

енергетичну ефективність технологій вирощування та економічну ефективність зрошувального землеробства в цілому. За допомогою врахування особливостей погодних умов на рівні конкретного господарства, сівозміни та поля можна дослідити просторову мінливість вологозапасів ґрунту, встановити оптимальні поливні та зрошувальні норми, науково обґрунтувати елементи технології вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях. Використання агрометеорологічної інформації з обробкою сучасними інформаційними засобами забезпечує підвищення врожайності на 20-25%, економію поливної води на 15-30%, сприяє одержання максимальних прибутків та покращує меліоративний стан ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Yield gap analysis of field crops. Methods and case studies / Sadras V.O., Cassman K.G.G., Grassini P. and

etc // FAO Water Reports. Rome, Italy. – 2015. – No. 41. – 82 p.

2. Хлимоненко Б. Сколько урожая собрала Украина в 2015 году / Б. Хлимоненко, В. Кравченко [Електронний ресурс]. Режим доступу – <http://kurs.com.ua/novost/skolko-urojaya-sobrala-ukraina-v-2015-go-r318147>.
3. Леманн Н. Друга зелена революція / Н. Леманн // Агрономка. – 2011. – Вип. 2. – С. 3-7.
4. Кальмар Р. «Цифрова ферма» майбутнього / Р. Кальмар // Агрономіка. – 2015. – Вип. 3. – С. 4-5.
5. Григоров М.С. Водосберегающие технологии выращивания сільськогосподарських культур. – Волгоград: ВГСХА, 2001. – 1 69 с.
6. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: Навчальний посібник / Ушкаренко В.О., Нікіщенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. – Херсон: Айлант, 2008. – 272 с.
7. CROPWAT 8.0 for Windows [Електронний ресурс]. Режим доступу http://www.fao.org/nr/water/infos_databases_crowpat.html.

УДК 631.674.6:633.18

РИС ОРОШАЕМЫЙ КАПЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

КРУЖИЛИН И.П. – академик РАН
МЕЛИХОВ В.В. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ГАНИЕВ М.А. – кандидат технических наук
Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград
ДУБЕНОК Н.Н. – академик РАН
БОЛОТИН А.Г. – кандидат сельскохозяйственных наук
РОДИН К.А. – кандидат сельскохозяйственных наук
АБДУ Н.М. – аспирант (Египет)
Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

Постановка проблемы. Рис является ведущей культурой орошаемого земледелия и принадлежит к числу основных возделываемых зерновых культур планеты. Его выращивают в 120 странах мира на площади более 165 млн. га. Занимая второе место после пшеницы по посевным площадям, эта культура обеспечивает получение примерно одинаковые с пшеницей валовые сборы зерна. Основным регионом выращивания риса была и остаётся Юго-Восточная Азия. Здесь сосредоточено свыше 80,0% его посевной площади, на долю Африки приходится – 5,3, Южной и Северной Америки – 4,7 и Европы – 0,5%. По данным FAO, производство нешлифованного риса в 2013 году достигло более 700 млн. тонн [1]. Однако спрос на рис продолжает возрастать в связи с ростом народонаселения и увеличением потребления его в странах за пределами Юго-Восточной Азии.

В Российской Федерации, как и в большинстве стран мира, рис возделывают при искусственном орошении затоплением поля слоем воды. Слой воды поддерживается в течении всего вегетационного периода, от посева до восковой спелости зерна и изменяется в пределах 0,05 – 0,20 м. При такой технологии орошения на 1 га посевов риса затрачивается более 20 тыс. м³ оросительной воды при биологической потребности в ней 6 – 8 тыс. м³ [2-3].

Состояние изучения работы. В последние годы в связи с большими затратами оросительной

воды в большинстве рисоводческих зон нашей страны и других стран мира возникла проблема дефицита использования воды на орошение и других нужд. В нашей стране это испытывают Краснодарский край, Ростовская область, в других регионах – страны Юго-Восточной Азии, Испания, Италия, Египет, и другие [4-6]. Всё это актуализировало необходимого обоснования поиска новых водосберегающих технологий орошения риса, как самой водозатратной орошаемой культуры. Одним из путей решения этой проблемы является в разработке и освоении технологии орошения риса, как и других культур семейства мятликовых, не затоплением чеков, а проведением периодических поливов.

Задачи и методика исследований. Цель настоящей работы – оценка толерантности к отсутствию слоя воды и обоснование режима капельного орошения риса, доз внесения удобрений на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья, обеспечивающих получение планируемой урожайности. Экспериментальные исследования по разработке основных показателей оптимизации водного и пищевого режимов почвы при капельном орошении проводились на посевах сорта Волгоградский в 2013-2014 гг. на полях ФГУП «Орошаемое» ФГБНУ «Всероссийского научно исследовательского института орошаемого земледелия» в Волгоградской области в двухфакторном полевом опыте. В схеме опытов по первому фактору (вод-

ный режим) изучали следующие варианты; 1) – водный режим в активном слое почвы (0,6 м) в течение всего периода вегетации риса поддерживался поливами не ниже 80% НВ; 2) – Вегетационные поливы проводились при предполивном пороге влажности 80 % НВ в период от посева до конца фазы кущения в слое – 0,4 м, а от выхода растений в трубку до полной спелости зерна – 0,6 м; 3) – Поддержание водного режима почвы до восковой спелости зерна по схеме варианта 2, а от восковой до полной спелости зерна не ниже 70% НВ в том же слое.

Второй фактор опытов включал 3 варианта оценки влияния уровней минерального питания на продуктивность риса. Дозы удобрений по вариантам рассчитывались на получение запланированной урожайности 5, 6 и 7 т/га зерна и ежегодно дифференцировались с учётом содержания подвижных форм элементов питания в почве.

Опыт закладывался методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом расположении вариантов по режимам орошения и рендомизированно – по минеральному питанию. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянок по режиму орошения 630 м² и минеральному питанию 203 м². Способ полива – капельное орошение с применением линий Израильской компании – «Netafim». Норма посева риса составляла 5 млн. всхожих семян на 1 га. Посев проводили сеялкой СН-16 узкорядным способом при устойчивом прогревании почвы на глубине заделки семян до 13⁰С, в 2013 и 2014 гг. – 28 апреля.

Почвы опытного участка светло-каштановые тяжелосуглинистые. Характеризуются они небольшой мощностью гумусового горизонта, 0,00 - 0,28 м, и низким содержанием гумуса в пахотном горизонте, 1,29 - 1,87%. Реакция почвенного раствора слабощелочная, рН водной вытяжки 7,2 - 7,7%. По содержанию доступных форм элементов питания почвы характеризуются низкой обеспеченностью азотом, средней - подвижным фосфором и повышенной - обменным калием. Одним из основных агрофизических показателей при оценке почв является плотность в естественном сложении. В среднем для расчётных слоёв 0,0 - 0,4 и 0,0 - 0,6 м она составляет соответственно 1,27 и 1,29 т/м³, а наименьшая влагоёмкость – 24,7 и 23,8% массы сухой почвы. Показатели порозности по слоям изменялись в пре-

делах от 47,06 до 51,59%, плотность твердой фазы – 2,52 - 2,54 т/м³.

Сумма выпавших осадков за период апрель-сентябрь в 2013 г. и 2014 г. составляла соответственно 306,9 и 108,9 мм, а сумма среднесуточных температур воздуха – 3605,7 и 3662,1⁰С. По совокупности гидротермических показателей вегетационного периода годы исследований характеризуются следующим образом: 2013 – влажный и 2014 – среднесухой.

Полевые опыты сопровождалось наблюдениями, учетами и исследованиями, выполненными при соблюдении требований методик опытного дела (Доспехов Б.А., 1985; Никитенко Г.Ф., 1982; Плешаков В.Н., 1983 и др.).

Суммарное водопотребление определялось методом водного баланса по уравнению А.Н. Костякова. Поливные нормы при капельном орошении рассчитывали по формуле А.Н. Костякова в модификации И.П. Кружилина и др. [7-8].

Результаты исследований. Анализ результатов опытов показал, что в разные годы исследований из-за различия, в период вегетации риса, гидротермических условий поддержания предполивной влажности почвы на одноимённых вариантах обеспечивалось различным числом и сроками проведения поливов. Так, в первом варианте опыта с предполивным порогом влажности почвы 80% НВ и глубиной промачивания на 0,6 м первый полив 2013 и 2014 годах был сделан 14 и 25 мая соответственно. Общее число поливов нормой по 370 м³/га в эти годы составило 12 и 15. Оросительная норма в этом варианте водного режима в разные годы изменялась в пределах 4440 и 5550 м³/га (таблица 1). Продолжительность межполивных периодов по годам исследований изменялась от 2 до 26 дней.

Во втором варианте поддержания влажности не ниже 80% НВ до конца кущения в слое почвы 0,4, затем 0,6 м проведение первого полива в 2013 и 2014 годах пришлось соответственно на 9 и 20 мая. Поддержание запланированного водного режима почвы обеспечивалось проведением 4 и 5 поливов нормой 250, 10 и 13 поливов нормой 370 м³/га при оросительной норме 4700 и 6060 м³/га. Межполивные периоды изменялись от 2 до 19 дней.

Таблица 1 – Количество поливов, поливные и оросительные нормы при капельном орошении риса

Предполивная влажность почвы, % НВ	Количество поливов		Оросительная норма, м ³ /га
	Поливная норма, м ³ /га		
	2013	2014	
80, h = 0,6 м	12 370	15 370	4440 и 5550
80, h = 0,4 и 0,6 м	4 250 и 10 370	5 250 и 13 370	4700 и 6060
80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м	4 250 и 8 370 и 1 550	5 250 и 10 370 и 1 550	4510 и 5500

Первый полив в третьем варианте с дифференцированным предполивным порогом влажности (80-70% НВ), глубиной увлажнения почвы (h = 0,4

и 0,6 м) был дан в те же сроки что и во втором варианте. Общее число поливов нормой 250 м³/га по годам составило соответственно 4 и 5, а нормой 370

м³/га 8 и 10. Последний полив нормой 550 м³/га в 2013 и 2014 годах был сделан соответственно 9 и 6 августа. Оросительная норма в этом варианте опыта составила 4510 и 5500 м³/га при продолжительности межполивных периодов в пределах 2 - 19 дней.

Для завершения вегетации растениям риса в варианте поддержания влажности почвы не ниже 80% НВ с переменной глубиной увлажнения 0,4 и 0,6 м за годы исследований потребовалось 113 дней (таблица 2). В варианте дифференцированного водного режима 80 и 70% НВ и глубиной увлажнения почвы 0,4 и 0,6 м вегетационный период уменьшился на 2 дня и составил 111 дней. В варианте водного режима почвы с предполивной влажностью 80% НВ в слое 0,6 м было отмечено минимальное количество дней, необходимых растениям риса, чтобы завершить вегетацию, и за два года исследований составило 108 дней.

Внесение минеральных удобрений, как и улучшение водного режима почвы, увеличивало продолжительность межфазных периодов и всего

вегетационного периода риса. В варианте с предполивной влажностью почвы 80 и 70% НВ и глубиной увлажнения на 0,4 и 0,6 м на фоне внесения удобрений, рассчитанных на получение урожайности 5 т зерна с гектара, период вегетации риса в среднем за два года составил 107 дней. Повышение фона минерального питания до рассчитанного на планируемую урожайность 7 т/га сопровождалось увеличением продолжительности вегетационного периода до 114 дней.

Из данных таблицы 2 видно, что влияние минеральных удобрений на продолжительность вегетации риса начинает проявляться с периода «всходы-кущение». В варианте внесения удобрений, рассчитанных на получение урожайности 5 т/га, продолжительности этого периода по годам исследований составила 24 и 26 дней. Улучшение минерального питания за счет внесения дозы удобрения, рассчитанной на урожайность 7 т/га, сопровождалось увеличением периода «всходы-кущение» на 2 дня.

Таблица 2 – Продолжительность межфазных периодов риса по вариантам опыта, дней

Годы исследований	Варианты опытов по предполивной влажности почвы (%НВ), планируемой урожайности (т/га)	Посев-всходы	Всходы-кущение	Кущение-трубкавание	Трубкавание-выметывание	Выметывание-молочная спелость	Молочная-восковая спелость	Восковая-полная спелость	Всего
В зависимости от предполивной влажности почвы (6 т/га)									
2013	80, h = 0,6 м	10	25	12	26	6	11	18	108
	80, h = 0,4 и 0,6 м	10	27	14	27	6	11	18	113
	80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м	10	27	14	27	6	11	16	111
2014	80, h = 0,6 м	13	23	12	28	6	10	16	108
	80, h = 0,4 и 0,6 м	13	25	14	29	6	10	16	113
	80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м	13	25	14	29	6	10	14	111
В зависимости от планируемой урожайности (80 и 70% НВ, h = 0,4 и 0,6 м)									
2013	5	10	26	13	26	6	11	15	107
	6	10	27	14	27	6	11	16	111
	7	10	28	15	27	6	12	16	114
2014	5	13	24	13	28	6	10	13	107
	6	13	25	14	29	6	10	14	111
	7	13	26	15	29	6	11	14	114

Анализ полученных нами результатов (таблица 3) показал, что максимальная урожайность риса была получена в варианте поддержания влажности не ниже 80% НВ до конца фазы кущения в слое 0,4 с последующим увеличением её до 0,6 м на всех фонах внесения удобрений, рассчитанных на получение урожайности 5, 6 и 7 т/га. В среднем за годы исследований она составила соответственно 5,20; 6,12 и 6,91 т/га зерна. В варианте с дифференцированным предполивным

порогом влажности почвы 80 и 70% НВ и глубиной увлажнения h = 0,4 и 0,6 м при внесении тех же доз удобрений урожайность риса снизилась и составила в среднем 5,06; 6,00 и 6,83 т/га. Минимальный сбор зерна с посевов риса был получен в варианте водного режима, где влажность почвы поддерживалась не ниже 80% НВ в слое 0,6 м на всех фонах удобрений. В среднем за два года по вариантам с дозами удобрений она составила соответственно 4,81; 5,69 и 6,67 т/га.

Таблица 3 – Урожайность риса по вариантам опыта, т/га зерна

Предполивная влажность почвы, % НВ	Планируемая урожайность, т/га	Годы исследований		Средняя
		2013	2014	
80, h = 0,6 м	5	4,79	4,82	4,81
	6	5,74	5,64	5,69
	7	6,64	6,7	6,67
80, h = 0,4 и 0,6 м	5	5,26	5,14	5,20
	6	6,15	6,09	6,12
	7	6,92	6,89	6,91
80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м	5	5,10	5,02	5,06
	6	6,03	5,97	6,00
	7	6,85	6,81	6,83

НСП₀₅: 2013 г. – 0,117; 2014 г. – 0,143

Математическая обработка данных по урожайности риса показала (таблица 3), что прибавка зерна по изучаемым нами факторам (режим орошения и дозы удобрений) была существенной. Важно отметить, что посеvy риса сорта Волгоградский оказались толерантными к отсутствию слоя воды, а изучаемые нами водные режимы почвы с использованием капельного орошения обеспечивают получение достаточно высокой урожайности при существенной экономии оросительной воды по сравнению с поливом затоплением.

Из данных таблицы 4 видно, что суммарное водопотребление риса по вариантам водного режима почвы при капельном орошении изменялось

в пределах 6122 – 6605 м³/га. Наибольшее его значение отмечалось в варианте поддержания влажности почвы не ниже 80% НВ с глубиной промачивания активного слоя 0,4 и 0,6 м и в среднем за годы исследований составило 6604 м³/га. В варианте поддержания дифференцированного водного режима (80 и 70% НВ) и слоя увлажнения почвы (h = 0,4 и 0,6 м) расход воды растениями снизился и составил в среднем за два года 6465 м³/га. Наименьшее значение суммарного водопотребления получено в варианте с назначением поливов при влажности почвы 80% НВ в слое 0,6 м, которое в среднем за годы исследований составило 6130 м³/га.

Таблица 4 – Структура суммарного водопотребления риса при различных режимах капельного орошения (доза удобрений на урожайность 6 т/га)

Предполивная влажность почвы, % НВ	Годы исследований	Оросительная норма		Приход влаги от осадков		Использование почвенной влаги		Суммарное водопотребление, м ³ /га
		м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%	
80, h = 0,6 м	2013	4440	72,3	1696	27,6	0,9	0,1	6137
	2014	5550	90,7	497	8,1	75	1,2	6122
	среднее	4995	81,5	1097	17,9	38	0,6	6130
80, h = 0,4 и 0,6 м	2013	4700	71,2	1696	25,7	206	3,1	6602
	2014	6060	91,8	497	7,5	48	0,7	6605
	среднее	5380	81,5	1097	16,6	127	1,9	6604
80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м	2013	4510	69,8	1696	26,2	258	3,9	6464
	2014	5500	85,1	497	7,7	468	7,2	6465
	среднее	5005	77,5	1097	17,0	363	5,6	6465

Доля участия оросительной воды по вариантам опыта капельного орошения риса изменялась в пределах 77,5 – 81,5% общего расхода воды. Максимальное количество подаваемой на поле оросительной воды сложились в варианте с предполивным порогом влажности 80% НВ при дифференцированном слое увлажнения (h = 0,4 и 0,6 м) и составило 5380 м³/га, минимальное – 4995 м³/га в варианте поддержания влажности почвы не ниже 80% НВ в слое 0,6 м.

Таким образом, при периодических поливах основная доля в структуре эвактранспирации рисового поля, как и при поливе затоплением, приходится на оросительную воду, но численные значения её сложились значительно меньше, чем при традиционной технологии орошения и изменялись от 4995 до 5380 м³/га. При поливе затоплением чеков слоем воды она составляет 12 - 25 тыс. м³/га и более [9-10]. Следовательно, оросительная норма

риса при капельном орошении уменьшилась в 2,0 – 5,6 раз по сравнению с поливом затоплением.

Одним из основных показателей, определяющих эффективность орошения любой сельскохозяйственной культуры, служат затраты оросительной воды на формирование единицы товарной продукции. Из полученных нами результатов (таблица 5) следует, что на посевах риса при капельном поливе они изменялись в зависимости от поддерживаемого водного режима почвы.

Максимальные затраты оросительной воды на производство одной тонны продукции сложились в варианте поддержания влажности почвы не ниже 80% НВ до завершения фазы кушения риса в слое 0,4 с последующим увеличением его до 0,6 м и в среднем за два года составили 879,1 м³/т. Минимальное количество оросительной воды на тонну зерна, 834,2 м³, было затрачено в варианте, где предполивная влажность почвы в отличие от

вышерассмотренного, начиная с фазы восковой спелости, снижалась до 70% НВ.

Таблица 5 – Коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды при различных водных режимах капельного орошения риса (доза удобрений на урожайность 6 т/га)

Предпо- ливаемая влажность почвы, % НВ	Годы ис- следований	Суммарное водопотре- бление, м ³ /га	Урожай- ность, т/г а	Оросите- льная норма, м ³ /га	Коэффици- ент водопо- требления, м ³ /т	Затраты ороситель- ной воды на 1 т риса, м ³ /т
80, h = 0,6 м	2013	6137	5,74	4440	1069,2	773,5
	2014	6122	5,64	5550	1085,5	984,0
	среднее	6130	5,69	4995	1077,3	877,9
80, h = 0,4 и 0,6 м	2013	6602	6,15	4700	1073,5	764,2
	2014	6605	6,09	6060	1084,6	995,1
	среднее	6604	6,12	5380	1079,1	879,1
80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м	2013	6464	6,03	4510	1072,0	747,9
	2014	6465	5,97	5500	1082,9	921,3
	среднее	6465	6,00	5005	1077,5	834,2

Выводы. Предложенная технология водосберегающего орошения риса основана на использовании принципиально нового типа водного режима почвы, создаваемого периодическими поливами и обеспечивающего снижение затрат оросительной воды на единицу площади в 2,0 – 5,6 раз по сравнению с традиционной технологией орошения затоплением чеков. Самым эффективным по затратам оросительной воды на формирование единицы товарной продукции риса оказался вариант поддержания влажности почвы 80% НВ в слое 0,4 м до конца фазы кушения и 0,6 м в последующий период вегетации с допустимым снижением влажности в период от восковой до полной спелости зерна до 70% НВ. Капельное орошение в сочетании с научно-обоснованным внесением удобрений обеспечивает получение высокой урожайности и экономического эффекта, нейтрализует экологические проблемы, связанные с продолжительным поддержанием слоя воды в чеках, позволяет использовать под посевы риса оросительные системы общего назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. FAOSTAT. Date: 2015/Mar/26.
2. Опыт капельного орошения риса / Н.М. Абду, Н.Н. Дубенок, И.П. Кружилин, М.А. Ганиев, К.А. Родин //

Мелиорация и водное хозяйство. – М., 2014. - № 3. - С. 14 – 17.

3. Возделывание риса при орошении дождеванием / И.П. Кружилин, М.А. Ганиев, К.А. Родин, С.Н. Любушкин // Мелиорация и водное хозяйство. М., 2009. - № 1. - С. 28 – 31.
4. Aguilar M. Water use in three flooding management systems under mediterianean climatic conditions / Aguilar M., Borjas F. // Spanish Journal of Agricultural Research, vol. 3 (3), 2005.
5. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / Parthasarathi T., Vanitha K., Mohandass S., Senthilvar S., Vered Eli. // Indian Journal of Plant Physiology, March 2015, Vol. 20, pp. 50-56.
6. Aerobic rice: crop performance and water use efficiency / Jrassi C., Antonio B., Bouman M., Castaceda A.R., Manzelli M., Vecchio V. // Journal of Agriculture and Environment for international Development, 2009, 103 (4), pp. 259-270.
7. Костяков А.Н. Основы мелиорации / Костяков А.Н. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 621 с.
8. Кружилин, И.П. Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов / И.П. Кружилин, Е.А. Ходяков, Ю.И. Кружилин, А.М. Салдаев, А.В. Галда // Патент № 2204241, 20.05.2003.
9. Величко Е.Б. Полив риса без затопления / Е.Б. Величко, К.П. Шумакова. – М.: Колос, 1972. – 88 с.
10. Кружилин И.П. Водосберегающая технология орошения риса периодическими поливами / И.П. Кружилин // Вестник РАСХН – 2009.- № 5.- С. 39 – 41.

UDC 631.4

THE SULPHUR CONTENT IN GRASSLAND SOILS IN POLAND IN 2009-2011

STEFAN PIETRZAK

Institute of Technology and Life Science, Falenty, Raszyn, Poland

Introduction. Sulphur is an essential nutrient plant, classified as macroelements, and in the terms of importance it ranks right after nitrogen, phosphorus and potassium. However, for several years in agricultural soils in different parts of the world this component is in deficient and the situation in this regard deteriorates (Barczak, 2010). Also in some areas of Poland there is a paucity of sulphur in soils and its negative balance in the main cultivated plants species is observed (Podleśna, 2013). Sulphur deficiency is an increasingly widespread phenomenon

also in grassland soils in the world (Breymer and van Dyne, 2012; Muir et al., 2008), especially in soils fertilized with high doses of nitrogen (Defra, 2010). Insufficient amount of sulphur in the grassland soils limits grass growth, protein production and reduces the efficiency of nitrogen use, which increases the risk of nitrates leaching (Mathot et al., 2008 by Murphy and O'Donnell, 1989 and Brown et al., 2000). To avoid these consequences is needed testing of grassland soils in terms of sulphur content and appropriate to the obtained results their fertilization