

The results of agrophysical changes of the gray forest soil of the Laishevsky district of the Republic of Tatarstan were analyzed. In the field experiment application of vermicompost-biohumus for presowing cultivation was compared with: control (without fertilizers), manure, mineral fertilizers, and green manure.

The advantage of using biohumus is established – the soil density decreased by 0.06-0.16 g/cm³ relatively to the initial indicators, the number of agronomically valuable fractions of soil particles increased by 65% compared to the control and the number of water-resistant aggregates bigger than 1 mm increased in two times, ensuring optimal water-air conditions.

Key words: physical properties of soil, biohumus, soil density, structural-aggregate composition, water-resistant aggregates.

УДК 631.82: 633.16(571.53)

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИАНГАРЬЯ

Р.Ф. Байбеков¹, В.Ю. Гребеничиков², В.В. Верхотуров³, С.Л. Белопухов¹,

¹*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Российская Федерация, belorukhov@mail.ru*

²*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный, Иркутский р-он, Иркутская обл., 664038, Российская Федерация, agroviktor@mail.ru*

³*Иркутский национальный исследовательский технический университет, ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, 664074, Российская Федерация, biovervv@mail.ru*

В условиях лесостепи Иркутской области изучено влияние минеральных удобрений на основные элементы структуры урожая и продуктивность ячменя сорта Одесский 115. Независимо от предшественника урожайность ячменя при внесении минеральных удобрений возрастала в основном за счет повышения продуктивной кустистости ячменя, массы зерна в колосе и 1000 зерен. Повышение данных показателей происходит при внесении азотных удобрений, в том числе совместно с фосфорными и калийными. По паровому предшественнику внесение азотных удобрений совместно с калийными (или фосфорными) и в тройном сочетании увеличивает долю соломы в биологическом урожае без существенного снижения урожая зерна. На светло-серой лесной почве при достаточном увлажнении в период вегетации урожайность зерна в большей степени определяется внесением азотных удобрений. Урожайность зерна сорта Одесский 115, полученная при внесении полной дозы удобрений N₆₀P₄₀K₆₀, составила, в зависимости от предшественника, 2,18 т/га по пару, 2,01 т/га по пшенице. По пропашному предшественнику при внесении полной дозы удобрений получена максимальная урожайность – 2,82 т/га.

Ключевые слова: ячмень, удобрение, предшественники, выращивание, структура урожая, продуктивная кустистость, масса 1000 зерен.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.10

Среди зерновых, возделываемых в условиях Восточной Сибири, ячмень самая скороспелая культура. Его широко используют для продовольственных и кормовых целей [1, 2]. В районах Иркутской области, в которых можно получать устойчивый урожай пшеницы, ячмень выращивают в севообороте по непаровым предшественникам в качестве культуры, отнесенной к «серым хлебам». Получение высоких и стабильных урожаев ячменя с определенными технологическими показателями зерна тесно связано с потреблением питательных веществ [3, 4]. Из зерновых культур он наиболее требователен к элементам питания, что объясняется коротким вегетационным периодом ячменя – 65-90 дней. Особенно интенсивно ячмень использует питательные вещества в возрасте от 15 до 30 дней. На производство 1 т зерна он выносит из почвы 26 кг азота, 11 фосфора, 24 кг калия [5]. Следует отметить, что культура отзывчива на минеральные удобрения и при правильном их использовании повышается ее урожайность, возрастает устойчивость растений к засухе, вредителям, болезням, улучшается качество зерна [6].

Мировая и отечественная селекция развивается по пути создания высокопродуктивных сортов интенсивного типа. При сортосмене в Восточной Сибири мно-

горядные ячмени были вытеснены двурядными [7]. В ходе сортосмены в Иркутской области с 1995 г. был районирован двурядный сорт Одесский 115.

Цель исследований – определить влияние отдельных элементов питания и их сочетания на структуру урожая ячменя и его продуктивность.

Объектом исследования был сорт ярового ячменя Одесский 115. Посев проводили во второй декаде мая семенами 2-го класса третьей репродукции. Норма высева – 6 млн всхожих семян на 1 га. Исследования выполняли на опытном поле и в стационарном севообороте (2010-2011 гг., 2015-2016 гг.) на учебно-опытном экспериментальном участке «Молодежное» Иркутского ГАУ по разным предшественникам: пар чистый и пшеница по пару в условиях длительного стационарного опыта по методике Географической сети опытов с удобрениями ВИУА по восьмивариантной схеме, доза удобрения указана в кг д.в./га: 1 – контроль (без удобрений); 2 – N₆₀, 3 – P₄₀, 4 – K₆₀, 5 – P₄₀K₆₀, 6 – N₆₀P₄₀, 7 – N₆₀K₆₀, 8 – N₆₀P₄₀K₆₀. Площадь опытной делянки – 480 м², учетной – 120 м². Расположение делянок одноярусное последовательное. Повторность опытов 4-кратная. Использовали двойной гранулированный суперфосфат, аммиачную селитру и калийную соль. Удобрения вно-

сили взброс под предпосевную культивацию. Срок посева – середина мая, уборку проводили в конце августа прямым комбинированием поделаночно. Для этого использовали комбайн «Сампо – 130». С каждой учетной делянки зерно взвешивали с последующим пересчетом на 100% -ную чистоту и 14%-ную влажность.

Комплексное внесение минеральных удобрений (NPK) осуществляли по пропашному предшественнику (картофель по пару) в условиях мелкоделаночного опыта в 1996-1998 гг., 2015-2016 гг. по схеме: 1 – контроль, без удобрений; 2 – $N_{60}P_{30}K_{60}$ – полная доза минерального удобрения, рассчитанная по методике ЦИНАО (1985) на продуктивность 30 ц/га; 3 – $N_{60}P_{45}K_{60}$ – минеральное удобрение с полуторной дозой фосфора; 4 – $N_{60}P_{30}K_{90}$ – минеральное удобрение с полуторной дозой калия; 5 – $N_{60}P_{45}K_{90}$ полная доза минерального удобрения с полуторными дозами фосфорно-калийных удобрений. Площадь опытной делянки 10-18 м², учетной – 4 м². Расположение делянок последовательное.

Перед уборкой ячменя на делянках на всех предшественниках отбирали растения для структурно-снопового анализа с площади 0,25 м². Наблюдения за ростом и развитием растений и структурно-сноповой анализ осуществляли по методике Госсортсети. Статистическую обработку полученных результатов проводили по методике [8].

Почва опытного поля характеризовалась низким содержанием гумуса и минерального азота. Обеспеченность обменным калием – низкая, подвижным фосфором – высокая. Реакция почвенного раствора среднекислая при высокой степени насыщенности основаниями (табл. 1).

1. Агрохимическая характеристика светло-серой лесной почвы опытного поля

Глубина, см	рН _{KCl}	Гумус	Общий азот	Нг	S	Подвижные по Кирсанову, мг/кг	
		%		мг-экв/кг почвы		P ₂ O ₅	K ₂ O
0-20	4,8	1,7-2,0	0,168	43	225	220-250	50-70
20-40	4,9	1,6 -1,7	0,113	39	228	260-290	70-80

Известно, что эффективность минеральных удобрений во многом определяется условиями увлажнения. Считаем целесообразным рассмотреть условия увлажнения через гидротермический коэффициент (ГТК). Этот показатель позволяет учитывать количество осадков и тепла за период вегетации, а также в некоторой степени испаряемость влаги (табл. 2). ГТК в период вегетации характеризует: более 1,6 – избыточно влажные условия; 1,6-1,3 – умеренно-влажные условия; 1,3-1,0 – недостаточное увлажнение; 1,0-0,7 – засушливые условия [9].

2. Гидротермические условия к моменту наступления основных фаз развития ячменя в годы исследований (ГТК по Селянинову)

Год наблюдений	Посев – кушение	Посев – цветение	Цветение – полная спелость	За вегетацию
1996	1,63	1,63	1,23	1,48
1997	0,84	1,17	1,57	1,33
1998	1,24	2,00	2,40	2,16
2010	1,34	1,41	2,05	2,16
2011	1,22	2,87	1,68	2,22
2015	1,19	1,98	2,11	2,15
2016	1,24	2,46	1,78	2,18
Норма*	1,22	1,33	1,83	1,48

*Среднегодовная норма рассчитана при посеве во второй декаде мая и уборке ячменя в середине третьей декады августа.

Из таблицы 2 следует, что в начальный период роста (до фазы кушения) в большинстве лет ячмень развивается при недостаточном увлажнении. В таких условиях главную роль играет то количество влаги, которое сохранилось в почве к моменту посева. Ко времени полного колосения (цветения) культуры условия тепло- и влагообеспеченности улучшаются, что позволяет получить эффект от минеральных удобрений в виде повышения урожая.

В нашем опыте можно ожидать низкую эффективность внесенных в 1997 г. удобрений, так как растения развивались при недостаточном режиме увлажнения: ГТК к моменту цветения составлял 1,17. В 1998, 2010-2011 гг. и 2015-2016 гг. по показателю ГТК за вегетацию условия увлажнения оцениваются как избыточно увлажненные, особенно в период созревания зерна. Однако, к моменту кушения влаги было недостаточно, что характерно для лесостепной зоны Приангарья. В целом по метеорологическим условиям наблюдаются неравномерное распределение осадков за вегетацию и наличие дефицита увлажнения в начальные фазы роста и развития ячменя.

Продуктивность ячменя на светло-серой лесной почве лесостепи Приангарья определялась уровнем вносимых удобрений. В среднем за годы исследований на контроле по пропашному предшественнику получена достаточно высокая для зоны урожайность ячменя – более 2,1 т/га. Это объясняется довольно высоким содержанием минерального азота в почве (18-25 мг/кг почвы) ко времени посева ячменя. В Приангарье происходит крайне медленное разложение органических веществ в тяжелых холодных почвах, а интенсивная минерализация наблюдается во второй половине лета, когда поглощение основной массы макроэлементов растениями уже завершено [5, 10]. Безусловно, паровые предшественники по уровню продуктивности не всегда экономически оправданы.

Применение полной дозы минеральных удобрений ($N_{60}P_{30}K_{60}$) способствовало существенному повышению урожая ячменя с 2,24 до 3,15 т/га. Повышение уровня фосфора и калия также приводило к повышению урожайности: для $N_{60}P_{45}K_{60}$ на 2,42-2,72 т/га, для $N_{60}P_{30}K_{90}$ на 2,40-2,50 т/га, $N_{60}P_{45}K_{90}$ – 2,66-3,00 т/га. На величину урожая при внесении удобрений значительно влияли осадки, выпавшие в конце весны – первой половине лета (май – июнь), что согласуется с литературными данными [11]. Улучшение фосфорного питания на ранних этапах роста растений за счет минеральных удобрений позволяет формировать более развитую корневую систему, что снижает негативное воздействие засухи.

Растения ячменя в 1997 г. в первой половине вегетации формировались в условиях недостаточного увлажнения (ГТК = 1,17), а по литературным данным к недостатку влаги яровой ячмень наиболее чувствителен в фазе выхода в трубку, что отражается на продуктивности культуры [12]. В условиях избыточного увлажнения в 1998 г. (ГТК – 2,1) в полной мере проявилось действие минеральных удобрений. Некоторое снижение продуктивности сорта Одесский 115 в условиях 1998 г. по сравнению с 1996 г. объясняется более развитой надземной массой ячменя в ущерб хозяйственноценной части урожая. Наиболее благоприятные погодные условия для повышения эффективности минеральных удобрений сложились в 1996 г. (ГТК – 1,48 за вегетацию). Отмеченные тенденции проявлялись и в 2010-2011, 2015-2016 г.

Несмотря на высокое содержание подвижного фосфора в почве (до 290 мг/кг), наблюдается положительная роль увеличения дозы фосфорных удобрений в возматывании продуктивности культуры. В годы с достаточным увлажнением повышение дозы калия в 1,5 раза приводит к снижению урожая зерна ячменя по сравнению с расчетной дозой ($N_{60}P_{30}K_{60}$). При повышении содержания калия в среде задерживается поступления аммония, что способствует снижению урожайности. Следует отметить, что повышение урожайности сопровождалось более высокой массой 1000 зерен и ростом продуктивной кустистости (табл. 3). Аналогичные тенденции отмечены и по другим годам исследований (2010-2011 гг.).

3. Влияние минерального питания на продуктивность и элементы структуры урожая ячменя по разным предшественникам

Вариант опыта	Продуктивная кустистость	Масса зерна в колосе, г	Соотношение зерна к соломе	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га
<i>По пару</i>					
Контроль (б/у)*	1,22	0,55	1/0,67	35,5	1,41
N_{60}	1,60	0,87	1/0,78	51,2	1,83
P_{40}	1,31	0,64	1/0,67	41,0	1,67
K_{60}	1,35	0,57	1/0,70	40,1	1,74
$P_{40} K_{60}$	1,20	0,55	1/0,71	36,4	1,72
$N_{60} P_{40}$	1,21	0,70	1/1,05	44,6	1,94
$N_{60} K_{60}$	1,56	0,77	1/0,97	51,5	1,74
$N_{60} P_{40} K_{60}$	1,65	0,84	1/0,93	52,0	2,18
<i>По пшенице</i>					
Контроль (б/у)*	1,22	0,60	1/0,96	40,0	1,39
N_{60}	1,51	0,73	1/0,76	49,6	1,79
P_{40}	1,42	0,58	1/0,77	38,4	1,60
K_{60}	1,24	0,52	1/0,60	41,0	1,51
$P_{40} K_{60}$	1,17	0,62	1/0,80	44,0	1,68
$N_{60} P_{40}$	1,08	0,72	1/0,69	48,8	1,80
$N_{60} K_{60}$	1,40	0,62	1/0,79	45,4	1,84
$N_{60} P_{40} K_{60}$	1,50	0,68	1/0,90	45,6	2,01
Контроль (б/у)**	1,44	0,64	-	45,3	2,13
$N_{60} P_{30} K_{60}$ *	1,59	0,66	-	45,7	2,69
$N_{60} P_{45} K_{60}$ *	1,76	0,57	-	46,8	2,59
$N_{60} P_{30} K_{90}$ *	1,67	0,59	-	45,6	2,49
$N_{60} P_{45} K_{90}$ *	1,54	0,67	-	46,6	2,82

*Среднее за 2010-2011 гг. **Среднее за 1996-1998 гг.

В нашем опыте относительно небольшая для двурядного ячменя продуктивная кустистость вызвана тем, что в агроклиматических условиях Иркутской области для получения высоких урожаев зерна рекомендована высокая норма высева семян (от 5,5 до 7,0 млн всхожих семян/га). Это сдерживает кушение зерновых и обеспечивает их дружное созревание. Внесение удобрений способствовало увеличению продуктивной кустистости ячменя. Увеличенные в 1,5 раза дозы фосфора и калия повышают кустистость ячменя. Это приводит к снижению общей озерненности колоса из-за того, что боковые побеги образуют меньше продуктивных колосков, что способствует формированию более выполненного зерна с высокой массой 1000 зерен.

Таким образом, в условиях лесостепи Приангарья на светло-серых лесных почвах внесение минеральных удобрений существенно повышает урожайность ячменя за счет увеличения продуктивной кустистости, массы 1000 зерен и зерна в колосе.

Существенных различий между удобренными вариантами по пропашному предшественнику при полной

дозе NPK не выявлено. Иная картина при одностороннем внесении минеральных удобрений в севообороте (табл. 4).

4. Влияние отдельных элементов питания и их сочетания на урожайность ячменя по разным предшественникам

Вариант опыта	2010 г.		2011 г.		Среднее за 2 года, %
	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю	
По паровому предшественнику					
Контроль (б/у)	1,59	100,0	1,23	100,0	100,0
	1,52*	100,0	1,34**	100,0	100,0
N ₆₀	1,75	110,0	1,90	154,5	132,3
P ₄₀	1,72	108,2	1,62	131,7	120,0
K ₆₀	1,98	124,5	1,51	122,3	123,8
P ₄₀ K ₆₀	1,93	121,4	1,50	121,9	121,0
N ₆₀ P ₄₀	1,97	123,9	1,92	156,1	140,1
N ₆₀ K ₆₀	1,77	111,3	1,71	139,0	125,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	1,98*	130,3	2,37**	176,9	153,6
НСП ₀₅	0,23			0,30	
По зерновому предшественнику					
Контроль (б/у)	1,23	100,0	1,56	100,0	100,0
N ₆₀	1,84	149,6	1,74	111,5	130,5
P ₄₀	1,24	100,8	1,96	125,6	113,2
K ₆₀	1,15	93,5	1,87	119,8	106,6
P ₄₀ K ₆₀	1,20	97,6	2,15	137,8	117,7
N ₆₀ P ₄₀	1,74	141,4	1,87	119,8	130,6
N ₆₀ K ₆₀	1,84	149,6	1,83	117,3	133,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	1,58	128,4	2,57	164,7	146,5
НСП ₀₅	0,21			0,26	

*2015 г. ** 2016 г.

В 2011 г. по пару эффективность удобрений была выше в вариантах с внесением азота. Так при внесении N_{60} , в вариантах с $N_{60}P_{40}$ и $N_{60}K_{60}$ прибавка была в 1,4-1,5 раза выше по сравнению с контролем. Максимальная прибавка получена при комплексном внесении $N_{60}P_{40}K_{60}$, что также было отмечено в 2015 и 2016 гг. через две ротации. В 2010 г. эффективность азотных удобрений ниже, что объясняется различными запасами минерального азота в почве к моменту посева ячменя. Так, в 2010 г. содержание минерального азота в пахотном слое светло-серой почвы по пару составило 23,7 мг/кг, а в 2011 г. – 18,5 мг/кг почвы.

Следует отметить достаточно высокую эффективность влияния фосфорных и калийных удобрений на ячмень (по паровому предшественнику). В среднем за два года прибавка урожая в вариантах P_{40} , K_{60} , и при $P_{40}K_{60}$ была выше в 1,2 раза, чем на контроле. Эффективность калийных удобрений по пару объясняется низким содержанием обменного калия в почве. Положительный эффект от внесения P_{40} в условия Иркутской области обеспечивается слабой доступностью почвенного фосфора в первой половине вегетации зерновых из-за низкой температуры почвы, характерной для лесостепи Приангарья.

Таким образом, внесение умеренных доз минеральных удобрений по пару приводит к росту урожая зерна до 0,77 т/га в среднем за проведенные годы испытаний.

В 2011 г. получен высокий урожай по зерновому предшественнику даже без внесения минеральных удобрений (см. табл. 4). Такая картина по урожайности зерна полагаем объясняется недостаточным увлажнением в предыдущем году. Так, в 2010 г. к 20 июня выпало 50 мм осадков, а в 2011 г. – 70 мм, к 1 августа – 187 мм в 2010 г. и 373 мм в 2011, что в 2 раза выше. Это, в свою очередь, сказалось на поглощении внесенных удобрений. Очевидно, часть накопленных в 2010 г.

элементов эффективно использовалась в 2011 г. Опыт предусмотрено систематическое (ежегодное) внесение минеральных удобрений как в поле под пшеницу, так и непосредственно под ячмень. По зерновому предшественнику достоверные прибавки урожая получены на фоне с внесением азотных удобрений в 1,3-1,4 раза по сравнению с контролем. Внесение зольных элементов отдельно в среднем за два года оказалось малоэффективно.

Изучение элементов структуры урожая под влиянием минеральных удобрений (табл. 4) показало, что эффективность вносимых удобрений по годам варьировала в зависимости от условий увлажнения. Внесение минеральных удобрений повышает продуктивную кустистость ячменя и снижает разрыв между непродуктивным кущением. Высокая общая кустистость зерновых способствовала непродуктивному расходу питательных веществ и влаги, а органические вещества слабо участвуют в формировании зерна. По зерновому предшественнику достоверная прибавка получена там, где вносили азотные удобрения, в том числе совместно с другими удобрениями. Раздельное внесение фосфорных или калийных удобрений не обеспечивает существенного роста урожая ячменя, различие между контролем и этими вариантами ниже или на уровне НСР₀₅. В среднем за годы исследований по зерновому предшественнику максимальная урожайность получена при внесении полной дозы N₆₀P₄₀K₆₀.

Заметное повышение продуктивной кустистости ячменя и массы зерна в колосе, независимо от предшественника, происходит на фоне внесения азотных удобрений, в том числе вместе с фосфором и калием. Совместное внесение удобрений в тройном сочетании по паровому предшественнику увеличивает долю соломы в биологическом урожае без существенного снижения урожая зерна. В годы с достаточным увлажнением в период вегетации (133 и 153% от среднегодовой величины выпадения осадков) различия по урожаю зерна, полученному по паровому и зерновому предшественникам, незначительны. Сравнивая элементы структуры урожая, сформированного по разным предшественникам, следует отметить, что независимо от предшественника урожайность возрастает за счет повышения массы зерна в колосе и увеличения массы 1000 зерен, особенно в вариантах с внесением отдельно азотных удобрений или в сочетании их с другими.

Заключение. В условиях лесостепной зоны Приангарья, независимо от предшественника, урожайность ячменя сорта Одесский 115 при внесении минеральных удобрений возрастает в основном за счет повышения продуктивной кустистости ячменя, массы зерна в колосе и 1000 зерен. Значительное повышение последних происходит на фоне с внесением азотных удобрений от-

дельно или вместе с фосфорными и калийными. По паровому предшественнику совместное внесение азотных удобрений увеличивает долю соломы в биологическом урожае без существенного снижения урожая зерна. Высокая урожайность сорта Одесский 115 получена при внесении полной дозы удобрений – N₆₀P₄₀K₆₀: в среднем 2,18 т/га по паровому предшественнику, 2,01 т/га – по пшенице. По пропашному предшественнику при внесении полной дозы удобрений получена максимальная урожайность (2,82 т/га). Сравнивая элементы структуры урожая, сформированного по разным предшественникам, следует отметить, что урожай зерна по паровому предшественнику возрастает за счет увеличения массы зерна в колосе. На светло-серой лесной почве по непаровым предшественникам при достаточном увлажнении в период вегетации урожайность зерна в большей степени определяется внесением азотных удобрений.

Литература

1. Сурин Н.А., Ляхова Н.Е. Культура ячменя в Восточной Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (127). – С. 52-65.
2. Гребенчиков В.Ю., Верхотуров В.В., Панковец С.О., Пузырева А.Ю. Оценка технологических показателей качества зерна ячменя в различных экологических условиях Иркутской области // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2011. – № 2-3 (320-321). – С. 17-19.
3. Юсова О.А., Николаев П.Н., Поползухин П.В. Качество зерна пивоваренных сортов ячменя, исследуемых по «Пекинской программе», в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ – 2015. – №9. – С.9-13.
4. Гребенчиков В.Ю., Верхотуров В.В., Панковец С.О. Влияние минерального питания на урожайность и качество ячменя в условиях Приангарья // Плодородие. – 2011. № 5 (62). – С. 10-11.
5. Житов В.В. Агрохимия в условиях юга Восточной Сибири / В. В. Житов, А. А. Долгополов, Н. Н. Дмитриев. – Иркутск : ИрГСХА, 2004. – 336 с.
6. Беляков И.И. Ячмень в интенсивном земледелии. – М.: Росагропромиздат., 1990. – 176 с.
7. Братцева Л.И., Николаев П.Н., Поползухин П.В. Селекция ярового ячменя в Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №5. – С. 11-13.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 375 с.
9. Журина Л.Л., Лосев А.А. Агрометеорология. – СПб.: ООО КВАДРО, 2012. – 368 с.
10. Мальцев В. Т. Азотные удобрения в Приангарье. – Новосибирск: Изд-во СО РАСХН, 2001. – 272 с.
11. Гребенчиков В.Ю., Верхотуров В.В., Копылова В.С. Влияние гидротермических условий на продуктивность и технологические качества двухрядного ячменя в условиях Иркутской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №4. – С.86-90.
12. Байбеков Р.Ф. Влияние длительного применения удобрений на агроэкологическое состояние подзолистых и черноземных почв европейской части России. – М.: ЦИНАО, 2012 – 192 с.
13. Барнаков Н.В. Растениеводство в Забайкалье. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 1999. – 422 с.

INFLUENCE OF THE FORECROP AND MINERAL FERTILIZERS ON STRUCTURE OF THE YIELD AND THE PRODUCTIVITY OF BARLEY IN ANGARA REGION

R.F. Baibekov¹, V.Yu. Grebenshchikov², V.V. Verkhuturov³, S.L. Belopukhov¹

¹ RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazeva ul. 49, 127434 Moscow, Russia, e-mail: belopuhov@mail.ru.

² Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, 664038 Molodezhny settlement, Irkutsk region, Russia.

³ Irkutsk National Research Technical University, Lermontovskaya ul 83, 664074 Irkutsk, Russia, e-mail: biovervv@mail.ru.

Under the forest-steppe conditions of the Irkutsk region the influence of mineral fertilizers on the main elements of the crop structure and the productivity of barley varieties Odessa 115 was studied. Regardless of the predecessor, the yield of barley during the application of mineral fertilizers increased mainly due to the increase in the productive tillering of barley, the weight of grain in the ear and the weight of 1000 grains. Improved performance occurs under the application of nitrogen fertilizers, also in complex with phosphate and potash.

After the fallow crop predecessor, the application of nitrogen fertilizers together with potassium (or phosphorus) and triple combination increases the share of straw in the biological yield without a significant reduction in the grain yield. On light-gray forest soil with sufficient moisture during the growing season, grain yield is largely determined by the application of nitrogen fertilizers. High yield of grain varieties Odessa 115 obtained by making a full dose of fertilizer $N_{60}P_{40}K_{60}$ was, depending on the predecessor: 2.18 t/ha after the fallow; 2.01 t/ha after the wheat. The maximum yield after the tilled predecessor was 2.82 t/ha, it was obtained by applying a full dose of fertilizers with increased in 1.5 times dose of phosphorus and potassium $N_{60}P_{45}K_{90}$.

Keywords: barley, fertilizer, predecessors, cultivation, crop structure, productive bushes, weight of 1000 grains.

УДК 631.83 : 631.46

НАКОПЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА

**В.Н. Якименко, д.б.н., Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 8/2, ИПА СО РАН
E-mail: yakimenko@issa.nsc.ru, тел. (8-383)-36-39-029**

В длительном полевом стационарном опыте на серой лесной почве показано, что накопление и распределение обменного калия в почвенном профиле не зависят от формы используемого калийного удобрения, а определяются интенсивностью баланса калия в агроценозе. Вносимый с KCl хлор равномерно распределяется по всему профилю почвы при наименьшем содержании в 0-20 см слое; в сухие годы аккумуляция хлора протекает интенсивнее. Регулярное использование K_2SO_4 приводит к увеличению содержания в почве подвижной серы пропорционально вносимым дозам удобрения; основное количество серы накапливается в 0-40 см слое почвы, значимая часть сульфат-ионов мигрирует вниз по почвенному профилю.

Ключевые слова: калийные удобрения, длительный полевой опыт, почва, калий, хлор, сера, аккумуляция.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.11

Научно обоснованное использование минеральных удобрений – обязательное условие эффективного функционирования агроэкосистем. Однако наряду с главным компонентом удобрения, определяющим его вид действующим веществом, в агроценоз поступает и значительное количество сопутствующих, или балластных веществ и примесей. Действие балластных компонентов минеральных удобрений на эколого-агрохимическое состояние агроценоза может быть разноплановым и заслуживает пристального внимания.

Основной формой калийных удобрений в нашей стране и за рубежом является хлористый калий. Под картофель, плодово-овощные и технические культуры применяют и сульфат калия. Влияние главного компонента этих удобрений – калия – на плодородие почвы и продуктивность культур довольно подробно рассматривается в ряде работ [1-3], тогда как сопутствующие ему анионы остаются относительно малоизученными. Следует отметить, что хлор и сера, наряду с калием, относятся к необходимым и незаменимым элементам минерального питания растений: хлор участвует в общефизиологических процессах поддержания гомеостаза, сера необходима для регуляции синтеза белка [4]. Недостаток этих элементов в почве способен негативно отразиться на продуктивности культур, однако и избыток хлора и серы может существенно ухудшить экологическое состояние агроценоза [5, 6].

Изучению изменений содержания серы и хлора в почвах агроценозов посвящен ряд исследований [6-11], выполненных в разных регионах страны. Однако полученные результаты носят неоднозначный, а, зачастую, противоречивый характер. Это связано, вероятно, с различными почвенно-климатическими и агротехническими условиями проведения опытов. В земледельческой зоне Западной Сибири число работ по изучению влияния доз и форм калийных удобрений на интенсив-

ность накопления содержащихся в них компонентов в почве агроценоза очень ограничено, что обуславливает целесообразность проведения подобных исследований.

Цель наших исследований – изучить влияние длительного применения возрастающих доз разных форм калийных удобрений на содержание и распределение их компонентов (K, Cl, S) в профиле почвы агроценоза, а также на урожайность картофеля в условиях лесостепи Западной Сибири.

Методика. Исследования проводятся в стационарном полевом опыте, заложенном в 1988 г. на серой лесной среднесуглинистой почве [2]. Опыт расположен на научно-исследовательской станции ИПА СО РАН в лесостепной зоне Западной Сибири (Новосибирская обл., Искитимский р-он). С 2013 г. в опыте изучают действие доз и форм калийных удобрений на агрохимические свойства почвы и продуктивность картофеля. Схема вариантов опыта: 1. Без удобрений (контроль), 2. $N_{100}P_{60}$ (фон), 3. Фон + K_1 (в дозе 30 кг д.в./га), 4. Фон + K_2 (60), 5. Фон + K_3 (90), 6. Фон + K_4 (120), 7. Фон + K_5 (150 кг д.в./га). Кроме того, имеется вариант – бессменный пар. Минеральные удобрения вносили ежегодно весной перед посадкой клубней: азот – в форме Na_{aa} , фосфор – $P_{сд}$, калий: в одной части опыта – KCl, в другой (с 2013 г.) – K_2SO_4 . Повторность в опытах – четырехкратная. Выращивали картофель сорта Розара. Почвенные образцы анализировали стандартными методами [12]: содержание обменного K определяли в вытяжке 1М CH_3COONH_4 , водорастворимого Cl – по Мору, подвижной S – 1 н. KCl [13].

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что внесение NP-удобрений в почву с истощенным калийным фондом совершенно неэффективно; продуктивность выращиваемого картофеля практически не отличалась от неудобренного участка (рис.). Эффективность разных форм калийных удобрений