

- ствия и мониторинг орошения в степной зоне юга Украины / Л. М. Биланчик, Н. Н. Гоголев // Матер. научн. конференция "Оросительные мелиорации – их суть, эффективность и развитие". – Херсон, 1993. – С. 115-116.
7. Задорожний А. І. Дослідження динаміки процесів підтоплення сільськогосподарських угідь в системі еколого-меліоративного моніторингу: автореф. дис... к.т.н. : 06.01.02 / А. І. Задорожний. – К. : УкрІНТЕІ, 2006. – 18 с.
 8. Мацыганова Е. В. Экологическая и агрономическая эффективность орошения на склоновых землях Нечерноземья : автореф. дис... к.с.-х.н. : 06.01.02 / Е. В. Мацыганова. – М. : МСХА, 2004. – 22 с.
 9. Джигирей В. С. Основи екології та охорона навколишнього середовища / В. С. Джигирей, В. М. Сторожук, Р. А. Яцюк. – Львів : Афіша, 2001. – С. 71-74.
 10. Геоінформаційні системи для управління зрошуваними землями : навчальний посібник / [В. О. Ушкаренко, В. В. Морозов, В. В. Колесніков, В. І. Ляшевський, О. П. Тищенко] – Херсон : ЛТ-Офіс, 2010. – 378 с.
 11. Игнатьев В. М. Моделирование продуктивности орошения на мелиоративных системах Северного Кавказа : автореф. дисс... доктора тех. Наук : 06.01.02 / В. М. Игнатьев. – Новочеркасск : ФГОУ „НГМА”, 2008. – 47 с.
 12. Евграшкина Г. П. Прогноз солевого режима почв и грунтов зоны аэрации Фрунзенского орошаемого массива методами математического моделирования / Г. П. Евграшкина, М. М. Коппель // Мелиорация и водное хозяйство. – 1978. – Вып. 43. – С. 56-63.
 13. Клещенко А. Д. Динамическая модель продукционного процесса кукурузы с использованием спутниковой информации и методы прогноза урожайности / А. Д. Клещенко, Т. А. Найдина // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 12. – С. 88-98.
 14. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: Навчальний посібник / [Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковихін С. В.]. – Херсон: Айлант, 2008. – 272 с.
 15. Ризниченко Г. Ю. Математические модели биологических продукционных процессов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. – М. : Изд. Московского университета, 1993. – 302 с.
 16. Росновский И. Н. Системный анализ и математическое моделирование процессов в почве : учебное пособие ; под. ред. д-ра биол. наук С. П. Кулижского. – Томск: Томский государственный университет, 2007. – 312 с.

УДК 633.18:631.674

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ РИСА НА СИСТЕМАХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПО РАЗНЫМ ПРЕДШЕСТВЕННИКАМ, НА ФОНЕ РАЗНЫХ ДОЗ МАКРОУДОБРЕНИЙ И НОРМ ПОСЕВА, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РИСА

КРУЖИЛИН И.П. – профессор, академик РАН
МЕЛИХОВ В.В. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ГАНИЕВ М.А. – кандидат технических наук
РОДИН К.А. – кандидат сельскохозяйственных наук
НЕВЕЖИНА А.Б. – аспирант
Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

Постановка проблемы. Рис отличается высокой биологической пластичностью и адаптационной способностью, что в мировом земледелии позволяет возделывать его в широком диапазоне климатических условий и способов полива, к которым относятся затопление, периодические поливы и суходольные условия.

В XX веке учёными выдвинута научная гипотеза, подтвержденная затем экспериментальными данными, что рис может расти до завершения цикла вегетации как на насыщенной водой почве, так и на обогащённой воздухом [2]. В конце XX века Всероссийским НИИ орошаемого земледелия были начаты исследования по разработке технологии орошения риса, как и других культур семейства мятликовых не затоплением чеков, а проведением периодических поливов [3, 5, 9]. Основным аргументом необходимости разработки и освоения такой технологии орошения риса стало водосбережение, которое формируется за счёт исключения непроизводственных затрат воды. Установлено, что из подаваемых в расчёте на 1 га посевов риса при затоплении чеков

18-20 тыс. м³ и более оросительной воды на эвапотранспирацию расходуется лишь 6-8 тыс. м³/га, оставшаяся часть расходуется на глубинную фильтрацию, боковой отток, сброс и другие потери не связанные с формированием урожая [2-3, 5, 9].

Состояние изучения работы. Важным фактором, определяющим эффективность возделывания риса на незатопленной водой почве, является правильный выбор предшественника. Изучению сельскохозяйственных культур, как предшественников в основном затопляемого риса в севооборотах, посвящено не мало работ. В них излагаются результаты исследований, выполненных с целью выяснения агротехнической роли чистого и занятого паров, однолетних парозанимающих культур и многолетних трав как основных предшественников в снижении засорённости посевов риса, возделываемого при поливе затоплением, а также влияния этих культур на урожайность [1,8].

Влияние предшественников периодически поливаемого риса на водно-физические свойства почвы и засорённость основной культуры, как в России,

так и в других странах на сегодняшний день мало изучено [2, 8].

Избранное нами направление исследований связано с обоснованием предельного насыщения севооборота на оросительных системах общего назначения посевами риса, определением продолжительного возделывания его в монокультуре, обоснования выбора оптимальных предшественников, исключаящих ингибирующее влияние их на растения риса, способствующих очищению поля от сорняков и сохранению плодородия почвы, и обоснования некоторых других приёмов агротехники.

Задачи и методика исследований. Цель настоящей работы - изучение возможности возделывания риса на системах капельного орошения по разным предшественникам, на фоне разных доз макроудобрений и норм посева, влияющих на продуктивность аэробного риса, с учетом засорённости, динамики водно-физических и почвенно-мелиоративной характеристики орошаемой почвы.

Исследования проводились на посевах раннепелого риса сорта Волгоградский в 2014 и 2015 гг. в трёхфакторном полевом опыте на исследовательском поле Волго-Донского стационара ФГБНУ «Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия», расположенного в пределах землепользования ФГУП «Орошаемое», г. Волгоград.

В схеме опыта по первому фактору (предшественники) изучали следующие варианты: 1) соя; 2) картофель; 3) рис по рису.

Во второй фактор входят 3 нормы высева: 1) 4 млн. всхожих зёрен/га; 2) 5 млн. всхожих зёрен/га; 3) 6 млн. всхожих зёрен/га

Третий фактор опытов включал 3 варианта оценки влияния уровней минерального питания на продуктивность риса. Дозы макроудобрений по вариантам рассчитывались на получение запланированной урожайности 4, 5 и 6 т/га зерна и ежегодно дифференцировались с учётом содержания подвижных форм элементов питания в почве.

Коэффициенты возмещения выноса элементов питания растениями риса с учётом степени обеспеченности и окультуренности почвы опытного участка принимались согласно рекомендаций опытной станции по программированию урожая ВГСХА [7]. По азоту с учетом хорошей окультуренности почв опытного участка на не бобовых предшественниках принимали равный 0,7, бобовому – 0,4 (табл. 1).

Водный режим почвы в исследованиях по предполивному порогу влажности почвы принимали дифференцированный по схеме: 70-80-70% НВ (предполивной порог 70% НВ от посева до начала кущения и от конца молочной до полной спелости зерна; 80% НВ – от кущения до конца молочной спелости). Глубина регулируемого поливами слоя почвы – 0,6 м.

Таблица 1 – Расчёт доз макроудобрений под планируемую урожайность аэробного риса

Планируемая урожайность, т/га	4,0			5,0			6,0		
	N ₁₁₀	P ₅₀	K ₁₀₀	N ₁₃₆	P ₆₂	K ₁₂₅	N ₁₆₃	P ₇₄	K ₁₅₀
Вынос, кг/га									
Коэффициент возмещения выноса по не бобовой культуре:	0,7	1,0	0,6	0,7	1,0	0,6	0,7	1,0	0,6
доза удобрений, кг д.в./га:	77	50	60	95	62	75	115	74	90
в т.ч. под вспашку	39	50	60	49	62	75	59	74	90
1 подкормка (кущение)	19	-	-	23	-	-	28	-	-
2 подкормка (трубкование)	19	-	-	23	-	-	28	-	-
Коэффициент возмещения выноса по бобовой культуре:	0,4	1,0	0,6	0,4	1,0	0,6	0,4	1,0	0,6
доза удобрений, кг д.в./га:	44	50	60	55	62	75	65	74	90
в т.ч. под вспашку	22	50	60	29	62	75	33	74	90
1 подкормка (кущение)	11	-	-	13	-	-	16	-	-
2 подкормка (трубкование)	11	-	-	13	-	-	16	-	-

Опыт закладывался методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом расположении вариантов по предшественникам и рендомизированно – по нормам высева и минеральному питанию. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянок по предшественникам: картофель – 630 м², соя и рис по рису – 101 м²; нормам высева – 680 м² и минеральному питанию – 227 м². Способ полива – капельное орошение с применением линий израильской компании – «Netafim». Посев проводили сеялкой СН-16 узкорядным способом при устойчивом прогревании почвы на глубине заделки семян до 13⁰С, в 2014 г. – 28 апреля и 2015 – 8 мая.

Почвы опытного участка светло-каштановые тяжелосуглинистые. Характеризуются они небольшой мощностью гумусового горизонта, 0,00-0,28 м 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 почва характеризуется низкой обеспеченностью азотом,

средней – подвижным фосфором и обменным калием. Одним из основных агрофизических показателей при оценке почв на разных предшественниках является плотность в естественном сложении. В среднем для расчётного слоя 0,0-0,6 м она составляет 1,29 т/м³, а наименьшая влагоёмкость – 23,8% массы сухой почвы. Показатели порозности по слоям изменялись в пределах от 47,06 до 51,59%, плотность твердой фазы от 2,52 до 2,72 т/м³.

Сумма выпавших осадков за период апрель-сентябрь в 2014 г. и 2015 г. составляла соответственно 108,9 и 123,5 мм, а сумма среднесуточных температур воздуха –3662,1 и 3722,9⁰С. По совокупности гидротермических показателей вегетационного периода годы исследований характеризуются следующим образом: 2014 – среднесухой и 2015 – средний.

Полевые опыты сопровождалась наблюдениями, учетами и измерениями, выполненными при соблюдении требований методик опытного дела (Доспехов Б.А., 1985; Плешаков В.Н., 1983 и др.) [4, 6].

Результаты исследований. За 2 года исследований в варианте по предшественнику сое для завершения жизненного цикла растения риса потребовалось 105-109 суток (табл. 2). В варианте по предшественнику у картофеля вегетационный период уменьшился на 2 суток и составил 103-107 суток. По предшественнику рис было отмечено минимальное количество суток, необходимых растениям риса, чтобы завершить вегетацию, и за два года исследований составило 101-105 суток.

Самое раннее созревание зерна наступало в варианте 4 млн. всхожих зёрен/га. В этом варианте за годы исследований цикл вегетации растений завершился за 100-104 суток. Наиболее продолжительным, 106-110 суток, период вегетации риса сложился в варианте 6 млн. всхожих зёрен/га. В варианте 5 млн. всхожих зёрен/га он был на 3 суток больше по сравнению с 4 млн. всхожих зёрен/га и на 2 суток короче 6 млн. всхожих зёрен/га.

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

Годы исследований	Варианты по предшественникам, нормам высева (млн. всх. зёрен/га) и дозам макроудобрений (кг д.в/га)	Посев-всходы	Всходы-кущение	Кущение-трубкавание	Трубкавание-выметывание	Выметывание-молочная спелость	Молочная-восковая спелость	Восковая-полная спелость	Всего
Предшественники, планируемая урожайность 5 т/га и 5 млн. всх. зёрен/га									
2014	соя	12	29	13	25	7	9	14	109
	картофель	12	29	12	24	7	9	14	107
	рис по рису	12	28	11	24	7	9	14	105
2015	соя	13	25	12	27	6	8	14	105
	картофель	13	25	11	26	6	8	14	103
	рис по рису	13	24	10	26	6	8	14	101
Картофель, N ₉₅ P ₆₂ K ₇₅ (5 т/га)									
2014	4	12	29	11	23	7	9	13	104
	5	12	29	12	24	7	9	14	107
	6	12	29	13	25	7	10	14	110
2015	4	13	25	10	25	6	8	13	100
	5	13	25	11	26	6	8	14	103
	6	13	25	12	27	6	9	14	106
Картофель, норма высева 5 млн. всх. зёрен									
2014	N ₇₅ P ₅₀ K ₆₀ (4 т/га)	12	28	11	23	7	9	14	104
	N ₉₅ P ₆₂ K ₇₅ (5 т/га)	12	29	12	24	7	9	14	107
	N ₁₁₅ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)	12	30	13	25	7	10	14	111
2015	N ₇₅ P ₅₀ K ₆₀ (4 т/га)	13	24	10	25	6	8	14	100
	N ₉₅ P ₆₂ K ₇₅ (5 т/га)	13	25	11	26	6	8	14	103
	N ₁₁₅ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)	13	26	12	27	6	9	14	107

Внесение минеральных макроудобрений, как и предыдущие варианты опыта, увеличивало продолжительность межфазных периодов и всего вегетационного периода риса. В варианте по предшественнику картофель на фоне внесения макроудобрений, рассчитанных на получение урожайности 4 т зерна с гектара, период вегетации риса за два года изменялся от 100 до 104 суток. Повышение фона минерального питания до рассчитанного на планируемую урожайность 6 т/га сопровождалось увеличением продолжительности вегетационного периода до 107-111 суток.

Анализ полученных нами результатов представленных в таблице 3 показал, что из изучаемых предшественников максимальная урожайность риса при внесении макроудобрений, рассчитанных на получение урожайности 5 т/га, была получена по сое. В среднем за 2 года исследований она составила 4,99 т/га зерна. По предшественнику картофель при внесении той же дозы макроудобрений урожайность риса была ниже, чем по сое на 0,16 т/га, но была выше на 0,14 т/га зерна, чем по предшественнику рис.

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

Варианты по предшественникам, нормам высева (млн. всх. зёрен/га) и дозам макроудобрений (кг д.в/га)	Годы исследований		Средняя
	2014	2015	
Предшественники, планируемая урожайность 5 т/га и 5 млн. всх. зёрен/га			
соя	4,95	5,03	4,99
картофель	4,77	4,88	4,83
рис по рису	4,62	4,75	4,69
Картофель, N ₉₅ P ₆₂ K ₇₅ (5 т/га)			
4	4,42	4,61	4,51
5	4,77	4,88	4,83
6	4,99	5,09	5,04
Картофель, 5 млн. всх. зёрен			
N ₇₅ P ₅₀ K ₆₀ (4 т/га)	3,70	3,87	3,78
N ₉₅ P ₆₂ K ₇₅ (5 т/га)	4,77	4,88	4,83
N ₁₁₅ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)	5,75	5,91	5,83
НСР ₀₅ : 2014 г. – 0,118; 2015 г. – 0,139			

Изучение норм высева показало, данные представлены в таблице 3, что в варианте 5 млн. всхожих зёрен/га сбор зерна в среднем за 2 года исследования составил 4,83 т/га, это на 0,32 т/га выше, чем в варианте высева 4 млн. всхожих зёрен/га составил, но ниже на 0,21 т/га, чем в варианте 6 млн. всхожих зёрен/га.

Дозы макроудобрений также повлияли на продуктивность посевов аэробного риса. Так, при внесении фона минерального питания рассчитанного на получение 4 т/га зерна по предшественнику картофель сформировало получение 3,78 т/га зерна (таблица 3). Во втором варианте внесения макроудобрений урожайность риса в среднем за 2 года по сравнению с третьим вариантом снизилась на 1,00 т/га, но была выше по сравнению с первым вариантом внесения макроудобрений (N₇₅ P₅₀ K₆₀) на 1,05 т/га.

Математическая обработка данных по урожайности риса показала (табл. 3), что прибавка зерна по изучаемым нами факторам (предшественник, норма высева и доза макроудобрений) была существенной. Важно отметить, что посевы риса сорта Волгоградский оказались толерантными к отсутствию слоя воды, а изучаемые нами факторы с использованием капельного орошения обеспечивают получение

достаточно высокой урожайности при существенной экономии оросительной воды по сравнению с поливом затоплением.

Для поддержания водного режима почвы не ниже 70-80-70 %НВ по первому варианту, предшественник соя, в 2014-2015 гг. число поливов нормой 550 м³/га составило соответственно 2 и 1, а нормой 370 м³/га каждый составило 12 и 11 соответственно, оросительной нормой 5540 и 4620 м³/га (таблица 4). Продолжительность межполивных периодов изменялась от 2 до 12 суток.

Во втором варианте, предшественник картофель, в 2014 г. число поливов нормой 550 м³/га составило 2, 2015 г. – 1, а нормой 370 м³/га по годам соответственно 11 и 10, при оросительной норме 5170 и 4250 м³/га.

В третьем варианте, где предшественником был рис, общее число поливов нормой 550 м³/га было одинаковым как в предыдущие варианты, а нормой 370 м³/га 10 и 9. Оросительная норма при этом по годам сложилась 4800 и 3880 м³/га.

В результате исследований также установлено (табл. 4), что наибольшее суммарное водопотребление (эвапотранспирация), в зависимости от предшественника, было отмечено по сое за 2 года составило 6154 и 6106 м³/га.

Таблица 4 – Водный баланс почвы и эвапотранспирация аэробного риса по разным предшественникам (70-80-70 %НВ, планируемая урожайность 5 т/га и 5 млн. всх. зёрен/га)

Годы исследований	Предшественник	Количество поливов Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма		Приход влаги от осадков		Использование почвенной влаги		Суммарное водопотребление, м ³ /га
			м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%	
2014	Соя	$\frac{12}{370}$ и $\frac{2}{550}$	5540	90,0	497	8,1	117	1,9	6154
	Картофель	$\frac{11}{370}$ и $\frac{2}{550}$	5170	87,4	497	8,4	246	4,2	5913
	Рис по рису	$\frac{10}{370}$ и $\frac{2}{550}$	4800	84,7	497	8,8	367	6,5	5664
2015	Соя	$\frac{11}{370}$ и $\frac{1}{550}$	4620	75,7	1478	24,2	8	0,1	6106
	Картофель	$\frac{10}{370}$ и $\frac{1}{550}$	4250	72,6	1465	25,0	140	2,4	5855
	Рис по рису	$\frac{9}{370}$ и $\frac{1}{550}$	3880	68,4	1433	25,3	355	6,3	5668

В вариантах, где предшественниками были картофель и рис расход воды растениями снизился соответственно в 2014 году на 241 и 490 в 2015 – 251 и 438 м³/га относительно предшественника сои.

В структуре эвапотранспирации основной приходной статьёй водного баланса была оросительная вода. Максимальное её количество, 90,0 и 75,7%, за период опытов отмечалось после предшественника сои. В варианте по предшественнику картофель поданное на опытное поле количество оросительной воды снизилось за 2 года исследований на 2,6 и 3,1% соответственно, но была выше, чем в варианте рис по рису на 2,7 и 4,2 %.

Выпадающие в течение вегетационного перио-

да осадки играют заметную роль в структуре эвапотранспирации аэробного риса. Так, в изучаемых вариантах по предшественникам на долю осадков за 2 года исследований приходилось от 8,1 до 25,3%, а числовое значение от 497 до 1478 м³/га.

Участие почвенной влаги в удовлетворении потребности аэробного риса в воде по годам исследований изменялось в пределах от 8 до 367 %. Наибольшее значение используемой почвенной влаги, 6,5 и 6,3 %, было отмечено по предшественнику рис по рису. Наименьшее, 1,9 и 0,1 %, по предшественнику сое.

Одним из основных показателей, определяющих эффективность орошения любой сельскохозяй-

ственной культуры, служат затраты оросительной воды на формирование единицы товарной продукции.

Из полученных нами результатов (таблица 5)

следует, что максимальные затраты оросительной воды на производство одной тонны продукции сложились в варианте по предшественнику сое и в среднем за два года составили 1018,8 м³/т.

Таблица 5 – Коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды по разным предшественникам при капельном орошении риса (70-80-70 %НВ, планируемая урожайность 5 т/га и 5 млн. всх. зёрен/га)

Предшественник	Годы исследований	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Оросительная норма, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Затраты оросительной воды, м ³ /т
Соя	2014	6154	4,95	5540	1243,2	1119,2
	2015	6106	5,03	4620	1213,9	918,5
	среднее	6130	4,99	5080	1228,6	1018,8
Картофель	2014	5913	4,77	5170	1239,6	1083,9
	2015	5855	4,88	4250	1199,8	870,9
	среднее	5884	4,83	4710	1219,7	977,4
Рис по рису	2014	5664	4,62	4800	1226,0	1039,0
	2015	5668	4,75	3880	1193,3	816,8
	среднее	5666	4,69	4340	1209,6	927,9

В варианте, где предшественником был картофель они снизились до 977,4 м³/т. Минимальное количество оросительной воды на тонну зерна, 927,9 м³, было затрачено в варианте по предшественнику рис.

Выводы. В результате проведённых в 2014 и 2015 гг. исследований получены новые знания по влиянию предшествующих культур, доз внесения макроудобрений и норм посева на рост и развитие, урожайность и эвапотранспирацию аэробного риса при капельном орошении.

В зависимости от предшественников рис сорт Волгоградский имел короткий вегетационный период по предшественнику рис, который составил по годам исследований 101 и 105 суток. В варианте по предшественнику сое было отмечено максимальное количество 105 и 109 суток. В варианте 4 млн. всхожих зёрен/га наступало самое раннее созревание зерна, которое составило в этом варианте за годы исследований 100-104 суток. Наиболее продолжительным, 106-110 суток, период вегетации риса сложился в варианте 6 млн. всхожих зёрен/га и составил 106 и 110 суток. Внесение минеральных макроудобрений, также увеличивало межфазные периоды и весь периода вегетации риса. В варианте по предшественнику картофель на фоне внесения макроудобрений, рассчитанных на получение урожайности 4 т зерна с гектара, период вегетации риса за два года изменялся от 100 до 104 суток. Повышение фона минерального питания до рассчитанного на планируемую урожайность 6 т/га сопровождалось увеличением периода вегетации до 107-111 суток.

В варианте по предшественнику сое на фоне внесения макроудобрений рассчитанных на получение 5 т/га получена наибольшая урожайность зерна, которая составила в среднем за годы исследований 4,99 т/га. Наименьшее её значение, 4,69 т/га, отмечалось по предшественнику рис на том же фоне макроудобрений. Изучение норм высева показало, что в варианте 5 млн. всхожих зёрен/га сбор зерна в среднем за 2 года исследований составил 4,83 т/га, это на 0,32 т/га выше, чем в варианте высева 4 млн. всхожих зёрен/га составил, но ниже на 0,21 т/га, чем в варианте 6 млн. всхожих зёрен/га. При внесении по предшественнику картофель макроудобрений рассчитанных на получение 4 т/га урожайность состави-

ла 3,78 т/га, что ниже на 1,05 т/га, чем во втором варианте при внесении 5 т/га и на 2,05 т/га по сравнению с третьим вариантом 6 т/га зерна.

При капельном орошении определена эвапотранспирация риса по предшественникам. Максимальное её значение было отмечено в варианте соя и за 2 года составило 6154 и 6106 м³/га. В вариантах, где предшественниками были картофель и рис расход воды растениями снизился соответственно в 2014 году на 241 и 490 в 2015 – 251 и 438 м³/га.

Максимальные затраты оросительной воды на производство одной тонны продукции сложились по предшественнику сое и в среднем за два года составили 1018,8 м³/т. Минимальное количество оросительной воды на тонну зерна, 927,9 м³, было затрачено по предшественнику рис.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Агарков В. Д. Агротехнические требования и нормативы в рисоводстве / В. Д. Агарков, А. Ч. Уджуху, Е. М. Харитонов. – Краснодар : ВНИИ риса, 2006. – 96 с.
2. Величко Е. Б. Полив риса без затопления / Е. Б. Величко, К. П. Шумакова. – М. : Колос, 1972. – 88 с.
3. Ганиев М. А. Возделывание риса при периодических поливах на землях ООО Агрокомплекс «Прикубанский» Краснодарского края / М. А. Ганиев, И. П. Кружилин, Н. В. Кузнецова, К. А. Родин // Известия Нижневолжского Аграрного университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – №4 (32). – С. 29 – 32.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Водо-и ресурсосберегающая технология возделывания риса / И. П. Кружилин, В. В. Мелихов, М. А. Ганиев, А. Г. Болотин, К. А. Родин. – Вестник Российской академии сельскохозяйственной наук. – М., 2014. – № 1. – С. 39 - 41.
6. Плешаков В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения / В. Н. Плешаков. – Волгоград : Рекомендации ВНИИОЗ, 1983. – 149 с.

7. Филин В. И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая / В. И. Филин. – Волгоград: ВГСХА, 1994. – 274 с.
8. Рис в Узбекистане / В. Ф. Щупаковский, А. В. Нестеров, Н. П. Сборщикова, К. И. Коновалов, У. Мулладжанов. – Ташкент : изд-во Узбекистан, 1966. – 152 с.
9. Kruzhilin I. P. Water-Saving technology of dripirrigatedaerobicrice [Водосберегающая технология возделывания аэробного риса при капельном орошении] / Kruzhilin I. P., Doubenok N. N., Abdou N. M., Ganiv M. A., Melikhov V. V., Bolotin A. G., Rodin K. A. // Известия ТСХА. – 2015. – № 3. – С 47-56.

УДК 581.4:633.635:631.6(477.72)

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН
БІЛЯЄВА І.М. – кандидат с.-г. наук, с.н.с.
КОКОВІХІН С.В. – доктор с.-г. наук, професор
Інститут зрошуваного землеробства НААН

Постановка проблеми. На різних рівнях живої матерії продукційні процеси проявляють себе по-різному, проте їх феноменологічний опис завжди включає проростання, ріст, формування репродуктивних органів, урожай та загибель. Саме така структура життєдіяльності дозволяє застосовувати математичний апарат для опису продукційних процесів в біологічних системах, як природних, так і штучно створених людиною. Для отримання високих і сталих урожаїв с.-г. культур треба приймати до уваги багато метеорологічних та агротехнічних чинників. Особливе значення має агроекологічне обґрунтування технологій вирощування польових культур на зрошуваних землях. Наукові дослідження з встановлення впливу на продукційні процеси фотосинтетично-активної радіації (ФАР), частину сонячного спектра з довжиною хвилі від 380 до 740 нм, яка використовується рослинами для фотосинтезу, має актуальне значення з точки зору оптимізації використання природних та агротехнічних ресурсів, підвищення продуктивності зрошуваних земель, забезпечення економічної ефективності та екологічної безпеки зрошуваного землеробства [1-3].

Стан вивчення проблеми. Доведено, що 90-95% біомаси рослин формується з використанням сонячної енергії та вуглекислого газу атмосфери. Тому підвищення фотосинтетичної продуктивності сільськогосподарських культур з врахуванням показників сонячної радіації є однією з найпрогресивніших задач землеробської галузі та аграрного сектору економіки. Необхідність дослідження впливу сонячної радіації на фундаментальні фізіологічні процеси, як фотосинтез і транспірацію, з врахуванням впливу різних агротехнічних засобів (зокрема, зрошення), формування водного та поживного режимів ґрунту підтверджено дослідженнями вчених з різних країн, особливо за умов використання сучасних комп'ютерних програм та інформаційних технологій [4].

Останнім часом досліджень з вивчення ефективності використання ФАР небагато, а існуючі методи для розрахунків оцінки показників сонячної енергії мають досить складний характер. Серед таких методів – визначення ФАР за емпіричними показниками прямої та розсіяної сонячної радіації

при допомозі актинометричних спостережень, що потребує численних досліджень та складних розрахунків [5]. Один з достатньо точних методів для розрахунків місячних величин інтегральної радіації за сумами тривалості сонячного сьйва, є метод С.І. Сивкова [6]. Інтенсивність короткохвильової та довгохвильової радіації може бути виміряна при допомозі піранометрів, радіометра або соларметра. Ці інструменти містять сенсор, який встановлений на горизонтальній площині і вимірює показники радіації. Проте, слід зауважити, що ці методи потребують коштовного обладнання, високої кваліфікації персоналу та великої кількості розрахунків, що обумовлює необхідність удосконалення існуючих методів, зокрема розробки нових методів встановлення показників ФАР за допомогою сучасних інформаційних систем і технологій.

Завдання і методика досліджень. Завдання досліджень полягало в проведенні комп'ютерного моделювання впливу сонячної радіації на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах зрошення півдня України за методикою Ангстрема та спеціального програмно-інформаційного комплексу CROPWAT 8.0.

Дослідження проведені з використанням спеціальних методик дослідної справи в зрошуваному землеробстві [7]. Якщо сонячну радіацію немає можливості виміряти спеціальними приладами, її можна розрахувати за формулою Ангстрема, яка пов'язує сонячну радіацію з позаземною радіацією і відносною тривалістю сонячного сьйва [8]. Використано програму CROPWAT 8.0, розроблену фахівцями ФАО ООН для розрахунку метеорологічних показників та водопотреби сільськогосподарських культур в умовах зрошення. Моделювання продуктивності зрошуваних сівозмін проводили за допомогою інтегральних показників ФАР. Також встановлювали залежності між надходженням ФАР та досліджуваними факторами на прикладі вивчення застосування енергозберігаючих елементів технології вирощування с.-г. культур в умовах зрошення. Для розрахунків використано експериментальні дані Інституту зрошуваного землеробства НААН за період 2011-2015 років. Джерело зрошення – Інгулецька зрошувальна система. Метеорологічні показники, які використовували для