

Продуктивность ярового ячменя в зависимости от обработок почвы и минерального питания при орошении в условиях Северного Прикаспия

Сычев В.Г., академик РАН, д.с.-х.н., профессор,

Шевченко В.А., академик РАН, д.с.-х.н.

Тютюма Н.В., член-корреспондент РАН, д.с.-х.н., **Зайцева Н.А.**, к.с.-х.н.

В статье представлены результаты по влиянию различных обработок почвы и доз минеральных удобрений на продуктивность ярового ячменя в условиях орошения на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия. Исследованиями выявлено, что наибольшие прибавки урожая получены при использовании рабочего органа РОПА – 0,32...0,49 т/га, а также при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{150}K_{150}$ – 3,91...4,08 т/га. В абсолютном значении самая высокая урожайность зерна ячменя обеспечивалась на варианте с глубоким рыхлением почвы орудием РОПА ($h=0,40-0,45$ м) с дозой удобрений $N_{150}P_{150}K_{150}$ – 7,64 т/га.

Ключевые слова: ячмень яровой, обработка почвы, дозы минеральных удобрений, урожайность.

Адаптивное растениеводство предполагает ряд мероприятий, направленных на увеличение урожайности ячменя, к которым относятся основная обработка почвы и применение минеральных удобрений [7]. Применение минеральных удобрений практически во всех регионах возделывания ячменя способствует повышению его урожайности [6]. При этом доля участия минеральных удобрений в формировании урожайности может колебаться в широких диапазонах от 40 до 70% [9].

Яровой ячмень является ценной зернофуражной культурой, что особенно актуально для регионов с развивающимся животноводством, к которым можно отнести и Астраханскую область. Несмотря на большие потребности, площади посевов ярового ячменя достигают лишь 15 тысяч гектар, что, в первую очередь, связано с большими рисками при

возделывании зерновых культур в данном регионе. Частые засухи на фоне низкого плодородия почв могут частично или полностью повреждать растения ячменя, что приводит к недоборам урожая или его полной потере [10,11].

Основным фактором, лимитирующим получение высоких устойчивых урожаев данной культуры, является, в первую очередь, влагообеспеченность, которую можно частично обеспечить применением глубоких обработок почвы, а также применением орошения и обеспечение растений питанием, что достигается применением минеральных удобрений [4,8].

Поэтому, наиболее целесообразным в засушливых условиях Астраханской области является возделывания ячменя на орошении. При этом, потенциал данной культуры при возделывании в орошаемых условиях с применением различных доз минеральных удобрений на фоне различных основных обработок почвы недостаточно изучен.

В связи с этим, целью нашего исследования являлось изучение влияния доз минеральных удобрений на фоне различной основной обработке почвы на продуктивность ярового ячменя при орошении на светло-каштановой почве аридной зоны Северного Прикаспия.

Методика

Опытный участок был заложен на орошаемых полях ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», который расположен на севере Астраханской области в Черноярском районе [1].

Опыт двухфакторный: фактор А – основные обработки почвы – 1. Вспашка ПН-4-35 (h=0,20-0,22 м), контроль, 2. СИБИМЭ (h=0,30-0,35 м), 3. РАНЧО (h=0,35-0,40 м), 4. РОПА (h=0,40-0,45 м); фактор В – дозы минерального питания – 1. Без удобрений (контроль), 2. N₉₀P₉₀K₉₀, 3. N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀, 4. N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀. Повторность опыта четырехкратная, учетная площадь делянки второго порядка – 100 м², общая площадь под опытом – 25 га.

Закладка опытных участков проводилась по требованиям методики опытного дела Б.А. Доспехова (1979) [3]. Учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам: влажность почвы термостатно-весовым методом на глубине почвенного профиля 1,0 м послойно по методике А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной [2]; высота растений определялась по главному стеблю на закрепленных площадках, определение биологической урожайности проводилось по методике Госсортсети в четырехкратной повторности, определение элементов структуры урожайности проводилось на 10 растениях по вариантам [5].

Почвы опытного участка светло-каштановые. Результаты проведенных анализов почвенных образцов опытного участка показали низкое содержание гумуса, так, на глубине 0...0,20 м его значения колебались на уровне 0,91%, а на глубине 0,20...0,45 м снижались до 0,87%. Почвы слабощелочные – рН солевой вытяжки 7,6. Обеспеченность почв опытного участка подвижными формами соединений азота очень низкое – 5,3...5,4 мг/кг, фосфора низкое – 20,3...28,4 мг/кг, калия высокое – 228,4...265,2 мг/кг.

Климатические условия места проведения опыта сильно континентальные, засушливые. Осадков выпадает мало (не более 250 мм в год), при этом испаряемость превышает их в 4-5 раз. Коэффициент увлажнения данной территории 0,12-0,33. По ГТК место закладки опыта относится к засушливому району с коэффициентом 0,4-0,5 [1].

Посев проводили в первой декаде апреля при готовности почвы. Удобрения вносились при посеве. Вегетационные поливы ярового ячменя проводились с учетом поддержания предполивного порога влажности почвы на уровне 70...75% НВ в периоды всходов, выхода в трубку, колошения и налива зерна с учетом погодных условий года. В среднем за вегетацию проводилось 5-8 поливов поливной нормой 500...550 м³/га. Орошение осуществлялось дождевальными машинами кругового действия Centerstar НК 168.

Результаты и их обсуждение

Различные дозы минерального питания на фоне различных основных обработок почвы предопределили отличия вегетации ярового ячменя по вариантам опыта и отразились на средних показателях структуры урожая и урожайности в целом.

В результате проведенных трехлетних испытаний установлено, что изучаемые факторы опыта оказывают влияние на формирование продуктивности ярового ячменя, в частности увеличение глубины обработки почвы и повышение доз минерального питания на фоне орошения способствуют увеличению высоты растений ячменя в среднем на 0,05...0,21 м (таблица 1).

Наибольшее значение высоты растений отмечалось на варианте обработки почвы рабочим органом РОПА ($h=0,40-0,45$ м) с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{150}K_{150} - 0,83$ м. На данном варианте отмечалось и наибольшее количество продуктивных стеблей – 599 шт./м², что выше контрольного варианта без удобрений на 78 шт./м², а по сравнению с аналогичным по внесению минеральных удобрений вариантом на обработке почвы ПН-4-35 ($h=0,20-0,22$ м) на 110 шт./м².

Минимальная длина колоса отмечалась на контрольном варианте ПН-4-35 ($h=0,20-0,22$ м) без внесения минеральных удобрений – 7,0 см. Внесение различных доз минеральных удобрений способствовало увеличению длины колоса на данном варианте обработки почвы на 0,4...0,6 см. Наибольшие значения длины колоса отмечались на вариантах с обработками почвы РАНЧО и РОПА от 7,3 до 8,1 см в зависимости от доз минеральных удобрений.

Количество зерен в колосе также варьировало от 29 до 50 штук в зависимости от обработки почвы и доз удобрений (таблица 1).

Таблица 1 - Элементы структуры урожайности ярового ячменя «Ратник» в зависимости от варианта опыта, среднее за 2020...2022 гг.

Обработка почвы	Доза минеральных удобрений	Высота растений, м	Кол-во продуктивных стеблей, шт./м ²	Длина колоса, см	Кол-во зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Вспашка ПН-4-35 (h=0,20-0,22 м), контроль	Без удобрений	0,55	389	7,0	29	1,19	41,05
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0,57	421	7,4	30	1,28	42,50
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,58	452	7,5	38	1,63	42,86
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	0,60	489	7,6	44	2,07	47,14
СибИМЭ (h=0,30-0,35 м)	Без удобрений	0,60	452	7,1	30	1,25	41,82
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0,67	493	7,5	41	1,73	42,08
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,68	552	7,6	45	1,95	43,33
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	0,72	576	7,8	46	2,04	44,40
РАНЧО (h=0,35-0,40 м)	Без удобрений	0,61	498	7,3	32	1,39	43,33
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0,80	529	7,7	39	1,78	45,60
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,80	558	7,9	41	1,81	44,23
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	0,81	582	8,0	48	2,49	51,92
РОПА (h=0,40-0,45 м)	Без удобрений	0,72	521	7,5	35	1,54	44,07
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0,78	545	7,9	40	1,81	45,36
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,82	578	7,9	48	2,31	48,21
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	0,83	599	8,1	50	2,80	56,00

Наибольшая масса зерен с колоса была получена на всех вариантах основной обработки почвы при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{150}K_{150} - 2,07...2,80$ г.

Масса 1000 зерен также возрастала по мере увеличения доз вносимых удобрений от 41,05 г на варианте вспашка ПН-4-32 без удобрений до 56,0 г на варианте с обработкой почвы орудием РОПА с внесением удобрений в дозе $N_{150}P_{150}K_{150}$ (таблица 1).

Увеличение глубины основной обработки почвы с 0,20...0,22 м при вспашке ПН-4-32 (контроль) до 0,30...0,35 м при обработке почвы СиБИМЭ способствовало увеличению урожайности при разных уровнях минерального питания в среднем за годы изучения от 0,06 до 0,22 т/га, или на 0,8...4,8%, по сравнению с контролем (таблица 2).

Таблица 2 - Урожайность ярового ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы и доз минерального питания, т/га

Обработка почвы	Год	Дозы минеральных удобрений			
		Без удобрений	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{120}P_{120}K_{120}$	$N_{150}P_{150}K_{150}$
Вспашка ПН-4-35 (h=0,20-0,22 м), контроль	2020	3,05	5,25	6,03	6,89
	2021	3,21	5,58	6,18	7,11
	2022	3,45	6,18	6,56	7,45
	среднее	3,24	5,67	6,26	7,15
СиБИМЭ (h=0,30-0,35 м)	2020	3,10	5,41	6,38	7,05
	2021	3,29	5,87	6,61	7,15
	2022	3,53	6,38	6,69	7,42
	среднее	3,31	5,89	6,56	7,21
РАНЧО (h=0,35-0,40 м)	2020	3,35	5,92	6,18	7,38
	2021	3,50	6,03	6,69	7,58
	2022	3,69	6,21	6,98	7,61
	среднее	3,51	6,05	6,62	7,52
РОПА (h=0,40-0,45 м)	2020	3,44	6,01	6,52	7,58
	2021	3,52	6,11	6,78	7,62
	2022	3,71	6,21	6,87	7,71
	среднее	3,56	6,11	6,72	7,64
НСР ₀₅ общая 0,10...0,11 НСР ₀₅ по фактору А 0,05...0,06 НСР ₀₅ по фактору В 0,05...0,06 НСР ₀₅ АВ 0,05...0,06					

Увеличение глубины обработки почвы до 0,35...0,40 м при использовании орудия РАНЧО также обеспечивало прибавку урожайности в диапазоне 0,27...0,38 т/га, или 5,2...8,3%. А наибольшие прибавки урожайности отмечались на варианте с глубоким рыхлением почвы орудием РОПА – 0,32...0,49 т/га, или 6,9...9,9% (таблица 2).

Повышение доз минерального питания ярового ячменя также способствовало росту прибавок урожайности зерна. При дозе удобрений $N_{90}P_{90}K_{90}$, независимо от основной обработки почвы, урожайность повышалась в среднем за годы изучения на 2,43...2,58 т/га, или на 9,0...9,56%, по сравнению с контролем. Еще большая прибавка урожайности отмечалась на вариантах с дозой $N_{120}P_{120}K_{120}$, достигнув 3,02...3,25 т/га или 8,39...9,03% по сравнению с вариантами без удобрений. Увеличение дозы удобрений до $N_{150}P_{150}K_{150}$ способствовало получению прибавки урожайности до 3,91...4,08 т/га или 8,69...9,07%. Наибольшая урожайность зерна ячменя обеспечивалась на варианте с глубоким рыхлением почвы орудием РОПА ($h=0,40-0,45$ м) с дозой удобрений $N_{150}P_{150}K_{150}$, составив 7,64 т/га (таблица 2).

Расчет показал, что наиболее высокая окупаемость одного килограмма удобрений прибавкой урожая обеспечивалась при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$, независимо от приемов основной обработки почвы (таблица 3).

Таблица 3 – Анализ эффективности применения удобрений при возделывании ячменя сорта Ратник на орошении при различных основных обработках почвы, среднее за 2020...2022 гг.

Обработка почвы	Дозы минеральных удобрений	Урожайность, т/га	Прибавка от удобрений, т/га	Окупаемость NPK кг/кг
Вспашка ПН-4-35 ($h=0,20-0,22$ м), контроль	Без удобрений	3,24	-	
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	5,67	2,43	9,0
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	6,26	3,02	8,4
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	7,15	3,91	8,7
СибИМЭ ($h=0,30-0,35$ м)	Без удобрений	3,31	-	
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	5,89	2,58	9,5
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	6,56	3,25	9,0

	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,21	3,90	8,7
РАНЧО (h=0,35-0,40 м)	Без удобрений	3,51	-	
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,05	2,54	9,4
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6,62	3,11	8,6
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,52	4,01	8,9
РОПА (h=0,40-0,45 м)	Без удобрений	3,56	-	
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,11	2,55	9,4
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6,72	3,16	8,8
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,64	4,08	9,1

Расчет экономической эффективности показал, что в орошаемых условиях, несмотря на дополнительные затраты возделывание ярового ячменя рентабельно (таблица 4).

Так на контрольных вариантах при средней урожайности 3,24...3,56 т/га, рентабельность составила 117,55...137,08%, а окупаемость 2,18...2,37 руб. на рубль вложенных затрат. Наиболее эффективным показали себя варианты с основной обработкой почвы орудием РОПА и РАНЧО с рентабельностью 137,08...134,20% и окупаемостью 2,37...2,34 руб./руб.

Внесение минеральных удобрений способствовало дальнейшему увеличению урожайности ячменя и повышению рентабельности его возделывания.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания ярового ячменя на орошении при различных основных обработках почвы и дозах минеральных удобрений, среднее за 2020-2022 гг.

Обработки почвы	Дозы минеральных удобрений	Урожайность, т/га	Себестоимость 1 т руб.	Доход, руб./га	Прибыль, руб./га	Прибыль руб./т	Рентабельность, %	Экономическая эффективность, руб./на руб. вложенных затрат
Вспашка ПН-4-35 (h=0,20-0,22 м), контроль	Без удобрений	3,24	5516,05	38880,00	21008,00	6483,95	117,55	2,18
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,67	4860,58	68040,00	40480,50	7139,42	146,88	2,47
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6,26	4807,83	75120,00	45023,00	7192,17	149,59	2,50
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,15	4743,13	85800,00	51886,60	7256,87	153,00	2,53
СибИМЭ (h=0,30-0,35 м)	Без удобрений	3,31	5375,23	39720,00	21928,00	6624,77	123,25	2,23
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	5,89	4665,45	70680,00	43200,50	7334,55	157,21	2,57
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6,56	4575,76	78720,00	48703,00	7424,24	162,25	2,62
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,21	4692,57	86520,00	52686,60	7307,43	155,72	2,56
РАНЧО (h=0,35-0,40 м)	Без удобрений	3,51	5123,93	42120,00	24135,00	6876,07	134,20	2,34
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,05	4573,97	72600,00	44927,50	7426,03	162,35	2,62
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6,62	4563,44	79440,00	49230,00	7436,56	162,96	2,63
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,52	4524,79	90240,00	56213,60	7475,21	165,21	2,65
РОПА (h=0,40-0,45 м)	Без удобрений	3,56	5061,52	42720,00	24701,00	6938,48	137,08	2,37
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,11	4534,62	73320,00	45613,50	7465,38	164,63	2,65
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6,72	4500,60	80640,00	50396,00	7499,40	166,63	2,67
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	7,64	4458,17	91680,00	57619,60	7541,83	169,17	2,69

Как видно из таблицы 4, на вариантах с дозой минеральных удобрений $N_{90}P_{90}K_{90}$ рентабельность варьировала в зависимости от основной обработки почвы от 146,88% до 164,63%, а окупаемость от 2,47 до 2,65 руб./руб., на вариантах с $N_{120}P_{120}K_{120}$ – 149,59...166,63% и 2,50...2,67 руб./руб., на вариантах с $N_{150}P_{150}K_{150}$ – 153,0...169,17% и 2,53...2,69 руб./руб.

Наибольшие значения рентабельности – 169,17% и окупаемости – 2,69 руб./руб. получены на варианте с обработкой почвы рабочим органом РОПА и внесением $N_{150}P_{150}K_{150}$.

Заключение

В результате проведенного изучения установлено, что увеличение глубины основной обработки почвы способствовало увеличению урожайности при разных дозах минерального питания, при обработке почвы СибИМЭ на 0,06...0,22 т/га, или на 0,8...4,8%, РАНЧО 0,27...0,38 т/га, или 5,2...8,3%, РОПА – 0,32...0,49 т/га, или 6,9...9,9%, относительно контрольного варианта (ПН 4-35).

Повышение доз минерального питания также способствовало росту прибавок урожайности зерна, так при дозе удобрений $N_{90}P_{90}K_{90}$ урожайность повышалась на 2,43...2,58 т/га, или на 9,0...9,56%, на вариантах с $N_{120}P_{120}K_{120}$ на 3,02...3,25 т/га или 8,39...9,03% на $N_{150}P_{150}K_{150}$ на 3,91...4,08 т/га или 8,69...9,07%. В абсолютном значении самая высокая урожайность зерна ячменя обеспечивалась на варианте с глубоким рыхлением почвы орудием РОПА ($h=0,40-0,45$ м) с дозой удобрений $N_{150}P_{150}K_{150}$ – 7,64 т/га.

Оценка экономической эффективности изучаемых приемов основной обработки почвы на фоне различных доз минерального питания показала, что наиболее рентабельным является обработка почвы рабочими органами РОПА на глубину 0,40...0,45 м на всех вариантах внесения различных доз минеральных удобрений. Наибольшие значения при этом получены на варианте РОПА + $N_{150}P_{150}K_{150}$ – 169,17% и – 2,69 руб./руб.

Таким образом, в результате проведенного изучения доказана повышенная эффективность возделывания ярового ячменя на орошении в

условиях светло-каштановых почв Северного Прикаспия, которое совместно с основными обработками почвы и применением минеральных удобрений обеспечивает урожайность на уровне 5,67...7,64 т/га, с прибавками урожая относительно контроля от 2,4 до 4,1 т/га.