

УДК 631.8:633.16

**ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ПОСЕВАМИ ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM*)
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ И УДОБРЕНИЙ
СВЕТЛО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ**А.И. БЕЛЕНКОВ¹, В.М. ЖИДКОВ², Л.А. ИГНАТЬЕВА², А.К. ЖУРБЕНКО²¹ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ² ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ)

Установлено, что на светло-каштановых почвах применение бактериальных удобрений при плоскорезной обработке на 20–22 см обеспечивает повышение урожайности ячменя, усиление микробиологической деятельности почвы и снижение коэффициента водопотребления по сравнению со вспашкой на такую же глубину.

Ключевые слова: приемы обработки почвы, минеральные удобрения, бактериальные препараты, структура водопотребления, коэффициент водопотребления, биологическая активность почвы, урожайность ячменя.

В последние годы научно-исследовательскими учреждениями активно ведется поиск путей повышения урожайности яровых культур, что имеет немаловажное значение в решении зерновой проблемы страны. Исследованиями доказано, что бактериализация посевов с.-х. культур способствует повышению урожайности и увеличению качества продукции [3, 4].

В настоящее время интерес к внедрению различных стимуляторов роста растений в производстве возрастает. Появление новых современных бактериальных удобрений диктует необходимость их дальнейшего изучения [7, 8].

Целью представленных исследований была оценка эффективности применения минеральных и бактериальных удобрений при различных обработках почвы под ячмень в условиях засушливого региона Волгоградской обл. Применение удобрений позволяет культурам более экономно и рационально использовать скудные запасы почвенной влаги, идущей на формирование урожая и транспирацию посевами. Это положение обосновывается в данной статье.

Методика

Схема опыта включает три варианта основной обработки светло-каштановой почвы (фактор А): 1 — вспашка на глубину 20–22 см; 2 — плоскорезная обработка на 20–22 см; 3 — плоскорезная обработка на 12–14 см.

В каждом варианте изучались действие минеральных и бактериальных удобрений (фактор В): 1 — контроль; 2 — N60P60K60; 3 — азотовит + фосфатовит однократного внесения; 4 — азотовит + фосфатовит двухкратного внесения +N60P60K60.

Экспериментальная работа проводилась на опытном поле учхоза «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ. Почва опытного участка — светло-каштановая, содержание гумуса — 1,7%, обеспеченность гидролизуемым азотом — низкая, подвижным фосфором — средняя, обменным калием — высокая.

Агротехника возделывания ячменя в опытах — общепринятая для Волгоградской обл. Повторность делянок в опыте трехкратная. Общая площадь опытной делянки — 200 м², учетной — 150 м². Бактериальные удобрения были представлены препаратами азотовит и фосфатовит, которые вносили в дозе 0,02 л + 0,02 л в фазу 1–2 листа и кушения.

Водопотребление с.-х. культур прежде всего зависит от изменения водно-физических свойств почвы. Создание оптимального водно-физического режима почвы способствует увеличению ее водоудерживающей способности почвы, повышению устойчивости почвенных агрегатов к воде, что в результате позволяет растениям интенсивно использовать влагу из почвы.

Водопотребление посевами ячменя определяли по методике А.Н. Костякова, величина которой имеет погрешность в пределах 1%.

Результаты и их обсуждение

Водопотребление различных культур в отдельных почвенно-климатических зонах неодинаково, что обуславливается биологическими особенностями, величиной урожая, а также складывающимися метеоусловиями [5].

Суммарное водопотребление посевов ячменя и эффективность использования воды представлены в таблице 1. В засушливом 2008 г. суммарное водопотребление в зависимости от обработки почвы составило 126,9–130,5 мм, среднесуточный расход воды — 2,21–2,29 мм. В 2009 г. суммарное водопотребление колебалось от 197,97 до 197,52 мм, при его среднесуточном значении 3,08–3,14 мм. В 2010 г. эти показатели соответственно составили 180,1–188,3 и 3,0–3,13 мм.

Среднее суммарное водопотребление ячменя за 3 года исследований по мелкой плоскорезной обработке было меньше, чем по вспашке, на 3,6 мм в сравнении с глубоким плоскорезным рыхлением (меньше на 5,4 мм). Разница между вспашкой и плоскорезным рыхлением на 20–22 см составила 1,8 мм, в среднесуточном водопотреблении соответственно — 0,06, 0,09 и 0,03 мм.

Из данных таблицы 1 следует, что уменьшение глубины основной плоскорезной обработки под ячмень способствовало снижению суммарного и среднесуточного водопотребления культурой. Разница в этом показателе между отвальным и безотвальными приемами обработки почвы по трем годам незначительна.

Внесение минеральных и бактериальных удобрений в большей степени влияло на водный режим почвы, величину суммарного и среднесуточного водопотребления, чем приемы и глубина основной обработки почвы.

Рациональное расходование влаги характеризуется затратами воды на образование единицы продукции, т.е. коэффициентом водопотребления: чем меньше этот показатель, тем экономнее расходуется влага на единицу полученной продукции (табл. 2).

В относительно засушливом 2008 г. расход влаги на образование 1 т зерна составил от 237,2 до 302,1 мм в контрольных вариантах (без удобрений) при различных обработках почвы и от 115,7 до 120,8 мм в вариантах с внесением минеральных и бактериальных удобрений при этих же обработках. Самый низкий показатель коэффициента водопотребления в контроле (без удобрений) характерен для обработки почвы плоскорезом на глубину 20–22 см, а самый высокий получен по вспашке на такую же глубину. Разница между обработками составляла 35 мм/т. Совместное применение минеральных и бактериальных удобрений способствовало снижению величины коэффициента водопотребления ячменем в 2,0–2,5 раза, причем минимум влаги ячмень расходовал на формирование урожая по мелкому рыхлению плоскорезом,

Т а б л и ц а 1

Структура водопотребления посевов ячменя в годы исследований

Показатель, мм	Вариант обработки почвы		
	вспашка на 20–22 см	плоскорезная обработка 12–14 см	плоскорезная обработка 20–22 см
<i>2008 г.</i>			
Израсходовано воды из почвы	42,70	41,94	46,26
Осадки за период вегетации	84,2	84,2	84,2
Суммарное водопотребление	126,90	126,14	130,46
Среднесуточное водопотребление	2,22	2,21	2,29
<i>2009 г.</i>			
Израсходовано воды из почвы	85,97	82,07	85,52
Осадки за период вегетации	112,0	112,0	112,0
Суммарное водопотребление	197,97	194,07	197,52
Среднесуточное водопотребление	3,14	3,08	3,14
<i>2010 г.</i>			
Израсходовано воды из почвы	84,48	78,45	86,72
Осадки за период вегетации	101,6	101,6	101,6
Суммарное водопотребление	186,08	180,95	188,32
Среднесуточное водопотребление	3,10	3,00	3,13
Среднее суммарное водопотребление	170,3	166,7	172,1
Среднесуточное водопотребление	2,82	2,76	2,85

максимум — по вспашке отвальным плугом, разница между вариантами — 5 мм/т зерна ячменя. Перечисленные закономерности практически полностью подтверждаются расчетами математической достоверности результатов.

В более влажном 2009 г. расход воды в контроле при обработке почвы плоскорезом на 12–14 см и плугом составил от 150 до 180 мм соответственно и 90–110 мм в вариантах с внесением бактериальных удобрений по минеральному фону при тех же обработках почвы под ячмень. При внесении удобрений снижался расход почвенной влаги на формирование урожая ячменя в 1,6–1,7 раза. Различия в контрольных вариантах при разных обработках составили 15–30 мм, в вариантах с комплексным применением удобрений в пределах изучаемых обработок разница достигала около 20 мм. При этом более экономно влага использовалась по плоскорезной обработке, что превышает величину НСР.

В 2010 г. обеспеченность культуры водой и величина коэффициента водопотребления по вариантам опыта были средними. Так, расход воды на единицу продукции в контроле при разных обработках почвы колебался от 200 до 260 мм/т зерна. Совместное внесение минеральных и бактериальных удобрений снижало величину коэффициента водопотребления до 110–130 мм. Внесение удобрений способство-

Коэффициенты водопотребления посевами ячменя, мм/т

Вариант	2008 г.	2009 г.	2010 г.	В среднем
<i>Вспашка на 20–22 см</i>				
Контроль (без удобрений)	302,1	179,9	258,4	246,8
N60P60K60	222,6	131,9	184,2	179,5
Азотовит + фосфатовит однократное внесение	183,9	123,7	163,2	156,9
Азотовит + фосфатовит двухкратное внесение + N60P60K60	120,8	109,9	130,1	120,2
<i>Плоскорезная обработка на 12–14 см</i>				
Контроль (без удобрений)	262,7	149,2	214,3	208,7
N60 P60 K60	210,3	121,2	171,4	167,6
Азотовит + фосфатовит однократное внесение	177,6	107,8	138,5	141,3
Азотовит + фосфатовит двухкратное внесение + N60P60K60	115,7	92,4	112,5	106,8
<i>Плоскорезная обработка на 20–22 см</i>				
Контроль (без удобрений)	237,2	164,6	198,2	200,0
N60 P60 K60	203,8	141,0	160,9	168,5
Азотовит + фосфатовит однократное внесение	151,6	109,7	130,7	130,6
Азотовит + фосфатовит двухкратное внесение + N60P60K60	116,4	89,7	110,7	105,6
НСР ₀₅ (А), мм/т	12,3	10,7	11,5	—
НСР ₀₅ (В), мм/т	32,4	12,6	16,9	—

вало снижению расхода почвенной влаги по сравнению с контролем в 2 раза. Контрольные (без удобрения) варианты при разных обработках почвы изменяли величину коэффициента водопотребления от 15 до 69 мм/т зерна. В варианте комплексного применения минеральных и бактериальных удобрений эта разница составила от нескольких до 20 мм. Эти результаты подтвердились статистической оценкой полученных данных.

Средние показатели водопотребления ячменя в годы исследований изменялись соответственно с общими тенденциями и закономерностями, характерными для отдельных лет. Более экономно почвенная влага использовалась в вариантах с внесением удобрений при плоскорезной обработке почвы.

Варианты с азотовитом + фосфатовитом уступали в эффективности расходования влаги варианту, где вносились бактериальные и минеральные удобрения. Совместное применение азотовит + фосфатовит с минеральными удобрениями усиливало эффект их суммарного действия. Самый низкий коэффициент водопотребления был в варианте с двухкратным внесением бактериальных удобрений на фоне N60P60K60.

Более экономное использование почвенной влаги с.-х. культурами при внесении удобрений отмечали в своих исследованиях многие ученые [2, 6]. Это связано

с уменьшением коэффициента транспирации растениями на фоне повышения запасов питательных веществ и улучшения пищевого режима почвы.

Длительное время в литературе в качестве индикатора почвенного плодородия выступала урожайность с.-х. культур. Развитие биологических наук, в т.ч. и изучение биологических процессов в почве, позволяют определить уровень плодородия не только по величине урожайности, но и по биологической активности почвы.

В наших исследованиях биологическая активность почвы определялась по интенсивности распада льняных полотен, дающих опосредованное представление о протекании микробиологических процессов (табл. 3). Наиболее высокая интенсивность разложения льняного полотна зафиксирована в варианте плоскорезной обработки на 20–22 см, что согласуется с выводами ранее проведенных исследований [1].

При однократном и двухкратном внесении бактериальных препаратов указанная закономерность сохранялась независимо от фазы развития ячменя. Так, при

Таблица 3

**Биологическая активность почвы, % распада льняного полотна
(в среднем за 2008–2010 гг.)**

Вариант	Фенологические фазы			В среднем за вегетацию
	кущение — выход в трубку	колошение	молочно-восковая спелость	
<i>Вспашка на 20–22 см</i>				
Контроль (без удобрений)	2,7	3,0	2,8	2,83
N60 P60 K60	4,8	5,9	6,6	5,77
Азотовит + фосфатовит однократное внесение	10,1	11,7	12,5	11,43*
Азотовит + фосфатовит двухкратное внесение + N60P60K60	10,8	12,2	12,7	11,90*
<i>Плоскорезная обработка на 12–14 см</i>				
Контроль (без удобрений)	3,2	3,6	4,3	3,7
N60 P60 K60	2,6	3,3	2,2	2,7
Азотовит + фосфатовит однократное внесение	8,5	9,9	10,2	9,53
Азотовит + фосфатовит двухкратное внесение + N60P60K60	9,4	10,6	11,6	10,53*
<i>Плоскорезная обработка на 20–22 см</i>				
Контроль (без удобрений)	3,5	3,8	4,0	3,77
N60 P60 K60	2,5	3,1	2,9	2,83
Азотовит + фосфатовит однократное внесение	11,2	12,5	12,9	12,20*
Азотовит + фосфатовит двухкратное внесение + N60P60K60	12,8	13,8	13,7	13,43*

* при оценке данных по arcsin корня из Р установлено, что различия между отдельными вариантами по фактору В существенны при уровне значимости 0,05, по фактору А различия между вариантами не существенны.

однократном внесении бактериальных препаратов разложение льняного полотна по сравнению с контролем на фоне вспашки увеличивалось на 9,9%, а на плоскорезной обработке — на 20–22 см, т.е. до 10%. При плоскорезном рыхлении на 12–14 см интенсивность разложения полотна снижалась по сравнению со вспашкой и глубокой плоскорезной обработкой на 1,9–2,0%. Применение минеральных удобрений не оказывало существенного влияния на биологическую активность почвы, что позволяет судить о влиянии на таковую бактериальных.

Данные об урожайности ячменя в зависимости от изучаемых вариантов обработки почвы и удобрений представлены в таблице 4. Максимальная продуктивность ячменя в наших опытах отмечена в 2009 г., промежуточное положение занимал 2010 г. и минимум зерна собрали в 2008 г.

Наиболее благоприятным для ячменя был 2009 г. В 2010 г., несмотря на сильную засуху во второй половине лета, был сформирован относительно высокий уро-

Т а б л и ц а 4

Влияние минеральных и бактериальных удобрений на урожайность ячменя в зависимости от обработки почвы, т/га

Вариант	Урожайность, т/га			
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	в среднем
<i>Вспашка на глубину 20–22 см</i>				
Контроль (без удобрений)	0,42	1,10	0,72	0,75
N60 P60 K60	0,57	1,50	1,01	1,02
Азотовит + фосфатовит однократное внесение	0,69	1,60	1,14	1,14
Азотовит + фосфатовит двухкратное внесение + N60P60K60	1,05	1,80	1,43	1,43
Среднее	0,68	1,50	1,08	1,09
<i>Плоскорезная обработка на глубину 12–14 см</i>				
Контроль (без удобрений)	0,48	1,30	0,84	0,87
N60 P60 K60	0,60	1,60	1,05	1,08
Азотовит + фосфатовит однократное внесения	0,71	1,80	1,30	1,27
Азотовит + фосфатовит двухкратное внесения + N60P60K60	1,09	2,10	1,60	1,60
Среднее	0,72	1,70	1,20	1,21
<i>Плоскорезная обработка на глубину 20–22 см</i>				
Контроль (без удобрений)	0,55	1,20	0,95	0,90
N60 P60 K60	0,64	1,40	1,17	1,07
Азотовит + фосфатовит однократное внесение	0,86	1,80	1,44	1,40
Азотовит + Фосфатовит двухкратного внесения + N60P60K ₆₀	1,20	2,20	1,70	1,70
Среднее	0,81	1,65	1,32	1,27
НСП ₀₅ (А), т/га	0,05	0,08	0,11	0,22
НСП ₀₅ (В), т/га	0,22	0,16	0,28	0,38

жай ячменя, на который, в силу биологических особенностей роста и развития, не сказалось пагубное воздействие неблагоприятных метеоусловий. В 2008 г. поздневенная засуха существенно снизила урожайность ячменя.

Среди изучаемых вариантов обработки почвы и внесения удобрений урожайность ячменя распределялась следующим образом. Более высокая продуктивность культуры отмечалась при плоскорезной обработке в первую очередь на глубину 20–22 см. Различия в урожайности ячменя по вспашке и безотвальному рыхлению статистически доказаны в пользу последнего варианта независимо от глубины обработки почвы за все годы. Мелкие и глубокие плоскорезные обработки в отдельные годы различались также существенно.

Применение бактериальных удобрений способствовало увеличению урожайности ячменя, особенно при двухкратном применении на фоне минеральных удобрений. Разница с контролем во всех случаях их использования существенна. Также было эффективно однократное применение бактериальных препаратов под ячмень. В годы исследований установлено статистическое преимущество этого варианта относительно контроля. Внесение только N60P60K60 не всегда обеспечивало достоверное преимущество в сравнении с контролем, прежде всего на делянках мелкого и среднего плоскорезного рыхления.

Наибольшая урожайность ячменя формируется на фоне азотовита и фосфатовита с однократным и двухкратным внесением по плоскорезной обработке почвы на 20–22 см. Она в среднем за 3 года составляет соответственно 1,4 и 1,7 т/га, что выше по сравнению с внесением только минеральных удобрений на 0,33–0,63 т/га. Разница между однократным и двухкратным внесением биопрепаратов составила в среднем при глубокой плоскорезной обработке от 0,25 до 0,40 т/га. Эти различия между вариантами статистически достоверны.

Заключение

В целях экономии материальных и энергетических ресурсов в условиях современного сельскохозяйственного производства и в связи с высокими ценами на минеральные удобрения на светло-каштановых почвах Волгоградской обл. целесообразно применять новые, более современные бактериальные удобрения азотовит и фосфотовит в дозе 0,4 л/га + 0,4 л/га с расходом жидкости 200 л на 1 га, которые обеспечивают повышение урожайности по сравнению с применением минеральных удобрений и контролем на 0,62–0,8 т/га, превышая среднемноголетнее значение НСР (0,38 т/га). Обработку почвы под ячмень рекомендуется проводить плоскорезом на 20–22 см, это повышает урожайность по сравнению со вспашкой в среднем на 0,15–0,20 т/га. Однако это меньше величины НСР, рассчитанной в среднем за годы исследований (0,27 т/га).

Библиографический список

1. Беленков А.И., Холод А.А., Шачнев В.П. Совершенствование полевых севооборотов и основной обработки светло-каштановых почв в условиях Волгоградской области // Известия ТСХА. 2009. №3. С. 38–45.
2. Беленков А.И. Севообороты и обработка почвы в степной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья. М., 2010. 279 с.
3. Вакуленко В.В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. 2004. № 1. С. 24–26.
4. Демченко М.М. Влияние бактериальных и органических удобрений на симбиотическую азотофиксацию и продуктивность нута в подзоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 2003. 24 с.
5. Федотов В.А. Аротехнологии зерновых и технических культур в Центральном Черноземье. Воронеж. 2004. С. 40–50.
6. Тимирязев К.А. Земледелие и физиология растений. М., 1957. 525 с.

7. *Fecenco J.* Optimisation of spring barley fertilization with nitrogen based on soil inorganic nitrogen content // Univ. agr. Stetin. Agr. 2008. № 72. P. 63–67.

8. *Persikova T.F.* Agroekologiczne aspekty zastosowania nawozow kompleksowych wogniwiw zmianowania jeczniw + koniczyna // Agr. Stetin Agr. 2008. № 72. P. 261–263.

Рецензент — д. б. н. Б.А. Борисов

WATER CONSUMPTION OF BARLEY (HORDEUM) CROPS DEPENDING ON SOIL TILLAGE AND BACTERIAL FERTILISERS ON LIGHT-CHESTNUT SOIL

A.I. BELENKOV, V.M. ZHIDKOV, L.A. IGNATIEVA, A.R. ZHURBENKO

(RTSAU named after K.A. Timiryazev, Moscow, Volograd State Agrarian University)

It has been discovered that on light chestnut soils introducing bacterial fertilizers into the soil to a depth of 20-22 cm, when using subsurface tillage, has not only increased yields of barley, but also caused increase of soil micro-biological activity and decrease in water consumption rate in comparison with the tillage at the same depth.

Key words: soil tillage, use of water, water consumption, soil mapping, systems of soil cultivation, field crops output, level of soil fertility, productivity.

Беленков Алексей Иванович, д. с.-х. наук, профессор кафедры земледелия и МОД ФГБОУ ВПО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева» (12550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. Тел.: (499) 976-08-51; e-mail: mazirov@timacad.ru).

Жидков Владимир Михайлович, д. с.-х. наук, профессор кафедры земледелия и агрохимии ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26. Тел.: 8-(8442)-41-12-20; e-mail: ignateva/I@bk.ru).

Игнатьева Людмила Анатольевна, аспирант кафедры земледелия и агрохимии ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ».

Журбенко Александр Кузьмич, к. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и агрохимии ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ»..