

Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЯ РИСА НА ОПЫТНЫХ УЧАСТКАХ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ РИСОСЕЯНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследований – изучение особенностей эвапотранспирации риса на опытных участках, характерных для зоны рисосеяния Ростовской области. Исследования проводились на двух участках – научном полигоне ФГБНУ «РосНИИПМ» (лизиметрический метод) и посевах риса в чеках в ООО «Маньч-Агро» Нижне-Маньчской оросительной системы (Багаевский район Ростовской области). Участки идентичны по климатическим условиям. Установлено, что опытные данные, полученные в сосудах-лизиметрах, согласуются с общими закономерностями изменения величин испарения и транспирации в других регионах. Испарение в начальный период формирования риса существенно превышает транспирацию за тот же период. Так, в период всходов – кущения доля транспирации составила всего 29 %, а испарения – 71 %. Но с фазы выхода растений в трубку наблюдается снижение расхода воды на испарение. Его доля в *ET* варьирует в разные фазы от 40 до 22 %. На опытном рисовом чеке в ООО «Маньч-Агро» масса листовой пластинки одного растения, данные о которой необходимы для расчетов транспирации риса, во всех вариантах с нормой высева 3, 7, 11 млн шт./га увеличивается от фазы кущения до восковой спелости. Наибольшее увеличение наблюдалось в варианте с нормой высева 3 млн шт./га (от 4,7 до 5,1 г). Показано, что в среднем за весь период формирования и созревания риса площадь листовой поверхности растений в варианте с нормой высева 3 млн шт./га составила 5,4 квадратных метра на 1 квадратном метре посева, а в вариантах с 7 и 11 млн шт./га соответственно на 46 и 50 % больше, что оказывает влияние и на транспирацию растений риса. Транспирация при обычной норме высева 3 млн шт./га за весь период составила 385,2 мм, или 3852 кубометра на гектар, что меньше на 12 % по сравнению с данными о транспирации на научном полигоне. Экспериментальные данные показали, что при расчетах нормы водопотребности риса для условий Ростовской области эвапотранспирация находится в пределах 800 мм, из них на транспирацию приходится около 55 %.

Ключевые слова: эвапотранспирация, испарение, транспирация, фаза развития, площадь листовой поверхности, водопотребность, рис.

G. T. Balakay, L. M. Dokuchaeva, R. E. Yurkova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

RICE EVAPOTRANSPIRATION IN EXPERIMENTAL PLOTS SPECIFIC TO RICE GROWING IN ROSTOV REGION

The purpose of the research is to study the characteristics of rice evapotranspiration in the experimental plots typical to the rice-growing zone of Rostov region. The studies were conducted in two areas – the scientific testing site of the Federal state budget scientific establishment “The Russian scientific research institute of land improvement problems” (lysimetric

method) and rice crops in paddy fields at the Manych-Agro Limited Liability Company of the Nizhnyy-Manych irrigation system (Bagaevskiy district of Rostov region). The plots are identical in climatic conditions. It was concluded that the experimental data obtained in the lysimeter vessels are consistent with the common patterns of evaporation and transpiration values change in other regions. Evaporation in the initial period of rice growth significantly exceeds transpiration in the same period. So, during the period of emergence – tillering, the transpiration and evaporation ratio were only 29 %, 71 %, correspondingly. But since the earing stage, a decrease in water consumption for evaporation is observed. Its ratio in ET varies in different phases from 40 to 22 %. In an experiment paddy field in Manych-Agro LLC, the weight of the leaf blade of a single plant which is necessary for calculating rice transpiration in all variants with a seeding rate of 3, 7, 11 mln units/ha increases from tillering stage to wax ripeness. The largest increase was observed in the variant with a seeding rate of 3 million units/ha (from 4.7 to 5.1 g). It is shown that on average for the entire period of rice formation and ripening, the plant's leaf area duration in the variant with a seeding rate of 3 million units/ha was 5.4 square meters per 1 square meter of sowing, and in variants with 7 and 11 million units/ha, respectively, 46 and 50 % more, which affects the transpiration of rice crops. Transpiration at a normal seeding rate of 3 million units/ha for the entire period amounted to 385.2 mm, or 3852 cubic meters per hectare which is less by 12 % compared with data on transpiration at the scientific testing site. Experimental data showed that, when calculating the rice water demand for the conditions of Rostov region, evapotranspiration is within 800 mm, 55 % of which is goes to transpiration.

Keywords: evapotranspiration, evaporation, transpiration, growth stage, leaf area duration, water demand, rice.

Введение. Рис лучше всего произрастает на влажных и избыточно влажных почвах. Эта однолетняя, теплолюбивая, тропического происхождения культура адаптируется к различным условиям внешней среды и получила достаточное распространение как в жарком, так и в умеренных поясах [1]. Допустимо возделывание риса и в более северных районах при использовании скороспелых высокопродуктивных сортов [2].

Одним из основных условий произрастания риса является достаточное количество влаги. Рис относится к гигрофитам и выдерживает продолжительное затопление водой слоем 10–15 см. Однако рис – культура, вынужденная переносить затопление, а не требующая затопления для своего развития [3]. Затопление риса связано в первую очередь с необходимостью борьбы с сорняками, особенно влаголюбивыми.

Согласно данным исследователей, в отдельные периоды вегетации риса потребность в воде неодинакова [4–7]. Но в то же время в районах рисосеяния, где проводились исследования, наблюдается общая закономерность изменения величин испарения и транспирации, или в целом суммар-

ного водопотребления (эвапотранспирации). Испарение в первый период развития риса существенно превосходит транспирацию. Расход воды на испарение сокращается при выходе растений в трубку. Он становится более чем в два раза меньше транспирации при выметывании и наливе зерна [6].

Данные о суммарном водопотреблении очень разнятся: от 30 % с проточностью до 50 % со сменой воды при засолении почв, а они имеют большое значение, так как являются основной составляющей оросительной нормы риса [8–13].

Так как в рисосеющих регионах инженерные оросительные системы являются главными потребителями оросительной воды, то определение суммарного водопотребления риса в различных почвенно-климатических зонах является важным условием для оптимизации поливного режима риса и в целом для сокращения непроизводительных расходов воды при его возделывании.

Физико-географические условия местности влияют на величину эвапотранспирации (суммарного водопотребления) риса, особенно при затоплении. Еще И. А. Шаров отмечал, что из природных условий среды термический режим орошаемого участка является преобладающим фактором, определяющим рост и развитие растений [14].

В условиях Северного Кавказа при урожайности риса 3–5 т/га суммарное водопотребление составляет от 6,5 до 10,0 тыс. м³/га, а в районах Средней Азии и низовьях Волги – 10–11 тыс. м³/га [15–17].

Необходимо отметить, что данные о суммарном водопотреблении в различных регионах России или отсутствуют, или получены по разным методикам и в разные годы, что не позволяет получить обобщающие закономерности, описывающие формирование расходов воды на развитие риса.

По этой причине в существующих в настоящее время нормативных документах по нормам водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур отсутствуют данные для риса [18]. По этой же причине

не разработаны нормы водопотребности риса на рисовых оросительных системах. Они также в большой степени зависят от транспирации и величины испарения с водной поверхности затопленных рисовых чеков, которые могут изменяться в широком диапазоне с учетом агроклиматических условий, водно-физических и химических свойств почв, глубины и минерализации грунтовых вод, технического состояния рисовых систем, технологии орошения при различных водных режимах. Отсюда следует, что разработка нормативов водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем должна быть основана на данных экспериментальных исследований, посвященных эвапотранспирации, в рисосеющих регионах страны.

Цель исследований – изучить особенности эвапотранспирации риса на опытных участках, характерных для зоны рисосеяния Ростовской области.

Материалы и методы. Исследования проводились на двух опытных участках – научном полигоне ФГБНУ «РосНИИПМ» и рисовых чеках в ООО «Маньч-Агро». Оба участка находятся в Багаевском районе Ростовской области и являются идентичными по климатическим условиям.

На научном полигоне изучались эвапотранспирация, испаряемость и транспирация. Для получения конкретных данных по этим показателям, являющимся одними из основных составляющих водного баланса, при выращивании риса на экспериментальном участке научного полигона был применен лизиметрический метод исследования.

В опыте были использованы лизиметры с монолитами, вырезанными из почвы рисового чека в ООО «Маньч-Агро» с уже взошедшим рисом сорта Флагман. Согласно нормативному документу ГОСТ 17.4.3.01-83, монолиты отобраны объемом 30000 см³¹.

¹ ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. – Введ. 1984-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 3 с.

В сосудах-лизиметрах с монолитами до фазы кущения поддерживали слой воды 10 см. С начала фазы кущения воду сбросили, и в дальнейшем поддерживали постоянную глубину слоя воды 0,1 м в течение всей вегетации. Лизиметры устанавливали в почве соответствующей глубины. Во избежание усадки грунта и перекосов сосудов грунт на дне тщательно трамбовали [16].

Время исследований: май – сентябрь 2018 г. Повторность опыта пятикратная. Определялись эвапотранспирация (испарение плюс транспирация) из сосудов, занятых культурой, и интенсивность транспирации листовой поверхности в лабораторных условиях. На основе полученных данных рассчитывалась величина испарения и транспирации.

Для измерения испарения с водной поверхности использовался испаритель ГГИ 3000. С помощью осадкомера определялась величина осадков. Приборы были установлены на опытной площадке. В процессе эксперимента проводились пентадные наблюдения за изменением уровня воды в лизиметрах.

Определение интенсивности транспирации срезанных листьев проводили при помощи торсионных весов по методу Л. И. Иванова [19]. В основе данного метода лежат наблюдения за трансформацией массы срезанного листа за небольшие интервалы времени, что дает возможность учитывать транспирацию при том состоянии насыщения листа водой, в котором он находился на растении. Промежуток времени между взвешиваниями должен составлять не более 5 мин.

Интенсивность транспирации фрагмента листа ($\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$) определяют по формуле:

$$T = \frac{10000 \cdot C}{S \cdot t},$$

где C – убывание в массе за время опыта, г;

S – площадь листа, см^2 ;

t – длительность опыта, ч.

В ООО «Маныч-Агро» посев риса на опытном поле в 2018 г. произведен 4 мая по трем вариантам с различной нормой высева – 3, 7 и 11 млн шт./га. Опыт проводился на фоне внесения минеральных удобрений (МУ) N₂₅₀P₂₅₀. Возделывание культуры осуществлялось по технологии затопляемого риса.

При изучении транспирации риса в полевых условиях проводились следующие морфологические наблюдения по фазам развития риса:

- количество растений на 1 м²;
- высота растений в сантиметрах;
- масса листовых пластинок одного растения в граммах;
- масса фрагмента листовой пластинки в граммах на квадратный сантиметр;
- площадь листовой поверхности растений в квадратных метрах на 1 м² посевной площади (индекс листовой поверхности).

Методом пересчета определялись потери воды в кубометрах на гектар по фазам и периодам, данные о транспирации переводились в миллиметры.

Результаты и обсуждение. В опыте на научном полигоне использовались лизиметры с монолитами, отобранными в ООО «Маныч-Агро» с рисового чека с уже взошедшим рисом. Они были доставлены на полигон, где проводились наблюдения с фазы всходов и до созревания.

Во время вегетационного периода проводилось определение транспирации с листовой поверхности в каждой фазе развития риса (таблица 1) согласно методике Л. И. Иванова [19]. Произведенные расчеты позволили установить, что наибольшая величина транспирации посевов риса отмечена в фазе цветения и составила 8,79 мм/сут. Это связано с увеличением листовой поверхности растений и интенсивной фотосинтетической активностью растений до наступления молочной спелости. После молочной спелости

сти площадь листовой поверхности сокращается и наблюдается частичное усыхание и сброс нижних листьев.

В таблице 2 представлены опытные данные по определению эвапотранспирации, т. е. суммарного водопотребления, культуры риса в лизиметрах (лизиметры 1–5). Исходя из полученных показателей, рассчитана величина транспирации и испарения в фазы развития риса. Наибольшая эвапотранспирация наблюдалась в более продолжительных периодах всходов – кущения, кущения – трубкования, выметывания – цветения, цветения – молочной спелости (соответственно 184, 144, 141 и 140 мм). Из данных таблицы 2 видно, что в период всходов – кущения это достигается за счет испарения (130 мм). Но в следующей фазе величина транспирации увеличилась до 68 мм за счет развития и увеличения листовой поверхности. Эта же тенденция сохраняется и в период выхода в трубку – выметывания – транспирация уже превосходит испарение на 45 %. Наибольшая величина транспирации отмечена в фазе цветения – молочной спелости (96 мм).

Расчеты среднесуточных значений эвапотранспирации показали, что наибольшее значение данная величина имеет в период выметывания – цветения (13,3 мм/сут) и снижается к созреванию до 4,2 мм/сут. В этот период из-за интенсивного роста возрастает транспирация, что влияет на общее суммарное водопотребление. Некоторому снижению эвапотранспирации в период от цветения до полной спелости способствовало смыкание травостоя. По нашим данным, уменьшение эвапотранспирации произошло за счет значительного снижения испарения с водной поверхности в эти периоды роста (44 и 36 мм). За весь вегетационный период суммарное водопотребление достигло 790 мм, в т. ч. транспирация – 433 мм, испарение – 357 мм. Среднесуточная эвапотранспирация составила 7,67 мм/сут.

Таблица 1 – Определение транспирации по методу Л. И. Иванова, сорт риса Флагман, опытный участок научного полигона РосНИИПМ, 2018 г.

Фаза развития риса	Начальная масса листовой навески, г	Масса после 5 мин, г	Площадь листовой навески, см ²	Разность в массе после 5 мин, г	Транспирация с 1 см ² после 5 мин, г	Транспирация с 1 м ² листьев после 5 мин, г	Площадь листовой поверхности, м ² /м ²	Транспирация с 1 м ² посева, г			
								после 5 мин, г/м ²	за 1 ч, г/м ²	за сутки, г/м ²	мм/сут
Кущение	0,238	0,234	23,83	0,004	0,00017	1,7	3,1	5,3	64,1	1539,3	1,50
Выход в трубку	0,255	0,249	21,77	0,006	0,00028	2,9	4,3	12,3	148,2	3555,9	3,56
Выметывание	0,280	0,272	21,7	0,006	0,00037	3,7	6,8	26,9	322,9	7749,9	7,75
Цветение	0,297	0,288	24,7	0,010	0,00043	4,3	7,2	30,5	366,4	8792,6	8,79
Молочная спелость	0,284	0,277	21,7	0,007	0,00031	3,1	6,5	19,9	239,6	5751,2	5,75
Полная спелость	0,276	0,273	21,8	0,004	0,00017	1,7	4,2	7,1	85,1	2041,5	2,04

Таблица 2 – Данные об эвапотранспирации, транспирации и испарении, полученные при исследованиях в лизиметрах на опытном участке научного полигона РосНИИПМ, 2018 г.

Фаза развития риса	Период наблюдений		Составляющая эвапотранспирации								Среднесуточная эвапотранспирация, мм/сут
	дата	количество суток	№ лизиметра, мм за период					всего за период, мм	Среднее		
			1	2	3	4	5		в т. ч.		
									испарение с водной поверхности, мм	транспирация, мм	
Всходы – кущение	22.05 – 20.06	29	185	182	180	186	185	184	130	54	6,3
Кущение – выход в трубку	20.06 – 08.07	18	146	142	142	145	144	144	76	68	8,0
Выход в трубку – выметывание	08.07 – 21.07	13	139	138	139	149	139	141	50	91	10,8
Выметывание – цветение	21.07 – 28.07	7	95	93	92	90	94	93	21	72	13,3
Цветение – молочная спелость	28.07 – 12.08	15	140	143	143	143	133	140	44	96	9,3
Молочная спелость – полная спелость	12.08 – 02.09	21	85	90	89	86	91	88	36	52	4,2
За период вегетации, всего		103						790	357	433	7,67
Среднесуточное значение, мм		–	–	–	–	–	–	7,67	3,47	4,20	7,67

Следует отметить, что опытные данные в некоторой степени согласуются с общими закономерностями изменения значений испарения и транспирации [6]. Результаты опыта показывают, что испарение в начальный период формирования риса существенно превышает транспирацию за тот же период. Так, в период всходов – кущения доля транспирации составила всего 29 %, а испарения – 71 %. Но с фазы выхода растений в трубку наблюдается снижение расхода воды на испарение. Его доля в *ET* варьирует в разные фазы от 40 до 22 %.

Для установления величин транспирации риса непосредственно в полевых условиях проведены морфологические наблюдения по фазам развития риса начиная с фазы кущения (рисовые чеки ООО «Маньч-Агро»).

К фазе кущения количество растений риса составляет в варианте с нормой высева 3 млн шт./га 184 шт./м², с нормой 7 млн шт./га – 369 шт./м², с нормой 11 млн шт./га – 590 шт./м² (таблица 3).

Таблица 3 – Морфологические показатели растений риса по фазам его развития, 2018 г.

Дата, фаза	Количество растений, шт./м ²	Высота растений, см	Масса листьев одного растения, г	Масса листьев с 1 м ² , г	Масса высежки листовых пластинок, г/см ²	Площадь листовой поверхности растений, м ² /м ² посеваемой площади
1	2	3	4	5	6	7
Вариант 1 (норма высева 3 млн шт./га; МУ – N ₂₅₀ P ₂₅₀)						
27.06, кущение	184	43	2,02	372	0,012	3,1
12.07, выход в трубку	184	60	3,04	559	0,013	4,3
02.08, выметывание	178	75	4,97	884	0,013	6,8
08.08, цветение	173	89	5,41	936	0,013	7,2
20.08, молочная спелость	173	93	5,26	910	0,014	6,5
12.09, полная спелость	173	95	3,40	588	0,014	4,2
Вариант 2 (норма высева 7 млн шт./га; МУ – N ₂₅₀ P ₂₅₀)						
27.06, кущение	369	41	1,56	574	0,014	4,1
12.07, выход в трубку	396	59	2,23	884	0,013	6,8
02.08, выметывание	365	72	3,53	1287	0,013	9,9
08.08, цветение	332	84	4,47	1484	0,014	10,6

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
20.08, молочная спелость	332	91	4,12	1372	0,014	9,8
12.09, полная спелость	332	93	4,49	826	0,014	5,9
Вариант 3 (норма высева 11 млн шт./га; МУ – N ₂₅₀ P ₂₅₀)						
27.06, кущение	590	40	1,12	663	0,013	5,1
12.07, выход в трубку	590	52	1,39	819	0,013	6,3
02.08, выметывание	553	65	2,54	1404	0,013	10,8
08.08, цветение	510	77	2,98	1521	0,013	11,7
20.08, молочная спелость	510	82	2,50	1274	0,014	9,1
12.09, полная спелость	510	86	1,48	754	0,013	5,8

При достаточном количестве питательных веществ в почве, соблюдении водного режима, а также при наличии оптимальных температур для возделывания риса первые два месяца растения развивались хорошо. Но после выметывания произошло уменьшение количества растений риса до 173 шт./м² в варианте 1, до 332 шт./м² в варианте 2 и до 510 шт./м² в варианте 3.

Данные таблицы 3 показывают, что во всех вариантах масса листовой пластинки одного растения увеличивается от фазы кущения до восковой спелости. Затем происходит ее снижение, кроме варианта 2. При меньшем количестве растений на 1 м² вес листовой пластинки увеличивается. Так, в варианте 1 эта величина по фазам равняется 2,2–5,41 г, в варианте 2 – 1,56–4,47 г, а в варианте 3 – 1,12–3,0 г. В то же время загущенность растений в связи с увеличением нормы высева приводит не только к недоразвитию растений, что видно по их высоте, но и к увеличению массы листовых пластинок на 1 м². Отсюда возрастает площадь листовой поверхности растений на 1 м² посевной площади. Это в общем сказывается и на транспирации растений риса.

Определение количества растений на 1 м², массы листовых пластинок необходимо для расчета листовой поверхности растений, от которой непосредственно зависит транспирация риса (таблица 4).

Как видно из данных таблицы 4, потери влаги с 1 см² листа за 5 мин, определяемые по Л. И. Иванову, практически совпадают по всем фазам

независимо от норм высева и составляют в фазе, например, всходов – кущения от 0,00017 до 0,00016 г/см² за 5 мин, а уже в фазе трубкования – выметывания 0,00039 г/см² за 5 мин во всех трех вариантах.

Таблица 4 – Транспирация риса сорта Флагман на опытном участке ООО «Маньч-Агро»

Фаза развития	Продолжительность фазы, дни	Средняя температура за фазу, °С	Потеря влаги с 1 см ² листовой поверхности за 5 мин, г	Площадь листовой поверхности растений, м ² /м ² посевной площади	Транспирация, мм
Вариант 1 (норма высева 3 млн шт./га с внесением МУ N₂₅₀P₂₅₀)					
Посев – всходы	19	16,6	–	–	–
Всходы – кущение	25	18,8	0,00017	3,1	37,98
Кущение – трубкование	23	27,4	0,00026	4,3	75,43
Трубкование – выметывание	13	31,3	0,00040	6,8	106,52
Выметывание – цветение	7	32	0,00039	7,2	59,93
Цветение – молочная спелость	12	33,2	0,00026	6,5	57,85
Молочная спелость – полная спелость	23	31,0	0,00012	4,2	47,49
За весь период	122	–	–	–	385,20
Вариант 2 (норма высева 7 млн шт./га с внесением МУ N₂₅₀P₂₅₀)					
Посев – всходы	19	16,6	–	–	–
Всходы – кущение	25	18,8	0,00016	4,1	46,09
Кущение – трубкование	23	27,4	0,00026	6,8	80,2
Трубкование – выметывание	13	31,3	0,00039	9,9	144,98
Выметывание – цветение	7	32	0,00037	10,6	78,77
Цветение – молочная спелость	12	33,2	0,00023	9,8	80,96
Молочная спелость – полная спелость	23	31,0	0,00011	5,9	44,47
За весь период	122				475,47
Вариант 3 (норма высева 11 млн шт./га с внесением МУ N₂₅₀P₂₅₀)					
Посев – всходы	19	16,6	–	–	–
Всходы – кущение	25	18,8	0,00016	5,1	57,33
Кущение – трубкование	23	27,4	0,00026	6,3	110,52
Трубкование – выметывание	13	31,3	0,00039	10,8	158,21
Выметывание – цветение	7	32	0,00037	11,7	86,94
Цветение – молочная спелость	12	33,2	0,00023	9,1	75,18
Молочная спелость – полная спелость	23	31,0	0,00011	5,8	43,72
За весь период	122				531,90

Транспирация при посеве 3 млн шт./га за весь период составила 385,2 мм, или 3852 м³/га. Эти данные несколько отличаются от результатов, полученных в опытах с лизиметрами на научном полигоне, где величина транспирации составила 433 мм за весь период вегетации риса. Раз-

ница в результатах составила 12 %, что, возможно, связано с условиями проведения опытов.

С увеличением нормы высева до 7 млн шт./га транспирация возросла до 475,5 мм, а при 11 млн шт./га – до 531,9 мм, т. е. при завышенных нормах высева требуется воды на водопотребление риса соответственно на 23 и 38 % больше.

Выводы

1 Опытные данные, полученные в сосудах-лизи́метрах, согласуются с общими закономерностями изменения величин испарения с поверхности воды в чеке и транспирации риса, выявленными в других регионах. Испарение в начальный период формирования риса существенно превышает транспирацию за тот же период. Так, в период всходов – кущения доля транспирации составила всего 34 %, а испарения – 66 %. Но с фазы выхода растений в трубку наблюдается снижение расхода воды на испарение. Его доля в *ET* варьирует в разные фазы от 40 до 22 %.

2 На опытном рисовом чеке в ООО «Маньч-Агро» вес листовых пластинок одного растения во всех вариантах с нормами высева 3, 7, 11 млн шт./га увеличивается от фазы кущения до восковой спелости. При меньшем количестве растений на 1 м² масса листовых пластинок одного растения увеличивается. Так, в варианте посева 3 млн шт./га эта величина по фазам изменяется от 2,02 до 5,41 г, 7 млн шт./га – от 1,56 до 4,47 г, 11 млн шт./га – от 1,12 до 3,0 г.

3 Загущенность растений в связи с увеличением нормы высева приводит не только к недоразвитости растений, что видно по их высоте, но и к увеличению веса листовых пластинок и площади листовой поверхности растений на 1 м² посевной площади. В среднем за весь период развития риса площадь листовой поверхности растений в варианте с нормой высева 3 млн шт./га составила 5,4 м²/м², в варианте с 7 млн шт./га – 7,9 м²/м²,

а в варианте с 11 млн шт./га – 8,1 м²/м². Это в общем сказывается и на транспирации растений риса.

4 Транспирация при норме высева 3 млн шт./га за весь период составила 385,2 мм, или 3852 м³/га. Эти данные несколько отличаются от результатов изучения транспирации, полученных в опытах с лизиметрами на научном полигоне, где величина транспирации составила 433 мм за вегетацию риса. Разница в результатах составила 12 %, что, возможно, связано с условиями проведения опытов.

5 Экспериментальные данные показали, что при расчетах нормы водопотребности риса для условий Ростовской области эвапотранспирация находится в пределах 800 мм, из них на транспирацию приходится около 55 %.

Список использованных источников

1 Требования риса к условиям произрастания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cozyhomestead.ru/Rastenia_104928.html, 2018.

2 Костылев, П. И. Северный рис (генетика, селекция, технология) / П. И. Костылев, А. А. Парфенюк, В. И. Степовой. – Ростов н/Д.: Книга, 2004. – 576 с.

3 Требования риса к факторам внешней среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studbooks.net/1295089/agropromyshlennost/trebovaniya_risa_faktoram_vneshney_sredy, 2018.

4 Зайцев, В. Б. К вопросу о водообеспеченности культуры риса / В. Б. Зайцев // Водные ресурсы. – 1982. – № 1. – С. 83–93.

5 Тулякова, З. Ф. Водопотребление и нормы орошения риса / З. Ф. Тулякова, Н. А. Бобряшова // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 6. – С. 59–61.

6 Набиев, А. Н. Водопотребление и нормы орошения риса на опытных участках различных регионов рисосеяния [Электронный ресурс] / А. Н. Набиев. – Режим доступа: <http://net.knigi-x.ru/24raznoe/55122-1-udk-631675-63318-vodopotreblenie-normi-orosheniya-risa-opitnih-uchastkah-razlichnih-rayonov.php>, 2018.

7 Боровой, Е. П. Режим орошения и водопотребления риса в условиях южной зоны Амурской области / Е. П. Боровой, М. В. Маканникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 1(29). – С. 91–95.

8 Андрияшин, М. А. Орошение риса / М. А. Андрияшин. – М.: Колос, 1977. – 126 с.

9 Тулякова, З. Ф. Рис на Северном Кавказе / З. Ф. Тулякова. – Ростов н/Д.: Кн. изд-во, 1973. – 116 с.

10 Хасанова, Г. М. Водопотребление сельскохозяйственных культур / Г. М. Хасанова. – Ташкент, 1999. – 46 с.

11 Оросительная норма и гидромодуль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://life-prog.ru/1_9013_orositelnaya-norma-i-gidromodul-risa.html, 2018.

12 Магай, С. Д. Водный баланс и оросительная норма риса на опытных участках горизонтального дренажа юга Казахстана / С. Д. Магай, А. Е. Байзакова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – Вып. 55. – С. 71–77.

13 Effects of irrigation model and nitrogen fertilization on rice evapotranspiration and yield [Electronic resource] / X. Xiao [et al.]. – Mode of access: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CN2013001291>, 2018.

14 Шаров, И. А. Эксплуатация гидромелиоративных систем / И. А. Шаров. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1959. – 576 с.

15 Тулякова, З. Ф. Рис на засоленных землях / З. Ф. Тулякова. – М.: Колос, 1978. – 240 с.

16 Попов, В. А. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем: монография / В. А. Попов, Н. В. Островский. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 189 с.

17 Балакай, Г. Т. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 3(31). – С. 1–22. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35417111>.

18 Укрупненные нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур Центрального, Приволжского, Уральского, Сибирского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mcsdm.ru/sites/all/files/normi_vodopotrebnosti.pdf, 2018.

19 Определение интенсивности транспирации срезанных листьев при помощи торсионных весов по Л. И. Иванову [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cozyhomestead.ru/Rastenia_3227.html, 2018.

References

1 *Trebovaniya risa k usloviyam proizrastaniya* [Rice Requirements to the Growth Conditions], available: http://cozyhomestead.ru/Rastenia_104928.html, 2018. (In Russian).

2 Kostylev P.I., Parfenyuk A.A., Stepova V.I., 2004. *Severnnyy ris (genetika, selektsiya, tekhnologiya)* [Northern Rice (Genetics, Selection, Technology)]. Rostov on Don, Kniga Publ., 576 p. (In Russian).

3 *Trebovaniya risa k faktoram vneshney sredy* [Rice Requirements to Environmental Factors], available: http://studbooks.net/1295089/agropromyshlennost/trebovaniya_risa_faktoram_vneshney_sredy, 2018 (In Russian).

4 Zaitsev V. B., 1982. *K voprosu o vodoobespechennosti kul'tury risa* [On rice crop water availability]. *Vodnye resursy* [Water Resources], no. 1, pp. 83-93. (In Russian).

5 Tulyakova Z.F., Bobryashova N.A., 1982. *Vodopotreblenie i normy orosheniya risa* [Water consumption and rice irrigation norms]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydraulic Engineering and Irrigation], no. 6, pp. 59-61. (In Russian).

6 Nabiev A.N., 2018. *Vodopotreblenie i normy orosheniya risa na opytnykh uchastkakh razlichnykh regionov risoseyaniya* [Water consumption and norms of rice irrigation on the experimental plots in different regions of rice growing], available: <http://net.knigix.ru/24raznoe/55122-1-udk-631675-63318-vodopotreblenie-normi-orosheniya-risa-opitnih-uchastkah-razlichnih-rayonov.php>. (In Russian).

7 Borovoy E.P., Makannikova M.V., 2013. *Rezhim orosheniya i vodopotrebleniya risa v usloviyakh yuzhnoy zony Amurskoy oblasti* [Rice irrigation and water use under the Amur region southern zone conditions]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education], no. 1(29), pp. 91-95. (In Russian).

8 Andryushin M.A., 1977. *Oroshenie risa* [Rice Irrigation]. Moscow, Kolos Publ., 126 p. (In Russian).

9 Tulyakova Z.F., 1973. *Ris na Severnom Kavkaze* [Rice in the North Caucasus]. Rostov on Don, Book Publ., 116 p. (In Russian).

10 Khasanova G.M., 1999. *Vodopotreblenie sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Water Consumption of Agricultural Crops]. Tashkent, 46 p. (In Russian).

11 *Orositel'naya norma i gidromodul'* [Irrigation Norm and Hydromodule], available: http://life-prog.ru/1_9013_orositelnaya-norma-i-gidromodul-risa.html, 2018. (In Russian).

12 Magay S.D., Baizakova A.E., 2014. *Vodnyy balans i orositel'naya norma risa na opytnykh uchastkakh gorizontal'nogo drenazha yuga Kazakhstana* [Water balance and irrigation norm of rice in experimental plots of horizontal drainage in the south of Kazakhstan]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], vol. 55, pp. 71-77. (In Russian).

13 Xiao X. [et al.]. Effects of irrigation model and nitrogen fertilization on rice evapotranspiration and yield. Available: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?RecordID=CN2013001291>, 2018. (In English).

14 Sharov I. A., 1959. *Ekspluatatsiya gidromeliorativnykh sistem* [Operation of Irrigation and Drainage Systems]. 2nd ed., rev. and ext. Moscow, State Agricultural Literature Publ., 576 p. (In Russian).

15 Tulyakova Z.F., 1978. *Ris na zasolennykh zemlyakh* [Rice on Saline Lands]. Moscow, Kolos Publ., 240 p. (In Russian).

16 Popov V.A., Ostrovskiy N.V., 2013. *Agroklimatologiya i gidravlika risovykh ekosistem: monografiya* [Agroclimatology and Hydraulics of Rice Ecosystems: monograph]. Krasnodar, KubSAU Publ., 189 p. (In Russian).

17 Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. *K voprosu razrabotki norm vodopotrebnosti risa i vodootvedeniya s risovykh orositel'nykh sistem* [On the rice water use and water diversion norm development from rice irrigation systems]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii* [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(31), pp. 1-22, available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35417111>. (In Russian)

18 *Ukrupnennyye normy vodopotrebnosti dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Tsentral'nogo, Privolzhskogo, Ural'skogo, Sibirskogo, Yuzhnogo i Severo-Kavkazskogo federal'nykh okrugov* [Enlarged norms of water requirements for agricultural crops irrigation of the Central, Volga, Ural, Siberian, Southern and North Caucasus Federal Districts], available: http://mcx-dm.ru/sites/all/files/normi_vodopotrebnosti.pdf, 2018. (In Russian).

19 *Opreделение intensivnosti transpiratsii srezannykh list'yev pri pomoshchi torsionnykh vesov po L. I. Ivanovu* [Determination of the rate of transpiration of cut leaves by torsion scales according to L.I. Ivanov], available: http://cozyhomestead.ru/Rastenia_3227.html, 2018. (In Russian).

Балакай Георгий Трифионович

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: главный научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Balakay Georgiy Trifonovich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Chief Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: ave. Baklanovsky, 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Докучаева Лидия Михайловна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Dokuchayeva Lidiya Mikhaylovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Юркова Рита Евгеньевна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Yurkova Rita Yevgenyevna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru