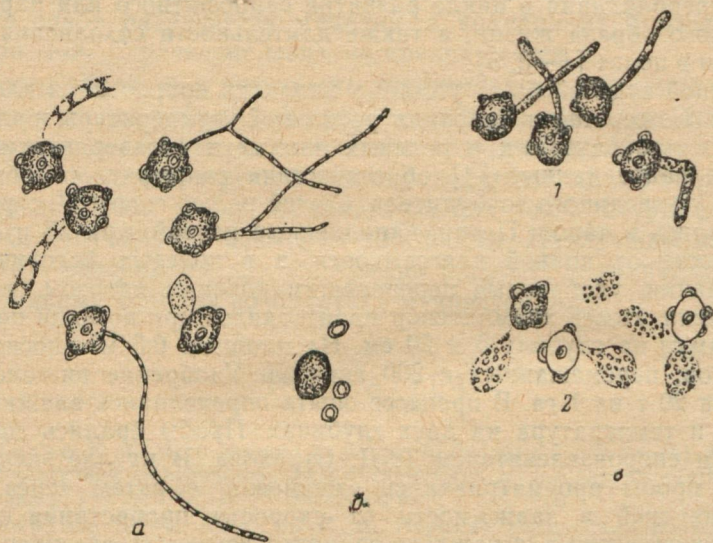
Нашей задачей было уточнить характер прорастания хламидоспор *U. cerulae* в условиях различной температуры и влажности в лабораторных и полевых опытах и подтвердить полученные ранее данные [4] об отсутствии сапрофитного образа жизни у указанного возбудителя. С этой целью споры *U. cerulae* высевались в чашки Петри, наполненные почвой, при 25 и 45% влажности от полной влагоемкости, а в полевых условиях — на делянки, удобренные перепревшим конским навозом, и без удобрения. Посев хламидоспор производился при помощи посевной рамки на глубину 5 и 20 см. На площадь 0,5 м² вносились 5 г спор, перемешанных с 200 г песка. Удобрение внесено из расчета 20 т на 1 га. В процессе опыта определялись влажность почвы и температура на двух глубинах. Пробы брались специальным спороизвлекателем Т. Д. Страхова. В начале эксперимента пробы просматривались ежедневно, а затем через несколько дней в зависимости от скорости прорастания спор. Микроскопически для каждого варианта изучалось два препарата по двум диагоналям, в каждой диагонали было не менее 150—200 спор.

Опыты, поставленные с *U. cerulae* в лаборатории, показали, что споры, посеянные на внутренних мясистых листьях лука и верхних чешуйках, положенных на сырую землю, не проросли. Такой же результат был получен при посеве спор непосредственно на почву в присутствии семян лука при температуре 10°С и 25% влажности от полной влагоемкости.

При 45% влажности и температурах 3—6; 7—10; 13—17 и 20—25°С споры либо совсем не прорастали в опыте с низкой температурой (3—6°), либо прорастали недружно. Только в местах скопления спорокучек наблюдалось массовое прорастание мицелием, гифы которого переплетались. Наилучшие результаты отмечены в опытах с температурой 7—10 и 13—17°С. Наблюдения, проводимые в течение 1,5 месяцев, показали, что споры прорастали базидией или тонким мицелием, во втором месяце — пузыревидными отростками. При этом все морфологические образования, в том числе пузыри, подвергались процессам дегенерации. При температуре 20—25°С споры прорастали аналогично базидией, мицелием и пузырями, подвергавшимися

дегенерации (рисунок, а), однако количество проросших спор было значительно ниже, чем при средних температурах. Высокая температура (выше 28° С) способствовала распаду спорочков на плодущие и неплодущие споры (рисунок, в).

Изучение морфологии прорастания спор *U. sepulchrae* на питательных средах при температурах 8; 13—15; 25—28° С показало, что при 25° на навозной вытяжке споры прорастали в массовом количестве пузыревидными отростками с зернистой плазмой,



Прорастание хламидоспор *Urocystis sepulchrae* Frost в условиях различной температуры в почве (а) и на питательных средах (в):

1 — Артари; 2 — навозная вытяжка (базидии, мицелий, пузыревидные отростки в стадии дегенерации); в — распад спорочкушки на плодущие и неплодущие споры. Увеличение $\times 900$.

которые после расплывания оболочек освобождались и лежали в массе вокруг споры, подвергаясь в свою очередь лизису. На среде Артари наблюдалось образование базидий (рисунок, б).

Одновременно с лабораторным был поставлен ранневесенний полевой опыт на глубине посева семян 5 см и глубине вспашки 20 см.

На глубине 5 см опыт сопровождался температурой 14—26° и влажностью 8,9—10,6—16,6—6,2% в первые 27 дней опыта, повысившейся после дождя до 23,8%. В этих условиях прорастание по двум фонам было единичным и составляло к 20-му дню 10,8% по удобрению и 7,4% без него. На глубине 20 см, где температура на 1—2° отличалась от той, какая была на глубине 5 см, а влажность была значительно выше и колебалась

в пределах 16—17,7%, повышаясь, как и в первом варианте, после дождя до 23,2%, прорастание началось на 10-й день и к 20-му дню опыта достигло 17,7% по удобрению и 14,3% без него. Сравнительно высокий процент проросших спор на глубине 20 см вызван более высокой влажностью почвы. В последующие дни прорастание медленно активизировалось и закончилось на 55-й день на глубине 5 см и на 48-й день на глубине 20 см. При этом 20—30% спор осталось непроросшими в обоих вариантах опыта. Такой растянутый период прорастания объясняется особенностями, свойственными *U. cepulae*.

Прорастание спор *U. cepulae* на глубине 5 и 20 см по удобрению протекало более интенсивно, чем без него. Образовавшиеся в процессе прорастания спор мицелий, базидии подвергались дегенерации, в связи с чем количество инфекционных начал было не высоким в вариантах с удобрением и без него. Осенний опыт, поставленный на глубине 5 см, протекал при температуре 6,0—14,7°С и влажности 16,0—22,3% по удобрению и 5,4—22,6% без него.

Прорастание спор по двум вариантам началось на второй день и достигло 54% по удобрению и 53,8% без него. Такой высокий процент прорастания объясняется благоприятными погодными условиями для головневой гриба *U. cepulae*. Как показали исследования, температура 13—17°С оптимальна для прорастания хламидоспор в почве в условиях лабораторного и полевого опытов.

Э. Гойман [1] ссылается на Уокера и Уэлмена, которые, изучая влияние температуры на прорастание хламидоспор и развитие мицелия *U. cepulae*, пришли к выводу, что оптимума прорастания возбудителя головни лука можно ожидать в сравнительно холодной почве, т. е. при 13°С. Температура выше 25°С становится неблагоприятной, хотя некоторое прорастание наблюдается и при 32°С. Этот вывод вполне согласуется с нашим.

Результаты двух полевых опытов показали, что хламидоспоры *U. cepulae* прорастают базидией, мицелием и в ряде случаев — полусферическим пузырем. Эти образования подвергаются дегенерации, расплыванию оболочек и полному лизису. При этом процессы дегенерации интенсивнее в варианте с удобрением. Это не свидетельствует в пользу сапрофитного образа жизни *U. cepulae* в природных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гойман Э. Инфекционные болезни растений. М., ИЛ, 1954. 608 с.
2. Гюсов Г., Коннерс И. Головневые болезни культурных растений, их причина и борьба с ними. М.—Л., Сельхозгиз, 1930. 103 с.
3. Наумов Н. А. Болезни сельскохозяйственных растений. (Фитопатология). М.—Л., Сельхозгиз, 1940. 443 с.
4. Федосеева З. Н., Лесников В. С. Длительность сохранения головни лука в почве. — «Защита растений», 1970, № 11, с. 35.
5. Anderson P. J. Development and pathogenesis of the onion smut fungus. — «Massachusetts Agricult. Exper. Stat. Techn. Bull.», 1921, N 4, p. 7.

СОДЕРЖАНИЕ

Ботаника

Матвиенко А. М. Некоторые итоги и задачи альгологических исследований в связи с очисткой сточных вод	3
Догадина Т. В. Культивирование водорослей на стоках шерстомоечного производства	6
Догадина Т. В., Ильченко Н. И. О «цветении» сточных вод	10
Ильченко Н. И. Протококковые водоросли водоемов сахарных заводов	14
Жупаненко Р. П. О сезонных изменениях численности и биомассы фитопланктона Печенежского водохранилища	17
Жупаненко Р. П. О составе и динамике протококковых водорослей Печенежского водохранилища	19
Мещерякова Р. И. Сравнительная характеристика фикомицетов различных водоемов Харьковской области	22
Гребенчук Е. А., Шерстнюк А. К. Мучнисто-росяные грибы Харьковской области	26
Прокудин Ю. Н., Зубашенко А. В. Анатомические и антэкологические особенности двух видов щучки (<i>Deschampsia Beauv.</i>) флоры Украины	31
Вовк А. Г., Черная Г. А. Особенности анатомического строения листовых пластинок овсецов (<i>Helictotrichon Bess.</i>) украинской флоры	38
Калениченко М. Г. Об украинских видах тонконога (<i>Koeleria Pers.</i>) подсекции <i>Splendentes Domin</i>	41
Тверетинова В. В. Некоторые итоги комплексного изучения внутривидовой изменчивости овсяницы красной (<i>Festuca Rubra L. s. l.</i>) флоры Украины	44
Пояркова Е. Н. Морфологическая характеристика степных популяций пырея ползучего (<i>Elytrigia repens Desv.</i>) на Украине	48
Ермоленко Е. Д. О сроках и суточных ритмах цветения овсяницы луговой (<i>Festuca pratensis Huds.</i>) и овсяницы восточной (<i>Festuca orientalis Kern.</i>)	51
Верниченко Ю. В. Особенности суточной ритмики цветения душистого колоска (<i>Anthoxanthum odoratum L.</i>) в условиях Харьковской области	54
Горелова Л. Н. О некоторых редких и реликтовых растениях Харьковской области	56

Физиология и биохимия растений

Самохвалов Г. К. О физиологическом состоянии растений во время засухи и о показателях потребности их в поливах	59
Самохвалов Г. К., Зацепя Ю. Ф., Шерстнюк Н. И. О физиологических особенностях скороспелых и позднеспелых растений	62
Зацепя Ю. Ф., Кроль В. А. Влияние гипсования на азотный, углеводный и фосфорный обмен растений, выращенных на фоне содового и хлоридного типов засоления	67
Кравченко А. П. Исследование растворимых белков хлоропластов пшеницы хроматографией на ДЭАЭ-целлюлозе	70

Кравченко А. П., Пирметов К. Ш. Активность фотосинтетического аппарата разных сортов пшеницы в зависимости от условий минерального питания	72
Педаш Ф. И. Оптические свойства пигментов хлоропластов листьев у интродуцируемых древесных растений	74
Педаш Ф. И., Курбарова Н. Г. Азотный, фосфорный и углеводный обмен в годичном цикле развития листопадных магнолий в условиях северо-востока Украины	77
Красильникова Л. А., Переверзева В. Ф. Влияние элементов минерального питания на окислительное фосфорилирование митохондрий	80
Петренко М. Б. Участие микроорганизмов в превращении фосфорсодержащих соединений семядолей прорастающих семян гороха	82
Липовецкая Н. В. Влияние минеральных удобрений на биологическую активность почвы под бессменной культурой сахарной свеклы	85
Пилипенко Т. И. О некоторых количественных и качественных различиях РНК при дефиците цинка у фасоли	88
Захарчишина В. А. Влияние недостатка цинка на активность карбоангидразы в цитоплазматических структурах ячменя	92
Тимашов Н. Д., Белокопытова В. С. Влияние предпосевной обработки семян вики микроэлементами на активность альдолазы	96
Романцов А. П. Влияние борной недостаточности на содержание аминокислот в белках клеточных стенок подсолнечника	100

Фитопатология и иммунитет растений

Ярошенко Т. В. Реакции ядра клетки как выражение иммунитета растений	104
Зубко И. Я. Влияние никеля на нуклеиновый обмен яровой пшеницы в связи с повышением ее устойчивости к пыльной головне	110
Соболевская А. И. Характер устойчивости ячменя к пыльной головне	115
Леонова Л. И., Ярошенко Т. В. Изменение в активности ферментов при поражении огурцов мучнистой росой	117
Федосеева З. Н., Сафонова Т. С., Евланова Т. М. Физиология питания возбудителя пузырчатой головни кукурузы — <i>Ustilago zeae</i> (Beckm.) Ung.	120
Гребенчук Е. А., Балькина Л. М. Рост и развитие возбудителя мучнистой росы в стерильных условиях (предварительное сообщение)	124
Федосеева З. Н., Некоторые биологические особенности возбудителя головни лука. — <i>Urocystis cepulae</i> Frost	127

ВЕСТНИК ХАРЬКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 126

Биология, выпуск 7

Редактор Л. Ф. Кизилова

Технический редактор Г. П. Александрова

Корректоры Л. П. Пипенко, Н. С. Калинина

Сдано в набор 17/VII-74 г. Подписано в печать 8/VII-75 г.
Формат 60×90^{1/16}. Бумага типографская № 2. Усл.-печ.
л. 8,5. Уч.-изд. л. 8,2. Тираж 1000. Заказ 1359. БЦ 30329.
Цена 60 коп.

Издательство издательского объединения «Вища школа»
при Харьковском государственном университете, 310003,
Харьков, 3, Университетская, 16.
Харьковская городская типография № 16 Областного управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Харьков, Университетская, 16.

РЕФЕРАТЫ

УДК 582.25/582.26

Некоторые итоги и задачи альгологических исследований в связи с очисткой сточных вод. Матвиенко А. М. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 3—6.

Приводится обзор работ, посвященных видовому составу альгофлоры и использованию водорослей в очистке и доочистке сточных вод. Говорится об исследованиях в этом направлении ученых Москвы, Минска и Киева, описываются исследования, проведенные на кафедре низших растений ХГУ.

Библиогр. 10.

УДК 582.263 : 581.6 : 08

Культивирование водорослей на стоках шерстомоечного производства. Догадина Т. В. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 6—10.

Излагаются результаты лабораторных опытов с культурами *Chlorella vulgaris* Beijer. и *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kutz. Сделан вывод о целесообразности применения массовых культур водорослей в очистке стоков шерстомоечного производства после предварительной обработки сточной жидкости химическими коагулянтами.

Библиогр. 12.

УДК 582.25 : 628.3

О «цветении» сточных вод. Догадина Т. В., Ильченко Н. И. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 10—14.

Рассматриваются случаи массового развития водорослей в водоемах очистных сооружений. Отмечается, что наиболее часто «цветение» сточных вод вызывают представители протококковых, вольвоксовых и эвгленовых водорослей.

Табл. 2. Библиогр. 5.

УДК 628.3+582.232

Протококковые водоросли водоемов сахарных заводов. Ильченко Н. И. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 14—17.

В 64 водоемах сахарных заводов зарегистрировано 128 видовых и внутривидовых таксонов протококковых водорослей, в том числе — 120 в технических прудах и 72 — в отстойниках. Общими для прудов и отстойников оказались 36 таксонов, из которых широко распространенными являются *Ankistrodesmus acicularis*, *A. pseudomirabilis*, *Scenedesmus quadricauda*, *Crucigenia quadrata*, *C. tetrapedia*.

Библиогр. 5.

УДК 581.526.325 (28) + 577.472 (28)

О сезонных изменениях численности и биомассы фитопланктона Печенежского водохранилища. Жупаненко Р. П. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 17—19.

Приводятся данные о развитии фитопланктона Печенежского водохранилища в связи с сезонными колебаниями физико-химического режима вод.

Библиогр. 6.

УДК 582.263 : 581.9 (477.62)

О составе и динамике протококковых водорослей Печенежского водохранилища. Жупаненко Р. П. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 19—21.

Приводятся данные о распределении и сезонных изменениях видового состава, численности и биомассы протококковых водорослей в Печенежском водохранилище. Установлено неравномерное распределение их по акватории водохранилища и по сезонам года.

Библиогр. 1.

УДК 582.281.12

с. 26—31.

Сравнительная характеристика фикомицетов различных водоемов Харьковской области. Мещерякова Р. И. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 22—26.

Исследован видовой состав фикомицетов рек, болот, прудов, сточных вод Харьковской области. Выделено 94 видовых и внутривидовых таксона из 23 родов 11 семейств 8 порядков.

Табл. 2. Библиогр. 14.

УДК 582.282.112(477.54)

Мучнисто-росяные грибы Харьковской области. Гребенчук Е. А., Шерстюк А. К. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 26—31.

Установлена принадлежность мучнисто-росяных грибов Харьковской области к 14 видам 6 родов семейства Erysiphaceae. Впервые для Харьковской области описаны: *Sphaerotheca macularis* Magnau f. *gei* Jacz., *Erisiphe graminis* DC f. *dactylidis* Jacz., *Erysiphe cichoracearum* DC f. *tanacetii* Jacz.

Табл. 2. Библиогр. 17.

УДК 581.542.1

Анатомические и антологические особенности двух видов щучки (Deschampsia Beauv.) флоры Украины. Прокудин Ю. Н., Зубашенко А. В. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 31—38.

Проведено сравнительное изучение анатомического строения листьев двух видов щучки — *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv. и *D. flexuosa* (L.) Trin. Показано, что они хорошо различаются по форме листовой пластинки на поперечном разрезе, числу ребер и их форме, числу проводящих пучков и их типам, строению клеток эпидермы и другим анатомическим особенностям, а также по суточным ритмам цветения.

Ил. 3. Библиогр. 5.

УДК 581.8

Особенности анатомического строения листовых пластинок овсецов (Helictotrichon Bess.) украинской флоры. Вовк А. Г., Черная Г. А. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 38—40.

Проведено сравнительно-анатомическое изучение восьми видов овсецов украинской флоры. Выявлены общие и отличительные анатомические признаки для всех видов.

Ил. 1. Библиогр. 3.

УДК 582.542.1

Об украинских видах тонконога (Koeleria Pers.) подсекции Splendentes Domin. Калениченко М. Г. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 41—44.

Показана неоднородность тонконога блестящего (*K. splendens* s. lat.). В его пределах выделяются *K. lobata* (Beib.) Roem. et Schult., *K. splendens* Presl и третий вид, подлежащий описанию.

Библиогр. 3.

УДК 582.542.1+581.15

Некоторые итоги комплексного изучения внутривидовой изменчивости овсяницы красной (Festuca Rubra L. s. L.) флоры Украины. Тверетинова В. В. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 44—48.

В природе и в культуре изучены 35 образцов (номеров) украинских популяций овсяницы красной (*Festuca rubra* L. s. l.). Выделены четыре группы образцов — *F. fallax* Thuill., *F. multiflora* Hoffm., *F. rubra* L. s. str., *F. polonica* Zarat. Рассмотрены их основные морфологические признаки.

Ил. 2. Библиогр. 12.

УДК 581.4

Морфологическая характеристика степных популяций пырея ползучего (Elytrigia repens Desv.) на Украине. Пояркова Е. Н. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 48—51.

Исследованы морфологические особенности популяций пырея ползучего в степных заповедниках Украины. Установлено отсутствие повторяющихся сочетаний морфологических признаков у этих популяций.

Табл. 2. Библиогр. 8.

УДК 528.542.1—114.5(477.54) : 577.49

О сроках и суточных ритмах цветения овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) и овсяницы восточной (*Festuca orientalis* Kern.). Ермоленко Е. Д. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 51—54.

Описаны антекологические исследования популяций о. луговой и о. восточной. Установлено несовпадение времени и сроков их цветения в сезоне.

Ил. 2. Библиогр. 4.

УДК 582.542.1—114.5(477.54) : 577.49

Особенности суточной ритмики цветения душистого колоска (*Anthoxanthum odoratum* L.) в условиях Харьковской области. Верниченко Ю. В. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 54—56.

Сравниваются сроки и суточные ритмы цветения образцов душистого колоска из лесного пояса Карпат и образцов из местных популяций. Существенные различия в их сроках и ритмах цветения не установлены.

Библиогр. 9.

УДК 581.9/477.54

О некоторых редких и реликтовых растениях Харьковской области. Горелова Л. Н. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 56—58.

Описаны условия произрастания вяза стройного (*Coronilla elegans* Rapc.), хвоща большого (*Equisetum majus* Gars.) и др. видов.

Библиогр. 6.

УДК 581.1.032.3

О физиологическом состоянии растений во время засухи и о показателях потребности их в поливах. Самохвалов Г. К. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 59—62.

Показано, что при выращивании растений в условиях поливного земледелия сроки и нормы поливов следует определять по оводненности листьев и с учетом состояния молодых генеративных органов.

Табл. 3. Ил. 2.

УДК 633 : 581.14

О физиологических особенностях скороспелых и позднеспелых растений. Самохвалов Г. К., Зацепя Ю. Ф., Шерстюк Н. И. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 62—67.

Установлено, что все физиолого-биохимические процессы у скороспелых сортов кукурузы, яровой и озимой пшеницы, ярового ячменя, проса, овса, гороха и подсолнечника протекают более интенсивно и в более сжатые сроки, чем у позднеспелых.

Табл. 6. Библиогр. 3.

УДК 581.1.032

Влияние гипсования на азотный, углеводный и фосфорный обмен растений, выращенных на фоне содового и хлоридного типов засоления. Зацепя Ю. Ф., Кроль В. А. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 67—70.

Изучено влияние гипсования на обменные процессы у растений ячменя сорта Юбилейный, выращенных на фоне содового и хлоридного типов засоления.

Табл. 3. Библиогр. 6.

УДК 581.174.1 : 632.121

Исследование растворимых белков хлоропластов пшеницы хроматографией на ДЭАЭ-целлюлозе. Кравченко А. П. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 70—72.

Установлено, что растворимые белки хлоропластов гетерогенны. Белки, адсорбируемые на ДЭАЭ-целлюлозе, при элюции фосфатным буфером распределяются по фракциям неравномерно. У сорта Кавказ содержание адсорбированных белков больше, чем у сорта Украинка. При выращивании растений в условиях НРК содержание неадсорбированных белков уменьшается.

Табл. 1. Библиогр. 4.

УДК 581.144.7 : 612.2

Активность фотосинтетического аппарата разных сортов пшеницы в зависимости от условий минерального питания. Кравченко А. П., Пирметов К. Ш. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 72—74.

Изучено циклическое, нециклическое фотофосфорилирование и интенсивность реакции Хилла в хлоропластах пшеницы сортов Украинка, Мироновская 808 и Кавказ. Показано, что фотохимическая активность хлоропластов зависит от сорта и условий минерального питания растений.

Табл. 2. Библиогр. 5.

УДК 581.174.1

Оптические свойства пигментов хлоропластов листьев у интродуцируемых древесных растений. Педаш Ф. И. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 74—77.

Изучены оптические свойства (максимум поглощения, оптическая плотность, удельное поглощение) комплекса пигментов хлоропластов листьев у 25 видов древесных растений в условиях Харьковской области.

Табл. 1. Библиогр. 3.

УДК 581.13+635.9

Азотный, фосфорный и углеводный обмен в годичном цикле развития листопадных магнолий в условиях северо-востока Украины. Педаш Ф. И., Курбарова Н. Г. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 77—80.

Отмечено снижение содержания общего, небелкового и белкового азота в листьях магнолий в период скрытого роста, наиболее высокое накопление липидного фосфора — в период роста и скрытого роста, дисахаров — в период вынужденного покоя.

Табл. 1. Библиогр. 4.

УДК 631.811 : 546.02

Влияние элементов минерального питания на окислительное фосфорилирование митохондрий. Красильникова Л. А., Переверзева В. Ф. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 80—82.

Изучено влияние элементов минерального питания на окислительное фосфорилирование и АТФ-азную активность митохондрий из листьев гороха и пшеницы и на содержание в них фосфолипидов и белков. Наиболее значительное снижение указанных процессов отмечено в митохондриях из растений гороха, выращенных на питательной среде без калия.

Табл. 2. Библиогр. 6.

УДК 631.46 : 581.19

Участие микроорганизмов в превращении фосфорсодержащих соединений семян гороха. Петренко М. Б. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 82—85.

Отмечено различное влияние бактерий, развивающихся на поверхности и внутри прорастающих семян, на интенсивность формирования проростков.

Табл. 1. Библиогр. 6.

УДК 576.8 : 631.46

Влияние минеральных удобрений на биологическую активность почвы под бессменной культурой сахарной свеклы. Липовецкая Н. В. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 85—88.

Установлено, что многолетнее внесение минеральных удобрений под бессменную культуру сахарной свеклы снижает численность бактериальной микрофлоры и активность некоторых почвенных ферментов.

Табл. 2. Библиогр. 6.

УДК 581.133

О некоторых количественных и качественных различиях РНК при дефиците цинка у фасоли. Пилипенко Т. И. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 88—92.

Изучалось действие дефицита цинка на количественный и качественный состав высокополимерной (ВП) и низкополимерной (НП) РНК и состояние РНК в рибосомах растений фасоли, выращенной в водной культуре. Пока-

зано, что при цинковом голодании ВП РНК подвержена большим изменениям по сравнению с НП.

Табл. 4. Библиогр. 11.

УДК 581.133

Влияние недостатка цинка на активность карбоангидразы в цитоплазматических структурах ячменя. Захарчишина В. А. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 92—95.

Изучалось действие цинка на активность карбоангидразы в хлоропластах и листьях 10-, 20- и 50-дневных растений ячменя, выращенного в водной культуре. Установлено, что исключение цинка из питательной среды снижает активность фермента в исследуемых объектах.

Табл. 3. Библиогр. 12.

УДК 581.133

Влияние предпосевной обработки семян вики микроэлементами на активность альдолазы. Тимашов Н. Д., Белокопытова В. С. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 96—100.

Изучено влияние кратковременного (5 мин) смачивания семян вики яровой в растворах Co, Zn, B, Mo на активность альдолазы в субклеточных структурах 10-дневных проростков и листьев растений полевой культуры.

Табл. 3. Библиогр. 7.

УДК 581.176 : 547.965

Влияние борной недостаточности на содержание аминокислот в белках клеточных стенок подсолнечника. Романцов А. П. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 100—103.

Определялось влияние борной недостаточности на количественное содержание аминокислот и аминного азота в белках клеточных стенок первичных листьев с точками роста и в корнях подсолнечника.

Табл. 2. Библиогр. 10.

УДК 632.938 + 576.312

Реакции ядра клетки как выражение иммунитета растений. Ярошенко Т. В. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 104—109.

Рассмотрены реакции ядер клеток на внедрение патогена. Отмечены изменения при этом формы и размеров ядер, явление дегенерации и лизиса возбудителя в клетках растения-хозяина.

Ил. 4. Библиогр. 18.

УДК 632.938 + 581.19

Влияние никеля на нуклеиновый обмен яровой пшеницы в связи с повышением ее устойчивости к пыльной головне. Зубко И. Я. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 110—115.

Установлено, что введение в питание яровой пшеницы микроэлемента никеля нарушает метаболизм растений: накапливается сумма нуклеиновых кислот, ДНК и РНК (фаза кушения) в тканях устойчивого («Отечественная») и восприимчивого («Лютесценс 62») сортов к пыльной головне.

Табл. 4. Библиогр. 11.

УДК 632.2 : 282.285.1

Характер устойчивости ячменя к пыльной головне. Соболевская А. И. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 115—117.

Описано состояние возбудителя пыльной головни ячменя *Ustilago nuda* (Jens) Rostr. в тканях сортов с разной степенью устойчивости. Выявлены иммунологические реакции.

Табл. 1. Библиогр. 3.

УДК 632.2 : 582.282.112

Изменение в активности ферментов при поражении огурцов мучнистой росой. Леонова Л. И., Ярошенко Т. В. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 117—120.

Установлена высокая активность каталазы и пероксидазы при сильном поражении огурцов мучнистой росой и коррелятивная связь активности указанных ферментов питающего растения и патогена.

Табл. 2. Библиогр. 6.

УДК 582.285.1

Физиология питания возбудителя пузырчатой головни кукурузы — *Ustilago zeae* (Beckm.) Ung. Федосеева З. Н., Сафонова Т. С., Евланова Т. М. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 120—124.

Установлено, что гриб *Ustilago zeae* хорошо усваивает глюкозу, несколько хуже — сахарозу, мальтозу, галактозу; крахмал в концентрациях 0,5 и 5% и декстрин 0,5% почти не утилизируются грибом. В отсутствие макроэлементов калия и фосфора культура подвергалась регрессивным изменениям. Процессы дегенерации морфологических образований протекали интенсивно, заканчиваясь лизисом.

Табл. 2. Ил. 2. Библиогр. 6.

УДК 582.282.112

Рост и развитие возбудителя мучнистой росы в стерильных условиях (предварительное сообщение). Гребенчук Е. А., Балыкина Л. М. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 124—126.

Установлено, что выращивание проростков пшеницы в стерильных условиях и последующее совместное культивирование их с возбудителем мучнистой росы можно проводить на модифицированной среде Кнопа с микроэлементами при температуре 19—23°С в пробирках 40×350 мм.

Библиогр. 10.

УДК 582.285.1

Некоторые биологические особенности возбудителя головни лука — *Urocystis cepulae* Frost. Федосеева З. Н. — «Вестник Харьковского университета. Биология», 1975, вып. 7, с. 127—129.

Приводятся данные о характере прорастания хламидоспор возбудителя головни лука в условиях различной температуры и влажности почвы в лабораторных и полевых опытах. Установлено, что данный возбудитель в отличие от других головневых грибов обладает значительной гетерохронностью прорастания.

Ил. 1. Библиогр. 5.