

Байшекеев А.

ОРОСИТЕЛЬНАЯ НОРМА РИСА И СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ

A. Baishekeev

IRRIGATION RATE OF RICE AND ITS CONSTITUENTS

УДК:621.333

Величина фильтрации воды из затопленных рисовых чеков создает промывной режим орошения и водообмен на рисовых чеках. При величине фильтрации за оросительный период 6000-8000 м³/га водообмен на рисовых чеках за счет фильтрационного стока составит 25-35% от оросительной нормы и соленакопление в воде рисовых чека не влияет на урожайность риса. Минерализация воды в чеках в конце поливного периода не превышает 2,5 г/л, а урожайность составляет риса 60 ц/га и выше.

The volume of filtering water from flooded rice fields creates flushing irrigation mode and water exchange in rice fields. The volume of filtering throughout the irrigation period 6000-8000 m³/ha creates water exchange in rice field due to flushing constitutes 25-35% of the irrigation norm and salt

accumulation in the rice fields does not affect the yield of rice. Mineralization of the field at the end of the irrigation period does not exceed 2.5 g/l, and the rice yield is 60 t/ha and above.

Оросительная норма риса равна объему воды, которое необходимо подать на 1 га поливаемой площади за оросительный период, чтобы вырастить высокий урожай риса. Составляющие элементы рисовой оросительной поры показывают потребность в воде рисового поля, на протяжении всего вегетационного периода. Данные оросительной нормы и ее составляющие элементы на рисовых оросительных системах Казахстана представлены в табл. 1.

Таблица 1

Оросительная норма риса и составляющие ее элемент

Массивы орошения	Насыщение почвогрунтов	Фильтрация	Испарения и транспирация	Сброс	Оросительная норма, (нетто)
Кызыл-Ординский	2860...3740	3500...4620	9800... 10400	26000...3000	18760...21750 ⁴ -
Акдалинский	4980... 6400	6450... 6970	7410...9230	1000... 1200	19840... 23800
Каратальский	18600...2100	5700...6400	7170.....8860	2000... 3000	16730...20360

Основную часть расхода воды при возделывании риса составляют испарения и транспирация. На Кызыл-Ординском массиве орошения испарение и транспирация оставляют 9,8... 10,4 тыс. м³/га, для Акдалинского и Каратальского массивов рисосеяния расход воды на испарение и транспирацию составляет 7,2...9,2 тыс. м³/га. Второй по величине расходной статьей составляющей оросительную норму риса является фильтрация с рисовых полей, которая зависит от почвенных, гидрогеологических условий, степени дренированности построенных рисовых систем, она составляет 18,6...34,0% от величины оросительной нормы. На насыщение почвогрунтов затрачивается на Кызылординской рисовой системе 2,8...3,7 тыс. м³/га, Акдалинской 4,9...6,4 тыс. м³/га, Каратальской - 1,8...2,33 тыс. м³/га или от 9,4 до 26,8% от оросительной нормы риса. Величина поверхностных сбросов изменяется от 1,0 до 3,0 тыс. м³/га, что составляет от 5,0 до 14,8% оросительной нормы риса.

В начале, когда затапливаются рисовые чеки, потребность в воде наибольшая, в период поддержания слоя воды она значительно сокращается. Объем воды необходимый в период первоначального затопления равен объему насыщения (W_н) и обеспечение слоя (h) на поверхности почвы и определяется по зависимости вида

$$W_I = h + W_H = 10^2 [h + nH_r (B_n - B_{Hn})] \quad (1)$$

где h - слой затопления, см;

n - средняя скважность почвы, в слое от поверхности земли до уровня грунтовых вод, в процентах от объема;

H_r - глубина залегания грунтовых вод перед затоплением, м;

β_n - полная влагоемкость почвогрунта зоны аэрации, в процентах от скважности. С учетом защищенного воздуха принимается равной 0,95;

B_n - начальная влажность почвогрунтов зоны аэрации перед затоплением, в процентах от скважности рассчитывается по формуле

$$b_H = \frac{a \cdot \beta_0}{100 \cdot \beta_n} \quad (2)$$

где α - объемная масса почвы, г/см³.

Когда поры почвогрунты на 95% заполнены водой наступает полное его насыщение и начинается фильтрация.

Объем воды потребный для насыщения почвогрунта зоны аэрации до полной влагоемкости, зависит от глубины залегания уровня грунтовых, скважности почв и для луговосереземных почв Кызылкумской рисовой системы составляет 1347...2848 м³/га (табл.2). В этих же пределах он изменяется и для рисовых систем Кубани, Украины и Поволжья.

Расход воды на насыщение Кызыл-Ординской рисовой системе, м³/га

Наименование	Рисовые поля третьего агроучастка					
	Ш-1-1	Ш-1-2	Ш-1-3	Ш-2-1	Ш-2-2	Ш-2-3
Уровень грунтовых вод (Hг) см	122	137	163	112	140	187
Объемная масса (а), г/см ³	1,44	1,28	1,47	1,35	1,47	1,45
Удельная масса (а), г/см ³	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
Предельная влагоемкость почвы (В _п), %	95	95	95	95	95	95
Начальная влажность (В _н), в процентах от сухой почвы	24,3	26,3	23,1	22,2	21,4	20,2
То же от скважности почвы, %	72,9	62,3	72,1	58,8	67,0	62,6
Скважность почвы в долях от единицы (h)	0,48	0,54	0,47	0,51	0,47	0,47
Объем насыщения м ³ /га	1347	2419	1754	2068	1840	2848

Время в течении которого произойдет полное насыщение почвогрунта зоны аэрации определяется по формуле В.В. Ведерникова:

$$T = \frac{b_n - b_{end}}{\hat{E}} + h \ln \frac{H_0 + h \frac{b_n}{h}}{H_0 + h \frac{b_{end}}{h}} \quad (2)$$

где К - коэффициент фильтрации почвогрунта, м/сут;

Время полного насыщения почвогрунта зоны аэрации в зависимости от водно-физических свойств почв и мощности зоны аэрации, составляет 8... 10 суток.

Расход воды на насыщение уменьшается во времени по зависимости:

$$W(t) = W_H e^{-\left(1 - \frac{t}{T}\right)} \quad (4)$$

где V_t - скорость подъема уровня грунтовых вод, см/сут. Скорость подъема уровня грунтовых вод в период первоначального затопления рисовых чеков для условий Кызылкумского массива изменяется от 11 до 16 см/сут.

Полное насыщение почвогрунта произойдет при контакте фильтрационных и фунтовых вод, когда V_t·t будет равна Hг.

Из агротехнических требований, продолжительность первоначального затопления рисового чека не должна быть более 2 сут., гидромодуль для

периода первоначального затопления рассчитывается по уравнению

$$g_c = \frac{\left[W_H \cdot e^{-\left(1 - \frac{t}{T}\right) + 10h} \right]}{86,4 t_c} \quad (3)$$

где g₃ - удельный расход л/(с. га);

h - слой затопления, см;

t₃ - время первоначального затопления рисового чека, принимается равным 2 суток;

W_H - объем насыщения за 2 суток, м³/га.

После создания слоя воды процесс насыщения продолжается до периода T и вода из рисового чека расходуется в первое время на насыщение и испарение, затем на фильтрацию и эвапотранспирацию, технические потери и при необходимости на проведение поверхностных сбросов. Гидромодуль для периода поддержания слоя воды на рисовых чеках равен:

$$q_n = 0,116(\Xi + \zeta + \gamma), \quad (6)$$

где Ξ, ζ, γ - среднесуточный расход воды соответственно на эвапотранспирацию, фильтрацию и сбросы с техническими потерями, мм/сут.

Гидромодуль первоначального затопления и поддержания слоя для рисовых массивов Казахстана представлены в табл. 3.

Таблица 3

Гидромодуль водоподачи на рисовых системах, л/(с.га)

Массивы орошения	Режим затопления	Первоначальное затопление		Поддержание слоя	
		чека	рисовой системы	чека	рисовой системы
Кызылординский	укороченное затопление	16,8	4,1	1,9	1,9
	постоянное затопление	16,9	4,8	2,0	2,1
Акдалинский	укороченное затопление	9,7	2,5	4,0	4,0
	постоянное затопление	9,72	4,2	4,0	4,0

Из таблицы 3. видно, что наибольший гидромодуль первоначального затопления рисовых чеков 16,8... 16,9 л/(с. га) характерен для Кызыл-Ординского массива орошения, а минимальный 9,70...9,73 л/(с. га) для Акдалинского. В то же время гидромодуль в период поддержания слоя воды на чеках самый большой для Акдалинского массива 4,0 л/(с. га) и

минимальный для Кызыл-Ординского массива 1,9...2,0 л/(с. га).

Испарение и транспирация для различных районов рисосеяния изменяется в зависимости от климатических условий, сорта риса и периода вегетации, а также от густоты растений, роста стеблестоя. Максимальное испарение с водной поверхности 6...9 мм/сут отмечается в начальный период затопления

рисовых чеков, до фазы полных всходов. С ростом стеблестоя и листьев открытая водная поверхность затеняется и испарение с нее уменьшается. Транспирация, наоборот, увеличивается с ростом стеблестоя и количества листьев и достигает максимальной величины (10... 12 мм/сут) в период выметывания и цветения. С фазы начала молочной спелости транспирация уменьшается и к концу вегетационного периода не превышает 2...3 мм/сут.

Молочная спелость	8,9	12,0	12,0
Восковая спелость	7,1	9,4	9,4
Полная спелость	6,9	7,0	6,4

Таблица 4

Среднесуточное водопотребление с рисового поля, мм/сут.

Фазы роста риса	Массивы орошения		
	Кызыл-Ординский	Кызылкумский	Акдалинский
Всход	6,5	6,8	5,2
Кущение	7,8	8,0	7,0
Трубкавание	9,4	10,2	9,9
Выметывание и цветение	10,2	12,0	12,6

Величина испарения с водной поверхности за вегетационный период на рисовых системах изменяется от 4,3 до 6,4 тыс. м³/га, транспирация - от 6,2 до 8,4 тыс. м³/га., (табл. 4). Среднесуточное суммарное водопотребление по фазам развития растений риса для основных зон рисосеяния Казахстана приведено в табл. 5.

Расход воды на суммарное водопотребление за вегетационный период изменяется от 9700 до 10500 м³/га для районированных сортов Кубань 5 и Акмаржан на Кызыл-Ординском массиве.

10140... 10500 м³/га для районированных сортов Кубань 5 и Уштобинский на Акдалинском массиве (табл. 5).

Таблица 5

Расход воды на суммарное водопотребление

Массивы орошения	Сорт риса	Продолжительность вегетационного периода, сут.	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /га
Кызыл-Ординский	Кубань 5	116	9700	2180
	Акмаржан	126	10500	2100
Акдалинский	Скороспелый Каратальский	120	10140	2860
	Среднеспелый Кубань - 5	126	10500	2630

Величина фильтрации воды на рисовом поле в пределах одной системы может изменяться в широких пределах. Изучая фильтрацию на различных рисовых системах авторы отмечают /1,2/ что с понижением участков утяжеляется механический состав почвы и уменьшается - ее фильтрационная способность. На высоких участках почвы более легкого

механического состава и обладают хорошей отточностью фунтовых вод, расход воды на фильтрацию с них в 2...3 раза выше чем на низких. Для большинства рисовых систем страны расход воды на фильтрацию составляет 10...30% от величины оросительной нормы (табл. 6).

Таблица 6

Расходы воды на фильтрацию на посевах риса

Рисосеющие зоны	Расходы на фильтрацию, тыс. м ³ /га	Процент от оросительной нормы	Авторы
Низовья Волги	2,9...5,5	15,4...20,7	Б.А. Шумаков И.В. Скрипчинская
Краснодарский край	1,2...5,0	9,8...25,6	Е.Б. Величко
Приморский край	0...1,6	0... 11,4	Б.А. Неунылов
Крымское Присивашье	4,8	24,2	А.В. Сокирко
Дельта Дуная	5,8...9,3	29,0... 37,2	Н.Т. Степаненко
Низовья Дуная	3,0...3,5	12,2... 14,3	З.Ф. Тулякова
Дельта Терека	3,0...8,0	14,8...30,6	З.Ф. Тулякова
Средней Азии и Казахстана	1,7...11,5	9,2... 46,3	А.Р. Рамазанов А.Г. Рау

Фильтрация из рисовых чеков бывает двух видов: горизонтальная и вертикальная /3,4/. Фильтрация горизонтальная или фильтрация в дамбах, преобладает на террасированных рисовых полях с мощными (20...30 м) покровными тяжело суглинистыми отложенными, когда влияние водоносного горизонта практически не сказывается на вертикальное перераспределение пьезометрических напоров и движение фильтрационных вод.

На таких рисовых системах фильтрация наблюдается только в пределах зоны влияния горизонтального дренажа и при этом горизонтальная фильтрация превышает вертикальную в 5... 10 раз. Это в основном рисовые системы Дальнего Востока, Калмыкии, Кубани и Украины.

На рисовых системах в бассейнах рек Средней Азии и Казахстана, северного Кавказа, где водоносные горизонты обладают большой водопроницаемостью (500...1000 м²/сут) и залегают с глубины 2...10 м, вертикальная фильтрация может составлять 50% и более от общей.

Горизонтальная и вертикальная фильтрация с рисовых чеков бассейна р. Сырдарья изучалась автором с помощью металлических сосудов площадью 3000 см² в которых поддерживался одинаковый с рисовым чеком слой воды.

Результаты наблюдений показали, что в оросительный период расход воды на фильтрацию уменьшается по мере наполнения дренажно-сбросных каналов.

За оросительный период расход воды на фильтрацию в сосудах установленных на глубину 0,5 м составляет - 8900 м³/га,

Вертикальная фильтрация - это расход воды естественный водоносный горизонт, который находится на глубине 2,0...2,5 м. Водоносный горизонт состоящий из мелкого и среднезернистого песков, создает благоприятные условия для гидродинамического перераспределения запасов грунтовых вод между рисовыми полями и полями занятыми люцерной, а также между участками отличающимися в высотном отношении, и не орошаемыми землями, что отмечалось и в работах И.С.Рабочего (5).

Величину вертикальной фильтрации для рисовых систем Средней Азии и Казахстана можно принять равной в пределах 25...30 % от общей и на эту величину считать питание подземных вод. Боковая фильтрация составляет 70...75% от общей, и отводится дренажно-сбросными каналами а также смежных террасированных чеков и карт.

Общая величина фильтрации воды из рисовых чеков зависит от дренированности орошаемых земель и террасности чеков. В пределах одной карты величина фильтрации воды из чеков может отличаться в 2...3 раза, в зависимости от их высотного положения. Высокие чеки, за счет боковой фильтрации, питают соседние, низкие чеки. Зависимость фильтрации от отметки чеков в пределах поля на рисовых системах - бассейна р. Сырдарья, показана на рис. 3.4. Коэффициент корреляции между отметками чеков и фильтрацией составляет K=0,935, что свидетельствует о наличии тесной связи между указанными величинами.

Скорость фильтрации воды из рисовых чеков изменяется как в многолетнем разрезе, так и в течение вегетационного период. Максимальная величина фильтрации отмечается на вновь освоенных землях, особенно на легких почвах, однако, с годами она уменьшается, по мере того как на рисовом поле образуется подплужный уплотненный горизонт и разрушается активная пористость.

Многолетние исследования /1,2,3,4/ по изучению фильтрации воды из рисовых чеков, показывают, что скорость фильтрации за один цикл ротации культур рисового севооборота сокращается на 30% на легких почвах на 20,4% - на тяжелых почвах, а в течение одного вегетационного периода соответственно на 7 и 5 %.

По мере использования земель под посевы затопляемого риса и периодического насыщения почвы водой набухает её коллоидная часть, а биохимические процессы, протекающие в почве ведут к её постепенному обеструктурированию, увеличивается уровень стояния грунтовых вод, образуется подплужный уплотненный горизонт и уменьшается активная порозность. Изменение скорости фильтрации во времени можно записать в виде

$$K_t = K_0 \lg \left(\frac{t}{t_0} \right) \quad (7)$$

где K₀ - коэффициент фильтрации целинных почвы, м/сут.;

Π₀ - порозность почвы, %;

K, Π₀ - тоже на рассматриваемый год.

В течение одного вегетационного периода скорость фильтрации зависит от глубины залегания уровня грунтовых вод и действия дренажа. Максимальные её величины отмечаются в период первоначального затопления и поддержания слоя воды на рисовых чеках, когда уровень грунтовых вод находится на глубине 1,0...2,0 м, по мере подъема уровня грунтовых вод и набухания коллоидной части илстых фракций фильтрация уменьшается. Скорость снижения фильтрации в течении вегетационного периода можно определить по зависимости.

$$K_t = K_{t-1} \cdot \left(1 - h_t \cdot \frac{h_{t-1}}{t} \right) \quad (8)$$

Исследованиями установлено, что оросительная норма риса на Кызыл-Ординском массиве орошения на слабозасоленных почвах равна 18...20, средnezасоленных - 20...22, засоленных - 26...26 и сильнозасоленных - 27...28 тыс. м³/га. Составляющими элементами оросительной нормы риса являются: насыщение почвогрунта - 2,0...2,3 суммарное водопотребление - 11... 13, фильтрации - 4...8, потери и сбросы - 3...5 тыс. м³/га. При урожае риса 5,0...6,0 т/га, затраты воды на одну тонну зерна составляют 3...5 тыс. м³.

По данным количественной связи между урожайностью риса и величиной оросительной нормы, себестоимостью продукции и капитальными затратами на строительство систем определены затраты на одну тонну риса, по зависимости.

$$A = \frac{EK_t + C_t Y_t + (M_t - M_0)}{Y_t} \quad (9)$$

здесь: E - нормальный коэффициент, равный 0,16;

K_i - капитальные затраты по сравниваемым вариантам полива р/га;

C_i, M_i, Y_i - соответственно себестоимость тонны риса, оросительная норма, урожай риса по сравниваемым вариантам полива;

M_0 - оросительная норма риса установленная в опытах при изучении режима орошения, м³/га;

L_0 - двойственная оценка по прибыли для водных ресурсов на рисовых системах.

Расчеты показывают, что при минерализации поливной воды до 1,3 г/л минимум приведенных затрат на рисовой системе 17,0...39,0 тыс. сом на 1 тонну зерна риса достигается когда оросительная норма риса равна 25,4 тыс. м³/га, а расходы воды по фазам роста составляют: прорастание - всходы - 7,04, кушение - 6,12, трубкование - 5,06, выметывание - цветение - 3,15, молочная и полная спелость - 4,04 тыс. м³/га (рис. 1). При этом экономические показатели рисовой системы по фазам роста составляют: прорастание - всходы - 9,0, кушение - 8,6, трубкование - 8,1 тыс. сом/га, при урожайности риса - 5,6 т/га. С увеличением или уменьшением оросительной нормы экономические показатели рисовой системы снижаются. E , тыс. сом за 1 т 15 М, тыс. м³/га

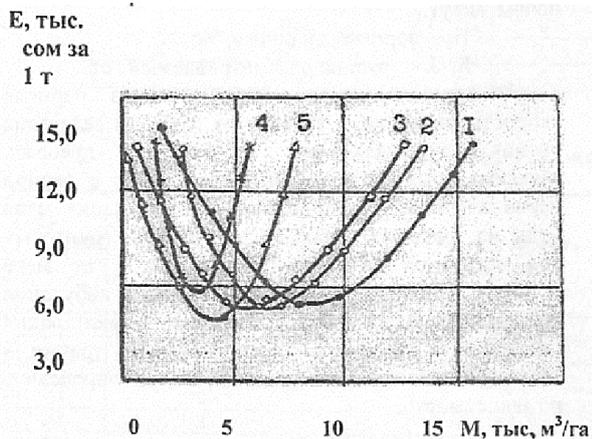


Рис.1 - Зависимость приведенных затрат от поливной норм по периодам вегетации: 1 - всходы, 2 - кушение, 3- трубкование, 4 - выметывание - цветение, 5 - молочная

Расчетная, экономически обоснованная оросительная норма 25,4 тыс. м³/га опытной, установленной при изучении режима орошения риса на 5,1% в сторону увеличения. Расчетные значения оросительной нормы риса надо рассматривать как усредненные, поэтому возможны некоторые отклонения от приведенных величин для конкретных условий отдельных участков орошения.

Значение оросительной нормы риса установлено применительно к существующей технике полива, современным агротехническим приемам и особенностям районированных сортов, исходя из условий получения высоких урожаев. При самом планировании урожайности должно учитываться ее максимально возможное при данной ситуации значение, определенное по прогнозу урожая. Это конечно, не означает, что на орошаемых землях при всех случаях надо добиваться максимально возможного урожая. Получение его не только затруднительно, но и далеко не всегда целесообразно. Во-первых, высокая урожайная нагрузка часто вызывает полегание растений,

и фактическая продукция оказывается намного ниже выращенного биологического урожая, от максимума нередко - один шаг к минимуму. Во-вторых, на прибавку единицы биологической массы после определенного предела затрачиваются непропорционально растущие усилия и затраты воды на единицу продукции. Расходы тем больше, чем ближе урожай к своему максимуму.

Расчетное уравнение определяющее степень оптимальности фактора обеспеченности нормой водопотребности выражается отношением фактического урожая (Y_j) к оптимальному (Y_0):

$$\frac{Y_j}{Y_0} = 1 - K_i(M - 1)^2 \quad (10)$$

где Y_i - урожай риса при норме водопотребности M_i , т/га;

Y_0 - урожай риса при оптимальной норме водопотребности M_0 , т/га;

M - отношение фактической нормы водопотребности M_j к оптимальной M_0 ;

K_i - коэффициент, определяющий характер (крутизну) кривой, т.е. форму связи между водопотребности и урожайностью риса (рис. 2).

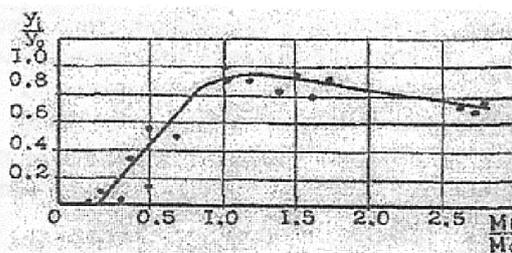


Рис.2 - Зависимость урожая риса от нормы водопотребности: Y_p - урожай риса при оптимальной норме водопотребности M_0 , Y_i - урожай риса при норме водопотребности M_i .

Его значения увеличиваются с уменьшением нормы водопотребности, при $KM=2,0$, $K=0,10$; $M=1,0$; $K=1,0$; $M=0,5$; $K=2,5$.

Для условий Кызыл-Ординской рисовой системы снижение урожайности риса с увеличением оросительной нормы вызвано заболачиванием и засолением земель, с уменьшением оросительной нормы - засорением рисовых полей сорняками и повышением минерализации воды в рисовых чеках, в результате которых отмечается изреженность всходов и нарушение обмена веществ в растениях риса.

В производственных условиях оросительные нормы риса, в связи с потерями воды на поле, связанных с несовершенством конструкции рисовых систем и уровнем их технической эксплуатации увеличиваются против расчетной нормы водопотребности в 1,5...2,0 раза (табл. 1). При этом увеличение оросительных норм не ведет к росту урожайности, да и не является гарантией необходимого рассоления почв, наоборот, завышение норм чаще всего ведет к заболачиванию и засолению окружающей территории, благоприятствует развитию сорной растительности.

Литература:

1. Рау А.Г., «Водораспределения на рисовых системах» Агрпромииздат Колос М. 1988 стр. 85.
2. Веселое В.В. Бегалиев А.Г. «Эколого-мелиоративные проблемы использования водных ресурсов бассейна озера Балхаш» Гылым А-1996, стр. 595
3. «Научные основы и практика рисовода в Казахстане». Сборник статей Института биологии и биотехнологии растений К.Н. МОН РК. Тоганай Алматы 2012.
4. Джамантинов Х. И др. «Внедрение технологий устойчивого производства риса в условиях вторичного засоления почв Приаралья». Научный журнал №12, Рисоводство Краснодар 2008г. Стр. 65-69.
5. Black wilt, J Growth and yield of rice under sprinkler irrigation on a freedraining soil I J Black wilt. W.S. Meger. R.C.O. Smith И Angfral. J.Exp. Agr. 1985.-V 25 №3-P 636-641.

Рецензент: д.т.н., профессор Алысбаев Э.Т.
