

УДК 633.18:581.1.051

UDC 633.18:581.1.051

**ВЫРАЩИВАНИЕ РИСА В УСЛОВИЯХ
ЗАСОЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ
РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА**

**CULTIVATION OF RICE IN CONDITION OF
SALINITY WITH APPLICATION OF GROWTH
REGULATORS**

Кононенко Светлана Владимировна
аспирант
Третьякова Ольга Ивановна
к.б.н., доцент
Федулов Юрий Петрович
д.б.н., профессор
Третьяков Георгий Иванович
к.б.н., ведущий научный сотрудник
Доценко Сергей Павлович
д.х.наук, профессор
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Kononenko Svetlana Vladimirovna
Post-graduate student
Tretyakova Olga Ivanovna
Cand. Biol.Sci., associate professor
Fedulov Yuri Petrovich
Dr. Sci.Biol., professor
Tretyakov Georgy Ivanovich
Cand. Biol.Sci., leading scientist
Dotsenko Sergey Pavlovich
Dr. Sci.Chem., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Изучалось влияние полимерных рострегуляторов- пленкообразователей (ПОР) на рост и развитие растений риса при выращивании их в условиях засоления. Предпосевная обработка семян ПОР увеличивает энергию прорастания, всхожесть семян, длину и массу проростков. ПОР приводят к увеличению электрохимического градиента на мембранах тилакоидов хлоропластов и скорости транспорта электронов между фотосистемами I и II, снижают токсическое действие засоления, улучшают параметры структуры урожая риса при выращивании его в условиях засоления.

In the course of research the impact of polymeric pellicle-forming growth regulators (PGR) on the growth and development of rice plants while cultivated in conditions of salinity has been studied. It was ascertained that preseeding PGR treatment of seeds at the rate of 10 liters of solution for 1 (one) ton of seeds boosts germination energy, germinating ability of seeds, sprouts' length gets extended and weight enlarged. PGR lead to increase of electrochemical gradient on the membranes of chloroplasts' tilacoids and acceleration of electrons transport between I and II photo systems. PGR diminish toxicity of salinity which is fixed in parameters measured in experiments that are close to the control values. PGR application improves parameters of the structure of rice crop cultivated in conditions of salinity.

Ключевые слова: РИС, ПРОРАСТАНИЕ, РОСТРЕГУЛЯТОРЫ, ФОТОСИСТЕМЫ, ЗАСОЛЕНИЕ, ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛИ

Key words: RICE, GERMINATION, GROWTH REGULATORS, PHOTO SYSTEMS, SALINITY, PELLICLE-FORMING

Кубань является основным районом производства риса в России, где сосредоточено более половины его площадей. В настоящее время рисоводство на Кубани, как и в целом по Российской Федерации, переживает определенные трудности. Повышение эффективности отрасли возможно лишь за счет соблюдения научно обоснованных и экологически сбалансированных технологий возделывания риса, максимально учитывающих особенности почвенно-климатических условий. В Краснодарском крае, только в дельте реки Кубань, насчитывается более

160 тыс. га засоленных почв. Использование их в рисосеянии дает возможность получать дополнительные урожаи зерна, создает предпосылки для возделывания других сельскохозяйственных культур. Значительное различие потенциальной продуктивности и получаемой урожайности свидетельствует о неполном использовании биологических возможностей рисового растения. Изыскание новых экологически чистых способов повышения продуктивности культуры на засоленных почвах и их сочетание с традиционными приемами имеет большое значение. Одним из возможных способов повышения урожайности риса является применение экологически чистых регуляторов роста, обеспечивающих высокое качество продукции, позволяющих усиливать хозяйственно ценные признаки и свойства растений в пределах нормы реакции организма, обусловленной генотипом, и, таким образом, повышать продуктивность растений.

Необходимость решения этих вопросов определила направление наших исследований, в ходе которых проводили испытание новых физиологически активных и экологически безопасных веществ - полимерных рострегуляторов-плёнкообразователей (ПОР) – с целью повышения продуктивности риса на засоленных землях. В соответствии с поставленной целью основными задачами настоящего исследования были: выявление в лабораторных условиях оптимальных концентраций изучаемых веществ, применяемых для предпосевной обработки семян, исследование реакции фотосинтетического аппарата растений на предпосевную обработку семян и условия минерального питания, установление влияния оптимальной концентрации вещества на элементы структуры урожая.

Методика исследований. Объектом исследований в лабораторном и вегетационном опытах являлись растения риса (*Oryza sativa* L.) сорта Спальчик, включенного в список наиболее ценных сортов [1],

являющегося отечественным стандартом солеустойчивости [2]. Семена риса сорта Спальчик обрабатывали растворами поливинилового спирта (ПВС) и сополимера акриламида, акриловой кислоты и триакрилоилгексагидро-1,3,5-*сим*-триазина (СПАК). Приведенные полимеры способны при температуре ниже 12°C лишь набухать, а при повышении температуры и растворяться в воде. Обработку семян проводили из расчета 10 л раствора на одну тонну семян. Использовали предварительно приготовленные растворы ПР и раствор гетероауксина. В лабораторных опытах проводили исследование влияния ПР на энергию прорастания и всхожесть семян риса, длину корней и надземной части проростков. Выращивание семян и подсчет параметров проводили согласно ГОСТу 12038-84 [3]. Проводили три серии опытов, каждая - в трехкратной повторности. Длину проростков и корней определяли, выращивая растения в почвенной культуре в растильнях. В качестве удобрений использовали карбамид, суперфосфат двойной и сульфат калия. Норма внесения $N_{120}P_{90}K_{60}$ [2]. Выращивание растений в условиях засоления проводили по методике Удовенко [4]. Для создания 0.2 %-ного засоления использовали хлорид натрия из расчета 2 г на 1 кг почвы. Определяли энергию прорастания и всхожесть как указано выше. На десятые сутки измеряли длину корней и надземной части проростков и их массу после высушивания при 105°C до постоянной массы. Повторность вегетационного опыта трехкратная. Опыт проводили на вегетационной площадке в дендрарии КубГАУ. Рис выращивали в сосудах, вмещавших по 6 кг почвы по Удовенко [4]. Сев провели 10 мая 2007 года. К началу кущения оставили по 15 растений в каждом сосуде. Водный режим – укороченное затопление. В ходе вегетационного опыта определяли содержание фотосинтетических пигментов по Годневу [5] с помощью Spеcol –21 в фазы всходов и кущения в верхних полностью сформировавшихся листьях, в фазы цветения и молочной спелости - во

флаговых листьях. Индукционные кривые замедленной флуоресценции (ИК ЗФ) регистрировали на установке с фосфороскопом по Третьякову Г.И. [6]. Время между возбуждающей вспышкой света, интенсивность которого равна $1.03 \cdot 10^5 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}$, и началом регистрации сигнала составляло 1,2 мс. Определяли показатели структуры урожая после достижения растениями риса полной спелости. Урожай зерна приводили к стандартной влажности. Математическую обработку данных об энергии прорастания, всхожести, длине и массе корней и надземной части, содержании фотосинтетических пигментов проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение. Одной из ключевых проблем при возделывании риса является получение дружных всходов. От её успешного решения зависит эффективность применения в процессе вегетации растений различных агротехнических приёмов. Поэтому при изучении влияния биологически активных веществ на рост и развитие растений сельскохозяйственных культур особое внимание уделяют изменению энергии прорастания и всхожести семян [7].

Нами установлено, что предпосевное замачивание семян растворами полимерных рострегуляторов (ПОР) оказывает стимулирующее действие на рост и развитие растений риса на начальных этапах: в исследуемом диапазоне концентраций ПВС и СПАК достоверно увеличивают по сравнению с контролем энергию прорастания и всхожесть, сухую массу корней и проростков, длину проростков (рис.1). Для ПВС оптимальной является концентрация 0,0005%, а для СПАК – 0,005%, в вариантах с которыми прибавка составила 81,3% и 84,8% соответственно. Действие СПАК превышает рострегулирующий эффект ПВС, что позволило в последующих экспериментах исследовать только действие первого. Прибавки к контролю изучаемых параметров в вариантах с ПОР выше, чем в варианте с гетероауксином.

Действие засоления на содержание фотосинтетических пигментов обусловлено временем действия солей, их концентрацией и весьма неоднозначно [8,9, 10, 11, 12]. Огромное влияние на содержание фотосинтетических пигментов оказывает уровень обеспечения элементами минерального питания [13].

На разных этапах онтогенеза риса абсолютное содержание пигментов в листьях и соотношение между отдельными вариантами опыта меняется (табл. 1). Максимальное содержание общего хлорофилла наблюдается в период интенсивного вегетативного роста - в фазу всходов и уменьшается к концу вегетации, что хорошо согласуется с [14]. Соотношение содержания хлорофилла между отдельными вариантами в значительной степени обусловлено наличием элементов минерального питания в почве. Так, в фазу всходов на неудобренном фоне СПАК и гетероауксин вызывают увеличение содержания хлорофилла (23,3 и 2,4% соответственно), а хлорид натрия - некоторое снижение (0,5%).

На удобренном фоне содержание общего хлорофилла превышает контрольное во всех вариантах, за исключением варианта, сочетающего обработку семян и засоление. В фазу молочной спелости картина меняется. На неудобренном фоне гетероауксин и СПАК уменьшают содержание общего хлорофилла по отношению к контролю, а хлорид натрия - увеличивает. На удобренном фоне происходит снижение этого показателя во всех вариантах. Некоторое увеличение обсуждаемого параметра при переходе от фазы цветения к фазе молочной спелости в вариантах с солью на неудобренном фоне свидетельствует, согласно [8], об адаптации растений к длительному воздействию солей. Вероятно, у молодых растений засоление субстрата заметно снижает продуктивность фотосинтеза, возможно, за счёт дисбаланса ионов в клетке [12], с возрастом же это

явление проявляется слабее и даже приобретает обратный характер. Содержание каротиноидов в нашем эксперименте также снижалось в процессе вегетации растений от всходов до начала созревания. Соотношения между вариантами в фазу всходов повторяет таковое для хлорофиллов.

Наши исследования (вегетационный опыт, 2007 г.) показали, что на параметры индукционных кривых замедленной флуоресценции (ИК ЗФ), измерение которых традиционно используют для изучения первичных реакций фотосинтеза, оказывают влияние все исследуемые условия внешней среды (таблица 2). В наших экспериментах первый максимум ИК ЗФ наблюдался только в виде плеча на кривой индукционного возрастания ЗФ, так как скорость оттока электронов от первичного акцептора фотосистемы II была велика [14].

Таблица 1

Содержание хлорофилла в листьях риса сорта Спальчик (2007 г.)

Вариант опыта	Содержание общего хлорофилла							
	Всходы		Кущение		Цветение		Молочная Спелость	
	мг/кг	*	мг/кг	*	мг/кг	*	мг/кг	*
Контроль	5.05		4.08		4.43		4.22	
СПА K0.001%	6.23	+23.3	4.65	+	4.08	-7.9	3.80	-
Гетероауксин 0.001%	5.18	+2.4	3.90	-4.5	4.38	-1.1	3.71	-
NaCl 0.2%	5.03	-0.5	4.07	-0.4	4.17	-5.8	4.46	+
СПАK0.001%+NaCl 0.2%	5.43	+7.4	4.63	+13.4	4.39	-1.0	4.68	+
NaCl 0.2% +N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀	5.56	+10.0	5.20	+27.2	4.41	-0.6	4.10	-
N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀	5.5	+8.9	5.06	+24.0	4.37	-1.4	3.90	-
СПАK0.001%+N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀	5.55	+9.8	4.96	+21.3	4.35	-1.8	3.92	-
СПАK0.001%+ N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀ + NaCl 0.2%	5.00	-1.0	5.03	+23.1	4.62	+4.2	4.13	-
F ₀₅	159.4		1796		348		15000	
F _{t05}	2.51		2.51		2.51		2.51	
HCP ₀₅ , %	11.7		0.7		0.18		0.19	

* - отклонение от контроля, %

Второй максимум ИК ЗФ возрастает в процессе вегетации от всходов до цветения, затем снижается к началу созревания во всех вариантах;

следовательно, такой же динамике подвержена и величина протонного градиента на мембранах тилакоидов хлоропластов. Время наступления второго максимума t_2 увеличивается во всех вариантах от всходов к кущению, а далее в его изменениях не прослеживаются общие закономерности. Предпосевная обработка СПАК, гетероауксином и внесение удобрений увеличивает второй максимум по сравнению с контролем и уменьшает время его наступления, что говорит о большей интенсивности процессов энергизации фотосинтетических мембран в этих вариантах. Хлорид натрия на удобренном и неудобренном фонах в стадии всходов также повышает величину второго максимума и снижает время его наступления, что говорит об отсутствии его ингибирующего влияния на фотосинтез растений риса в этой фазе роста. Это согласуется с результатами работ, указывающих на лёгкий стимулирующий эффект небольших концентраций хлорида натрия [6, 15].

В фазу кущения предпосевная обработка семян СПАК и гетероауксином, минеральные удобрения значительно повышают второй максимум и снижают время его наступления. Хлорид натрия на удобренном и не удобренном фоне снижает интенсивность первичных процессов фотосинтеза, что проявляется в понижении величины второго максимума и увеличении времени его наступления. При этом для обоих уровней минерального питания характерно проявление солепротекторного действия СПАК. Можно предположить, что предпосевная обработка семян СПАК, увеличивая на ранних стадиях рост растений риса, приводит к формированию большей ассимилирующей поверхности, повышает интенсивность процессов биосинтеза, что улучшает согласованность работы отдельных элементов фотосинтетического аппарата на начальных фотофизических стадиях. Подобные закономерности прослеживаются также в фазу молочной спелости. Однако, необходимо отметить, что

динамика изменения параметров ИК ЗФ в процессе вегетации требует дальнейшего изучения.

Наиболее достоверной оценкой степени действия неблагоприятных факторов внешней среды, в том числе и засоления, является изучение изменения продуктивности при выращивании сорта в условиях вегетационного или полевого опыта [16]. По таким параметрам, как высота растений, длина метёлок, масса 1000 зёрен, урожай зерна (г/сосуд) были получены достоверные различия по вариантам (табл. 3). Выращивание растений на почве, в которую были внесены минеральные удобрения, привело к увеличению высоты растений и длины метёлок, что хорошо согласуется с [13].

Таблица 2

Влияние полимерного рострегулятора и условий выращивания на параметры индукционных кривых замедленной флуоресценции листьев риса сорта Спальчик (вегетационный опыт, 2007 г.)

Вариант опыта	Параметры ИК ЗФ							
	Всходы		Кущение		Цветение		Молочная спелость	
	I _{m2} , отн.ед.	t ₂ , с	I _{m2} , отн.ед.	t ₂ , с	I _{m2} , отн.ед.	t ₂ , с	I _{m2} , Отн.ед.	t ₂ , с
Контроль	14.2	11.0	25.0	12.4	69.5	11.0	63.0	10.4
СПАК0.001%	26.5	4.6	39.5	10.7	102.2	5.2	67.5	14.3
Гетероауксин 0.001%	19.0	8.0	30.0	11.8	98.0	6.5	55.0	7.8
NaCl 0.2%	18.0	7.8	23.0	15.6	106.8	5.2	49.5	16.9
СПАК0.001% + NaCl 0.2%	25.2	9.1	38.3	11.2	117.0	15.6	60.0	10.4
NaCl 0.2% + N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀	17.8	9.8	28.7	16.9	112.0	10.4	48.5	13.0
N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀	21.5	7.8	32.4	13.1	123.2	9.1	57.8	11.0
СПАК0.001% + N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀	30.0	11.7	41.0	12.7	85.5	11.0	79.5	11.7
СПАК0.001% + N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀ + NaCl 0.2%	30.5	8.4	41.5	13.2	150.5	2.6	66.5	12.4

Засоление на не удобренном фоне практически не изменяет высоты растений. СПАК и гетероауксин увеличивают высоту растений в отсутствие удобрений. Самое большое увеличение высоты наблюдается в варианте, где предпосевная обработка СПАК сочетается с засолением почвы на удобренном фоне. Длина метёлок в нашем опыте достоверно увеличивается под влиянием СПАК, удобрений и при сочетании

Таблица 3

Показатели структуры урожая риса сорта Спальчик в зависимости от условий выращивания (вегетационный опыт, 2007 г.)

Вариант опыта	Показатели структуры урожая							
	Длина, см		Масса 1000 зерен,		Урожай зерна		Всхожесть полученных семян,	
	Растения	метелки	г	*	г/сосуд	*	%	*
Контроль	40.23	7.11	27.19	-	6.27	-	67.3	-
СПАК0.001%	49.0	9.21	31.9	+17.4	9.24	+47.4	81.3	+21.0
Гетероауксин 0.001%	43.41	8.24	28.5	+4.8	7.72	+23.1	74.0	+10.0
NaCl 0.2%	40.34	6.70	22.57	-17.0	4.33	-30.9	65.3	-3.0
СПАК0.001%+ NaCl 0.2%	49.49	9.38	26.89	-1.1	9.81	+56.4	74.0	+10.0
NaCl 0.2% + N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀	49.24	8.80	26.23	-3.5	7.73	+23.3	76.0	+12.9
N ₁₂₀ P ₉₀ N ₆₀	54.15	9.58	30.27	+11.3	10.79	+72.1	79.3	+17.8
F ₀₅	14.41	21.37	25.96		48.13		5.05	
Ft ₀₅	2.51	2.51	2.51		2.51		2.51	
HCP ₀₅ , %			5.8		14.5		11.1	

* - отклонение от контроля, %

обработки семян с внесением удобрений как при засолении почвы, так и без него. Засоление несущественно снижает данный показатель. Масса тысячи зёрен является весьма стабильной характеристикой сорта, изменяющейся под действием факторов внешней среды в пределах нормы реакции данного генотипа. В нашем опыте она достоверно снижалась под

влиянием хлоридного засоления на обоих фонах обеспечения элементами минерального питания, что согласуется с [10], и увеличивалась под влиянием удобрений, СПАК на удобренном и не удобренном фонах. СПАК оказывает солепротекторное действие на обоих фонах минерального питания. Урожай зерна, рассчитанный в граммах на сосуд, увеличивается под действием удобрений и снижается под влиянием засоления, что согласуется с [17, 18]. Гетероауксин на неудобренном фоне и СПАК на обоих фонах минерального питания повышают этот параметр. Достоверно солепротекторное действие СПАК на урожай зерна на обоих фонах.

Семена, полученные в ходе вегетационного эксперимента, были подвергнуты дополнительным исследованиям. В лабораторном опыте было исследовано влияние изучаемых в вегетационном опыте параметров на посевные качества полученных семян. По всхожести семян были установлены достоверные различия (табл. 3). У семян, полученных в варианте с засолением, наблюдается несущественное снижение всхожести. В остальных вариантах всхожесть увеличивается по сравнению с контролем. Закономерности, наблюдаемые при изменении всхожести, совпадают с таковыми по урожаю зерна .

Как показали исследования, наивысшая урожайность на незасоленном фоне получена при совместном использовании СПАК и удобрений в дозе $N_{120}P_{90}K_{60}$, где урожайность превышала контрольную на 46,7 ц/га. Качество риса в наших опытах не анализировали, поэтому условно взяли одинаковую цену реализации зерна. В результате этого стоимость валовой продукции в расчёте на один гектар в данном варианте возросла в 2,2 раза. Однако производственные затраты за счёт внесения минеральных удобрений и дополнительные затраты на уборку урожая возросли лишь в 1,45 раза.

При выращивании риса в условиях почвенного засоления наилучшим также является вариант, сочетающий предпосевную обработку семян СПАК с внесением удобрений в указанной дозе. Уровень рентабельности при этом возрос на 117,8 пунктов. Таким образом, как на засоленном, так и на незасоленном субстрате наиболее эффективно сочетание применения СПАК с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{90}K_{60}$. Эффект от данных приёмов выше на засоленном фоне.

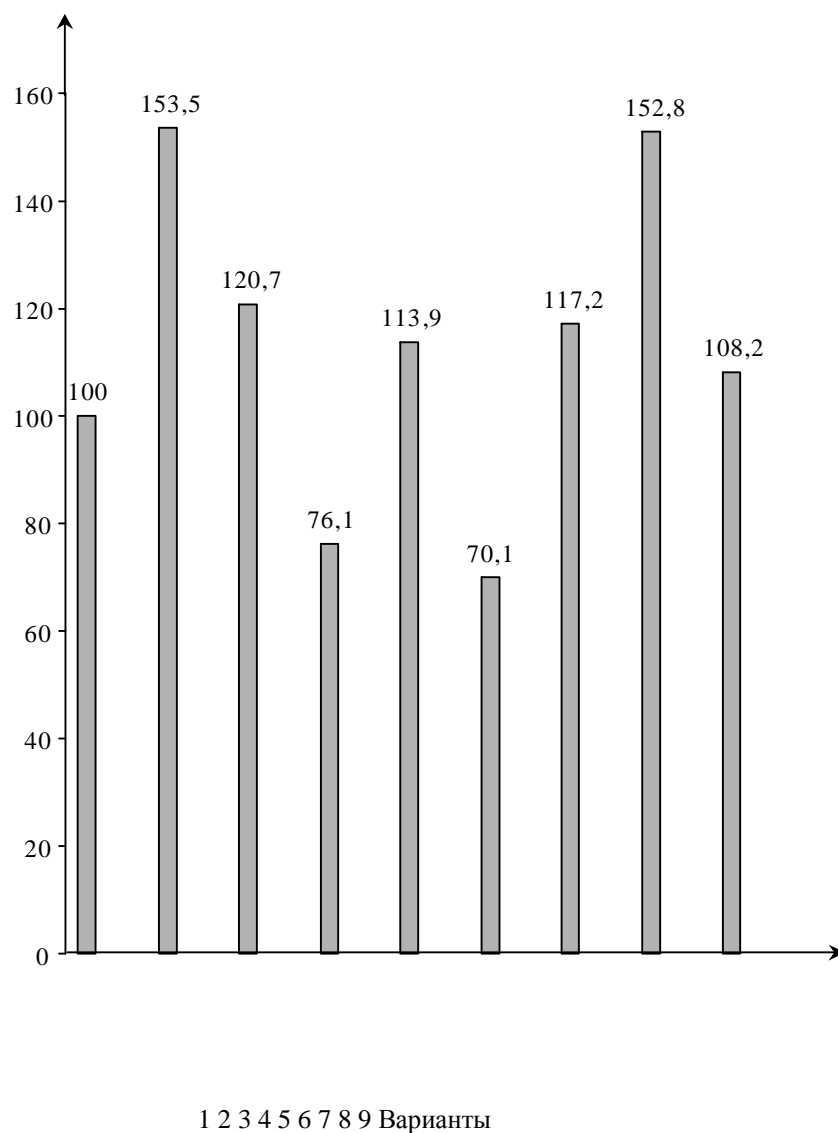


Рис.1. Влияние условий выращивания на длину десятидневных проростков риса сорта Спальчик (лабораторный опыт, 2007 г.)

1 - Контроль 6 - NaCl 0,2% + N₁₂₀P₉₀K₆₀

2 - СПАК 0,001% 7 - N₁₂₀P₉₀K₆₀

3 - Гетероауксин 0,001% 8 - СПАК 0,001% + N₁₂₀P₉₀K₆₀

4 - NaCl 0,2% 9 - СПАК 0,001% + NaCl 0,2% + N₁₂₀P₉₀K₆₀

5 - СПАК 0,001% + NaCl 0,2%

Длина проростков в контрольном варианте принята за 100 %

Литература

1. Аниканова З.Ф., Тарасова Л.Е. Рис: сорт, урожай и качество - М.: Агропромиздат, 1988, с. 9 - 26.

2. Алёшин Е.П., Алёшин Н.Е. Рис. - М. Издательство: «Заводская правда», 1993, 504 с.

3. ГОСТ 12038 - 84. Подсчёт энергии прорастания и всхожести семян.

4. Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. - Л: Колос, 1977, 215с.

5. Годнев Г.Н. Хлорофилл, его строение и образование в растении. - Минск: Изд-во АН БССР, 1963, 263с.

6. Третьяков Г.И. Физиологические исследования солеустойчивости риса: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Тбилиси, 1983. 23с.

7. Третьякова О.И., Мирсоянов Р.В., Коростелёва Л.А., Штомпель Ю.А., Заплишный В.Н. Перспективы повышения производительности деградированных чернозёмов Кубани. Тезисы докладов международной студенческой конференции «Кризис почвенных ресурсов: причины и следствия», -Санкт - Петербург, 15 - 19 декабря 1997, с. 130.

8. Алина Б.А. Устойчивость хлоропластов кукурузы к условиям засоления среды // Второй съезд Всесоюзного общества физиологов

растений, Минск, 24 - 29 сентября, 1990 / Тезисы докладов. Ч. 2. - М., 1992, с. 12.

9. Третьяков Г.И., Алёшин Е.П., Саталкина Г.И., Алёшин Н.Е. Диагностика солеустойчивости риса. // Физиологические основы солеустойчивости риса и пути её повышения / Куб.СХИ, 1988, вып. 288 (316), с. 17 - 24.

10. Kilamura K. // *Nogyo doboku gakkai ronbunshu* = *Frans. Jap. Soc. Jrrig., Drain/ aand Reelam. Eng.* - 1993, № 163, p. 29 - 33.

11. Norman T., Waldron Z.J. Salinity, photosynthesis and leaf growth // *Calif Afr.* - 1984, v. 38, № 10. p. 38 - 39.

12. Pezenski S.R. Gas exchange response of tyelo-gum (*Nyssa agqualica* L.) to flooding and salinity // *Photosynthetica.* - 1987, 21, № 4, p. 489 - 493.

13. Шеуджен А.Х., Алёшин Н.Е. Теория и практика применения микроудобрений в рисоводстве. - Майкоп: Издательство «Адыгея», 1996, 313 с.

14. Гехман А.В. Изучение кинетических характеристик фотолюминесценции растений (методы, аппаратура и результаты исследований): Автореферат дис. ... канд. техн. наук. - Красноярск: ИБФСО АН СССР, 1988, 24 с.

15. Joshi G.V. Photosynthesis under conditions of stress // *Proceedings of the Indian National Science Academy.* - 1996, v. 42, № 6, p. 281.

16. Третьякова О.И., Трифонова М.Ф., Заплишный В.Н. Влияние ионов Ca^{2+} на продуктивность риса в условиях засоления // *Агрохимия*, 1996, № 4, с. 32 – 36.

17. Beecher H.G. Effect of saline water on rise and soil properties in the Merrumbidgee valey // *Austral. J. Exp. Agr.*, 1991, 31, № 6, p. 819.

18. Sharma Prabpat K., Hall David O.H.J. Changes in carotenoid composition and photosynthesis in sorghum under high light and salt stresses // *Plant Physiol.* - 1992, 140, № 6, p. 661 - 666.