

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯЧМЕНЯ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*Юшкевич Л.В., доктор сельскохозяйственных наук,
Хамова О.Ф., кандидат биологических наук,
Щитов А.Г., кандидат сельскохозяйственных наук,
Шулико Н.Н., кандидат сельскохозяйственных наук,
Тукмачева Е.В., кандидат биологических наук*

**ФГБНУ «Омский АНЦ», 644012, Россия, г. Омск, пр-т Королева, 26,
res81@mail.ru**

Ключевые слова: *ячмень, средства химизации, обработка почвы, биологическая активность, засоренность, инфекции, урожайность зерна, экотоксиканты.*

Возделывание ячменя в лесостепных агроландшафтах Западной Сибири, при ресурсосберегающей комбинированной системе обработки почвы и комплекса средств химизации (удобрения $N_{30}P_{30}$, гербициды, фунгициды, ретарданты) обеспечило получение урожайности экологически чистого зерна (3,44 т/га) с низкой изменчивостью по годам (27,8%). Рациональное применение средств интенсификации не вызывало накопление тяжелых металлов, пестицидов и радионуклидов в верхнем слое почвы, повышало ее биологическую активность на 20-35%, урожайность ячменя.

В России ячмень занимает до 25-30% (14-16 млн. га) зернового поля страны. В Западной Сибири посевами ячменя занято более 1,3 млн. га, и до 80% расположены в агроландшафтах с осадками менее 400 мм. В жестких почвенно-климатических условиях ячмень -

надежный источник продовольственного, фуражного и пивоваренного зерна [1].

Посевы ячменя в Омской области, в основном селекции СибНИИСХоза, занимают более 320 тыс. га, в том числе в южной лесостепи – 116 тыс. га (35%). В настоящее время в Сибири ячменя производится в 2,5 раза меньше потребности. Главная причина - экстенсивные технологии возделывания с продуктивностью менее 2,0 т/га, что не соответствует возможностям региона [2].

В настоящее время до 40-50% посевов ячменя пивоваренного направления – иностранные сорта (Беатрис, Ксанаду, Аннабель) [3].

Цель исследований: установить результативность систем обработки почвы, средств интенсификации в лесостепных агроландшафтах Западной Сибири и изучить количественные изменения и численность основных групп микроорганизмов при различной интенсивности использования.

Исследования проведены в лесостепной зоне Омской области в стационарном зернопаровом севообороте Омского АНЦ в 2004-2018 гг. и краткосрочном опыте по сортоиспытанию ячменя. Почва - лугово-черноземная с содержанием гумуса до 7 %. Варианты полевого опыта включали 4 системы обработки почвы и 3 варианта применения средств химизации. Размер участков первого порядка - 2700 м², второго – 450 м², повторность – 4-кратная. Сорта ячменя в стационарном опыте: Омский -90, Беатрис, Саша. Посев проведен 25-30 мая с нормой высева 4,5 млн. зерен на га сеялкой СЗ-3,6, ПК «Selford» при оставлении измельченной соломы на поле. Учет урожая - однофазно «Sampo-130».

В зоне проведения исследований вегетационный период составляет 160-165 суток, сумма активных температур более 10⁰С – 2000-2100⁰С, количество осадков – 350-370 мм, в т.ч. за вегетацию 160-210 мм, коэффициент увлажнения – 0,51-0,60. Наиболее засушливыми были 2004, 2008, 2010, 2012, 2014 и 2017 гг. (ГТК 0,67-0,70).

Установлено, что сокращение интенсивности обработки почвы оптимизирует плотность верхнего слоя чернозема до равновесных параметров (1,10-1,14 г/см³). Систематическое применение средств химизации повышает накопление стерневых остатков до 40%, комковатость до 70%, что уменьшает дефляцию более чем в 2 раза.

Длительное применение почвозащитных обработок повышает численность микроорганизмов на 27-36 %, что связано с накоплением органических остатков под ячменем и более экономным их расходом при паровании.

Установлено, что запасы органических остатков в замыкающем поле севооборота в слое 0-20 см при почвозащитных обработках больше, чем при вспашке, с применением средств химизации на 32-35 %.

В наибольшей степени при минимизации обработки, на 39-61 % по отношению к вспашке, на безотвальных фонах возросла численность фосфатмобилизующих бактерий и до 91% грибов. Численность нитрифицирующих бактерий под ячменем на контроле при безотвальных обработках была ниже в сравнении со вспашкой, на 9-21 %, что объясняется ухудшением аэрации подповерхностных слоев почвы.

Систематическое применение гербицидов способствует снижению численности микроорганизмов по отношению к контролю без химизации. Наиболее чувствительными к воздействию гербицидов были фосфатмобилизующие бактерии.

Применение пестицидов на фоне минеральных удобрений под ячменем (интенсивная технология) не вызвало отрицательного воздействия на количество микроорганизмов. Изменения общей численности определяемых групп микроорганизмов под посевом

ячменя в среднем за 2016-2018 гг. в зависимости от агротехнологии возделывания показаны на графике (Рис.1).

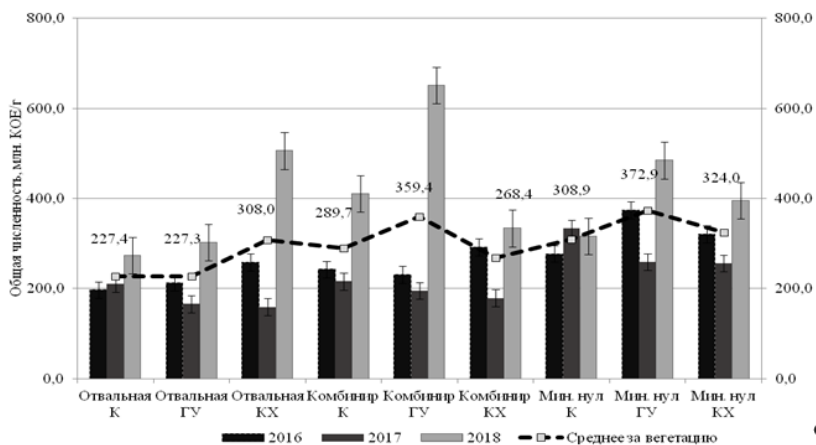


Рис. 1- Общая (суммарная) численность микроорганизмов под посевом ячменя в зависимости от технологии обработки почвы и применения средств интенсификации, 2016-2018 гг., млн. КОЕ/г, слой почвы 0-20 см (К – контроль (без химизации); ГУ – гербициды+удобрения; КХ – комплексная химизация)

Под ячменем при различных способах обработки почвы целлюлозолитическая активность почвы была на уровне 42-60 %, что по шкале Звягинцева Д.Г. (1980) соответствует средней и высокой степени разложения клетчатки [4]. При минимально-нулевой обработке снижение целлюлозолитической активности в слое 10-20 см, что связано с дифференциацией пахотного слоя при минимизации обработки [5] (таблица 1).

Таблица 1 - Разложение целлюлозы под влиянием факторов обработки (А) и химизации (В) в лугово-чернозёмной почве под ячменем (2016-2018 гг., слой 0-20 см, n=108)

Вариант обработки	Слой почвы, см		
	0-10	10-20	0-20
Отвальная К	44,0	42,0	43,0
Отвальная ГУ	60,0	54,2	57,2
Отвальная КХ	45,7	44,9	45,3
Комбинированная К	49,0	44,9	47,0
Комбинированная ГУ	59,7	47,3	53,5
Комбинированная КХ	54,1	42,0	48,0
Минимально-нулевая К	45,5	36,9	41,2
Минимально-нулевая ГУ	48,3	42,9	45,6
Минимально-нулевая КХ	59,5	44,8	52,2
<i>HCP₀₅ A, B=7,6; HCP₀₅ C=6,2; HCP₀₅ AB=13,2; HCP₀₅ AC, BC=10,8; HCP₀₅ ABC=18,7</i>			

Примечание - К – контроль (без химизации); ГУ – гербициды+удобрения; КХ – комплексная химизация.

Обеспеченность азотом нитратов пахотного слоя лугово-черноземной почвы под ячменем была на уровне средней и низкой по шкале Гамзикова Г.П. [6]. Низкой обеспеченностью выделялась минимально-нулевая обработка почвы, что объясняется ухудшением условий для нитрификаторов. В течение вегетации содержание азота нитратов снижалось до очень низкого, в основном, за счёт потребления культурой. Внесение азотно-фосфорных удобрений под ячменём повысило содержание азота нитратов на комплексной химизации почти в 2 раза в сравнении с контролем.

Наблюдения показали, что нитратонакопление в вариантах с минимизацией обработки почвы было выше в сравнении со вспашкой на 17-20 %, применение средств химизации в вариантах с безотвальными обработками повышало нитрификационную способность почвы на 8-15% (таблица 2).

Таблица 2 - Нитрификационная способность лугово-черноземной почвы в зависимости от технологии обработки (А) и применения средств химизации (В) под ячменем, 2016-2018 гг.

Вариант обработки	Нитрификационная способность, N-NO ₃ , мг/кг				
	2016	2017	2018	в среднем за вегетацию	
				мг/кг	% к контролю без химизации
Отвальная К	27,5	19,0	5,2	17,3	контроль
Отвальная ГУ	19,2	13,7	9,8	14,3	82,7
Отвальная КХ	19,1	13,6	13,2	15,3	88,4
Комбинированная К	24,3	26,7	9,6	20,2	контроль
Комбинированная ГУ	23,5	30,5	11,5	21,8	107,9
Комбинированная КХ	33,5	23,6	8,7	21,9	108,4
Минимально-нулевая К	20,3	28,9	13,4	20,9	контроль
Минимально-нулевая ГУ	27,4	30,5	14,0	24,0	114,8
Минимально-нулевая КХ	27,9	25,9	15,8	23,2	111,0
<i>НСР₀₅A, B</i>	4,6				
<i>НСР₀₅AB</i>	8,0				

Примечание - К - контроль (без химизации); ГУ - гербициды+удобрения; КХ - комплексная химизация.

Применение комплексной химизации стимулировало биологическую активность под замыкающей культурой севооборота на 14-28 %, что сопровождалось увеличением урожайности ячменя.

Засоренность агрофитоценоза ячменя зависит от технологии возделывания культуры. Так, на контроле степень засоренности посевов была сильной и достигала 29-40% от биомассы агрофитоценоза с повышением засоренности на минимальной обработке почвы с преобладанием мятликовых – 54-61%. Комплексное применение средств интенсификации снижает засоренность посевов ячменя в 2,0-3,9 раза до слабого и среднего уровня. Сопряженность между засоренностью посевов и урожайностью ячменя сильная и отрицательная ($r=-0,87\pm 0,17$).

Применение средств химизации снижало поражение растений ячменя инфекциями: корневыми гнилями на 25-37%, сетчатой

пятнистостью и септориозом (в 1,4-2,4 раза), что оказало положительное влияние на продуктивность культуры (таблица 3).

Таблица 3 - Урожайность зерна ячменя (т/га) в зависимости от технологии возделывания, 2004-2017 гг., НСР₀₅=0,08т/га

Вариант химизации	Обработка почвы				Среднее	Варьи- вание, %
	отвальная	комбини- рованная	плоско- резная	минимально- нулевая		
Контроль (без химизации)	1,29	1,19	1,04	1,02	1,14	30,7
Удобрения (У)	2,04	1,90	1,69	1,60	1,81	37,9
Гербициды (Г)	2,49	2,40	2,17	2,12	2,30	31,8
Гербициды + удобрения (Г+У)	3,12	3,15	3,04	2,90	3,05	26,2
Гербициды + удобрения + фунгициды + ретарданты (КХ)	3,40	3,44	3,30	3,07	3,30	25,4
Среднее	2,47	2,42	2,25	2,14		
Варьирование урожайности, %	31,7	27,8	30,9	29,8		

При ограниченном применении химизации отмечается закономерность снижения продуктивности культуры при сокращении интенсивности обработки почвы до минимального варианта на 15-22%. При комплексной химизации различие между вариантами обработок уменьшается до 7-10%, а изменчивость урожайности по годам снижается до 26,2%.

Наибольшая продуктивность ячменя получена при ресурсосберегающей комбинированной системе обработки почвы – 3,44 т/га с наиболее низкой изменчивостью по годам (27,8%) и повышением относительно минимальной обработки на 0,37 т/га.

Исследования продуктивности и качества 5 сортов пивоваренного ячменя показали, что урожайность изменялась от 1,84

т/га (сорт Аннабель на контроле) до 2,84 т/га (сорт Сигнал при комплексном применении средств химизации) или выше на 54,3%.

При оптимизации условий выращивания пивоваренные сорта ячменя (Беатрис, Ксанду) обеспечивают получение качественного экологически чистого зерна с пониженным содержанием белка (11,1-11,7%), экстрактивности (76,5%), крахмала (61,0-62,7%), пленчатости (7,5-11,1%) и продуктивностью до 2,5-3,0 т/га, отвечающего требованиям пивоваренной промышленности.

Рациональное применение удобрений и пестицидов не является источником загрязнений почвы, растений и конечной продукции. Уровень накопления экотоксикантов в зерне ячменя был значительно ниже норм ПДК. Содержание тяжелых металлов было меньше: Zn в 2,3-2,6 раза; Cd в 1,2-1,3; Pb в 2,2-2,5; Cu в 4,0-4,9 и в 4,5-9,0 раза Ni. Наличие ТИЛТа, 2,4-Д кислоты, её солей и эфиров в образцах зерна не обнаружено.

Таким образом, в лесостепных агроландшафтах Западной Сибири наибольшую урожайность (3,44 т/га) и устойчивость (27,8%) выращивания зерна ячменя обеспечивает ресурсосберегающая комбинированная система обработки почвы при комплексном применении средств интенсификации. Пивоваренные сорта ячменя (Беатрис, Ксанду), занимающие в регионе до 40% посевов культуры, обеспечивают получение урожайности экологически чистого зерна (до 2,5 т/га) с оптимальным содержанием белка 11,0-11,7%. Рациональное применение средств интенсификации на посевах ячменя (более 10 лет) не вызывает накопление тяжелых металлов, пестицидов и радионуклидов в верхнем слое черноземных почв и зерне. Устранение негативных последствий минимизации (засоренности, низкой обеспеченности азотом нитратов) с помощью средств интенсификации (минеральных удобрений, гербицидов, фунгицидов, рерардантов) повышало биологическую активность почвы в пределах 20-35%,

урожайность зерновых культур в 2,5-3,0 раза, не оказывая угнетающего воздействия на микроорганизмы почвы.

Библиографический список

1. Юшкевич Л.В., Аниськов Н.И. Яровой ячмень в Западной Сибири // Земледелие. – 2010. – № 6. – С. 3-5.
2. Агротехнология пивоваренного ячменя в южной лесостепи Западной Сибири (на примере Омской области) : методическое пособие / СибНИИСХ; подгот. Л.В. Юшкевич [и др.]. – Омск: Вариант-Омск, 2012. – 28 с.
3. Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Егорова Н.И., Штро Е.В. Резервы повышения урожайности ячменя в лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. – 2012. – № 9 (95). – С.15-19.
4. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. - М.: Моск. Ун-т, 1980. – 224 с.
5. Зерфус В.М. Особенности мобилизационных процессов и пищевого режима при минимальной обработке выщелоченного чернозема лесостепи Омской области : автореф. дис. ... канд.с.-х.наук : 06.01.01 / Зерфус В.М. - Омск, 1977. – 19 с.
6. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах / Г.П. Гамзиков. – Новосибирск: РАСХН, Сиб. отд-ние, 2013. – 790 с.

AGRO-ECOLOGICAL FEATURES OF BARLEY CULTIVATION IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

**Yushkevich L.V., Namova O. F., Shchitov A.G., Suliko N. N.,
Tukmacheva E.V.**

***FSBT Omsk agricultural research center, 644012, Russia, Omsk,
26, Pr. Korolev`s, res81@mail.ru***

Keywords: barley, agricultural landscape, tools chemicals, tillage, soil biological activity, weed infestation, infection, grain yield, ecotoxicants.

Barley cultivation as a closing crop of grain-steep crop rotation in the forest-steppe agrolandscapes of Western Siberia, with the use of resource-saving combined tillage system and a complex of chemicals (fertilizers N30P30, herbicides, fungicides, retardants) provided a high yield of environmentally friendly grain (3.44 t/ha) with the lowest variability over the years (27.8%). Rational use of means of intensification did not cause the accumulation of heavy metals, pesticides and radionuclides in the upper layer of meadow-Chernozem soil, increased its biological activity by 20-35%, barley yield by 2.5-3.0 times.