*В.В. Бережная, Р.В. Тимошинов,
Е.Ж. Кушаева, А.Г. Клыков*

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ

Основная задача современной системы земледелия – получение стабильных и высоких урожаев. Получать высокую урожайность яровой пшеницы хорошего качества в условиях Приморского края в последние годы достаточно сложно, поэтому вопрос увеличения урожайности яровой пшеницы является актуальным. В решении этого вопроса важная роль отводится агротехническим приемам способствующим повышению плодородия почвы и поддержание его на должном уровне. При этом главная роль принадлежит научно обоснованной системе применения удобрений [Моисеенко, 2006], которая существенно влияет на плодородие и свойства почвы, что в свою очередь определяет величину будущего урожая и качество возделываемой продукции [Дмитриев, 2015; Гамзиков, 2016].

Большинство земель, используемых в сельскохозяйственном производстве Приморского края, имеют низкое плодородие и нуждаются в дополнительном внесении элементов питания. Систематическое применение в севооборотах органических, минеральных удобрений и известкования изменяет всю совокупность агрохимических свойств почвы: снижается кислотность, количество подвижных форм питательных веществ, степень их подвижности и доступность для растений [Грицун, 1964; Федоров, 1998; Моисеенко, 2006].

Плодородие почвы можно оценить с использованием агрохимических показателей. Детальный обзор разработок в этом направлении, сделан ведущими агрохимиками страны Д.Н. Прянишниковым, Л.М. Державиным и А.С. Фридом. В качестве основных методов оценки авторы рассматривают расчет «относительного балла плодородия, ОБП», предложенный центральным научно – исследовательским институтом агрохимического обслуживания, (ЦИНАО). Этим методом оценивают кислотность почв, содержание гумуса, фосфора, калия, кальция, магния, основных микроэлементов, сумму поглощенных оснований и степень насыщенности почв основаниями. Расчет «со-

вокупного почвенного балла, СПб», разработанного государственным институтом земельных ресурсов, (ГИЗР). В основу расчета положены материалы ГИЗР, которые предусматривают определение совокупного почвенного балла относительно возделываемых сельскохозяйственных культур и балла нормативной урожайности. При этом оценивают следующие показатели качества почв: содержание гумуса в пахотном слое почвы, %; мощность гумусового горизонта, см; запасы гумуса в гумусовом горизонте, т/га; сумма поглощенных оснований, мэкв на 100 г почвы; содержание физической глины в пахотном слое, %; кислотность почвы (значение pH). Кулаковской и др. [Гаврилюк, 1971; Гаврилюк, 1972] для характеристики плодородия используют относительный индекс комплекса агрохимических свойств (pH, фосфор, калий, гумус) в качестве индекса окультуренности как среднеарифметическую величину относительных индексов используемых показателей. Э.П. Синельниковым, и Ю.И. Слабко для Приморского края предложена оценка почвенного плодородия, при помощи «комплексного агрохимического показателя» (КАП), с учетом значений интегральных показателей всех основных свойств почвы [Синельников, 2005; Синельников, 2013; Державин, 2001].

Оценка плодородия почвы на пахотных землях является заключительным этапом почвенно-агрохимического обследования [Слабко, 2018] и является самым важным и актуальным моментом любого почвенно-агрохимического исследования [Синельников, 2005].

Цель исследований – определить влияние плодородия почвы на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- установить влияние различных систем удобрений на содержание основных элементов питания в растении, морфологических и биохимических показателей;
- изучить влияние плодородия почвы на урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Исследования выполнялись на агрохимическом стационаре в ФГБНУ «ФНИЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (г. Уссурийск, п. Тимирязевский), заложенным в 1941 году на лугово-бурой отбеленной почве. В работе использовали комплексную оценку агрохимических показателей: определение подвижных фосфора и калия по методу Кирсанова; легкогидролизуемого азота по методу Тюрина и Кононовой; органического веще-

ства по методу Тюрина; гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований по методу Каппена и pH_{KCl} по методу ЦИНАО (табл. 1).

Таблица 1

**Агрохимические показатели почвы стационара
ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»**

Вариант	P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг	N л.г., мг/кг	pH_{KCl} , ед.	Органиче- ское ве- щество, %	S, мЭКВ/ 100г	Hг, мЭКВ/ 100г
Последействие удобрений							
Контроль (без удобрений)	29	121	73	5,1	2,63	15,8	5,98
$H_{260}+I_9$	39	128	70	5,6	2,86	18,6	2,74
$H_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$	166	184	67	5,6	2,67	18,6	2,86
$H_{420}+I_9+N_{2138}P_{4110}K_{1570}$	190	205	73	5,5	2,88	17,8	2,52
Действие удобрений							
Контроль (без удобрений)	10	89	70	4,6	2,77	19,0	6,97
$H_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$	34	121	80	5,4	3,08	20,8	3,71
$H_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$	58	198	102	5,4	3,76	21	3,79
$I_{30}+N_{1055}P_{1270}K_{985}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$	29	108	78	5,0	3,55	17,6	5,14
$N_{2620}P_{2855}K_{2100}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$	20	160	78	4,5	3,41	13,6	5,37

Комплексная оценка (КАП) позволяет разделить уровень агрохимического состояния почвы по величине КАП на «очень низкое» (< 20 баллов), «низкое» (21-40), «удовлетворительное» (41-60), «хорошее» (61-80) и «высокое» (>80 баллов) [Синельников, 2005; СТП 2529001383-96].

В качестве объекта исследований взят районированный сорт яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Приморская 39. Посев оригинальными семенами проводился 7 апреля рядовым способом с нормой высева 5,5 млн. всхожих семян, на глубину 3-4 см. Площадь делянки – 250 м². Повторность опыта 3-кратная, расположение систематическое. Предшественник – соя.

Схема опыта по изучению влияния плодородия почвы на урожайность яровой пшеницы включала 9 вариантов:

1. Контроль (без удобрений);
2. $H_{260}+I_9$ (последствие удобрений);
3. $H_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$ (последствие удобрений);
4. $H_{420}+I_9+N_{2138}P_{4110}K_{1570}$ (последствие удобрений);
5. Контроль (без удобрений);
6. $H_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ (действие удобрений);
7. $H_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ (действие удобрений);
8. $I_{30}+N_{1055}P_{1270}K_{985}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ (действие удобрений);
9. $N_{2620}P_{2855}K_{2100}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ (действие удобрений).

Системы удобрений включали раздельное внесение навоза, извести и минеральных удобрений (в одинарных и двойных дозах в виде диаммифоски $N_{10}P_{26}K_{26}$ и аммиачной селитры), а также в их различных сочетаниях. Навоз и известь вносили в начале каждой ротации севооборота, минеральные удобрения – ежегодно. Уборку проводили в фазу полной спелости зерна комбайном Sampo 130. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [Доспехов, 2014].

Результаты и обсуждение

Яровая пшеница очень отзывчива на внесение удобрений, больше всего она извлекает из почвы азота, меньше калия и еще меньше фосфора [Федоров, 1998]. Недостаток в азоте она испытывает в одну из важных фаз развития – налив зерна. С увеличением обеспеченности растений азотом улучшается вегетативная масса, возрастает белковость зерна. Наибольшая потребность в фосфоре наблюдается в период от начала кущения до выхода в трубку. Фосфорное питание оказывает большое влияние на развитие корневой системы и колосков и меньше – на развитие стеблей и листьев. Калий оказывает значительное влияние во время колошения и налива зерна. Он ускоряет передвижение углеводов из стеблей и листьев в зерно, снижает поражение ржавчиной, что способствует формированию крупного и выполненного зерна. Максимальную эффективность оказывает полное минеральное удобрение при сочетании органических удобрений и известкования [Грицун, 1964; Грицун, 1971].

В результате проведенных исследований установлено, что содержание общего азота, фосфора и калия в надземной массе растений пшеницы было наибольшим в вариантах по действию удобрений, а минимальные

значения содержания NPK выявлены по последствию различных систем удобрений (табл. 2).

Количество общего азота в наземной массе растений в фазу кущения на контроле соответствовало низкому содержанию данного элемента в этот период и по действию и по последствию. При применении $N_{260}+I_9$ и $N_{420}+I_9+N_{2138}P_{4110}K_{1570}$ содержание азота увеличивалось в 1,4 раза по последствию, а при действии удобрений на всех вариантах опыта в 1-1,4 раза. Содержание азота в фазу колошения в контрольных растениях было низким. В вариантах с использованием $N_{260}+I_9$ и $N_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$ количество азота в надземной массе достигало 1,21 и 1,49 % соответственно по последствию, и 1,47-1,67 % на всех вариантах по действию удобрений.

Обеспеченность фосфором растений в контрольном варианте в фазу кущения была наименьшей по последствию. Содержание данного элемента в надземной массе растений по действующим системам удобрений составило 0,21% и 0,29 %. В фазу колошения, согласно полученным результатам, растения на контроле испытывали некоторый недостаток этого элемента питания. При применении разных фонов удобрений содержание общего фосфора в фазу кущения увеличивалось по всем вариантам последствия, и на фоне $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ и $N_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$. В фазу колошения значения изучаемого показателя незначительно превышали контроль на всех вариантах по действию, а на фоне $N_{260}+I_9$ и $N_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$ по последствию удобрений. В течение вегетационного периода содержание общего калия в надземной массе растений пшеницы, значительно отличалось. При применении $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ (действие удобрений) содержание калия в растениях увеличивалось в 1,1 – 1,2 раз в зависимости от фазы вегетации. Наиболее высокие показатели в течение всего вегетационного периода (в разные фазы развития) отмечены в вариантах $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$, $I_{30}+ N_{1055}P_{1270}K_{985}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ и $N_{2620}P_{2855}K_{2100}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ по действию удобрений и на фоне $N_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$ в фазу кущения, $N_{420}+I_9+N_{2138}P_{4110}K_{1570}$ в период восковой спелости зерна по последствию удобрений.

В зависимости от условий минерального питания химический состав и качество зерна подвергаются значительным изменениям. Изучением действия удобрений на качество зерна злаков в нашей стране впервые бы-

ло начато в лаборатории Д.Н. Прянишникова. Исследования показали, что наибольшее положительное действие на накопление белка в зерне оказывают азотные удобрения. Накопление белка происходит в результате реутилизации азотистых веществ, содержащихся в вегетативных органах до начала налива зерен и поглощения азота из почвы [Ягодин, 2002]. Усиление фосфорного питания растений вызывает сниженное содержание белка в зерне. Фосфор усиливает рост растений, повышает урожай зерна и вегетативной массы, что приводит к «разбавлению» азота в растении, растение испытывает недостаток азота, и зерно формируется с более низким содержанием белка.

Таблица 2

**Динамика содержания азота, фосфора и калия
в растениях яровой пшеницы под влиянием разных систем
удобрений, % на абсолютно сухое вещество**

Вариант	Фаза развития								
	кущение			колошение			восковая спелость		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Последствие удобрений									
Контроль (без удобрений)	1,95	0,21	3,52	1,09	0,16	1,33	1,44	0,17	0,80
H ₂₆₀ +И ₉	2,46	0,27	3,36	1,21	0,17	1,21	0,94	0,16	0,86
H ₂₆₀ +И ₉ +N ₂₇₅₀ P ₂₇₆₀ K ₁₆₃₅	1,69	0,30	3,88	1,49	0,19	1,13	1,25	0,16	0,86
H ₄₂₀ +И ₉ +N ₂₁₃₈ P ₄₁₁₀ K ₁₅₇₀	2,68	0,40	3,13	1,06	0,15	1,22	1,12	0,15	0,96
HCP _{0,95}	0,13	0,06	0,39	0,19	0,03	0,03	0,14	0,03	0,02
Действие удобрений									
Контроль (без удобрений)	2,38	0,29	3,80	1,27	0,17	1,27	1,24	0,16	0,95
H ₂₂₀ +И ₂₂ +N ₁₀₃₃ P ₁₄₁₀ K ₁₁₂₅ +под пшеницу N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	3,26	0,33	3,87	1,56	0,20	1,40	1,20	0,15	0,90
H ₂₂₀ +И ₂₂ +N ₂₆₃₃ P ₂₇₈₀ K ₂₁₅₃ +под пшеницу N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	3,21	0,36	4,65	1,47	0,21	1,32	1,25	0,18	1,07
И ₃₀ + N ₁₀₅₅ P ₁₂₇₀ K ₉₈₅ +под пшеницу N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	3,00	0,29	3,85	1,60	0,22	1,60	1,24	0,17	1,27
N ₂₆₂₀ P ₂₈₅₅ K ₂₁₀₀ +под пшеницу N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	2,54	0,28	3,48	1,67	0,20	1,38	1,37	0,17	0,98
HCP _{0,95}	0,15	0,04	0,34	0,05	0,08	0,13	0,14	0,04	0,03

Фосфорные и калийные удобрения, внесенные без азотных, слабо влияют на накопления белка, а наибольшее положительное действие на повышение содержания белка наблюдается при совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений и правильном их сочетании, с учетом свойств почвы и потребностей растений. При оптимальном снабжении растений всеми питательными элементами содержание белка в зерне повышается [Агрохимия, 1975.]. На почвах с очень низким содержанием подвижного фосфора удобрения не снижали или даже несколько повышали содержание белка в зерне пшеницы. Калийные удобрения, вносимые в обычных нормах, не изменяют или даже несколько повышают содержание белка в зерне. Однако повышенные нормы калийных удобрений могут значительно снижать содержание белка в зерне. Отрицательное действие высоких норм калийных удобрений на содержание белка в зерне объясняется тем, что в зерновых культурах существует обратная зависимость между содержанием белков и крахмала. Чем больше крахмала накапливается в зерне, тем меньше в нем содержится белков. Калий необходим в значительных количествах для нормального роста и развития и для биосинтеза белков, но он более интенсивно стимулирует синтез и передвижение углеводов, чем синтез азотистых веществ. Поэтому при внесении повышенных норм калийных удобрений в сильной степени повышается синтез углеводов, их передвижение в созревающие семена, в них накапливается много крахмала, а относительное содержание белков соответственно снижается [Ягодин, 2002].

Систематическое применение органических и минеральных удобрений на фоне известкования в севообороте оказало неодинаковое влияние на накопление азота, фосфора и калия в зерне яровой пшеницы (табл. 3). На фоне последствий удобрений максимальное содержание общего азота и фосфора отмечено на контрольном варианте, а калия на фоне $N_{260}+I_9$. При действии удобрений содержание общего азота варьировало (2,70-2,85 %) и было наиболее высоким (2,85 %) при применении $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$, а самым низким при $N_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$. Содержание фосфора в зерне было максимальным в варианте $N_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ (0,55 %) и низким на контроле (0,52 %). На фоне $N_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ содержание калия находилось на уровне контроля (0,44%), а остальные варианты опыта не превысили его.

Таблица 3

**Влияние разных систем удобрений на содержание азота,
фосфора и калия в зерне, %**

Вариант	Азот	Фосфор	Калий
Последействие удобрений			
Контроль (без удобрений)	2,67	0,56	0,43
$H_{260}+I_9$	2,39	0,51	0,53
$H_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$	2,46	0,42	0,46
$H_{420}+I_9+N_{2138}P_{4110}K_{1570}$	2,59	0,52	0,43
$HCP_{0,95}$			
Действие удобрений			
Контроль (без удобрений)	2,79	0,52	0,44
$H_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$	2,88	0,53	0,41
$H_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$	2,70	0,55	0,44
$I_{30}+N_{1055}P_{1270}K_{985}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$	2,85	0,52	0,39
$N_{2620}P_{2855}K_{2100}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$	2,73	0,54	0,39
$HCP_{0,95}$	0,21	0,04	0,03

Использование органических и минеральных удобрений на фоне известкования повышает плодородие почвы, создавая оптимальные условия для возделывания сельскохозяйственных культур [Рабинович, 2015]. Именно удобрения являются важнейшим фактором интенсификации земледелия [Романенко, 1998; Soon, 1988; Mudahar, 1980; Niehoff, 1981]. Большое значение имеет известкование. Раскисление почвы способствует мобилизации запасов питательных элементов и повышению эффективности минеральных удобрений. Внесение извести на кислых лугово-бурых почвах – эффективный прием повышения их плодородия. Использование минеральных удобрений без извести приводит к снижению урожая.

Для воспроизводства плодородия лугово-бурых почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, необходимо периодическое внесение в севообороте органических удобрений, извести и ежегодное – минеральных удобрений в умеренных дозах [Моисеенко, 2005]. Длитель-

ное применение разных систем удобрений оказывает существенное влияние на накопление элементов питания в почве и изменение агрохимических показателей и плодородие почвы [Тимошинов, 2018]. В результате длительного применения удобрений в вариантах опыта сформировались определенные уровни плодородия почвы (табл. 4). Установлено что, повышение почвенного плодородия увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур. На фоне последействия при совместном применении органических и минеральных удобрений с известкованием, плодородие почв оценивалось как «хорошее», и урожайность увеличилась в 1,3 раза в сравнении с контролем. В действии влияние систем удобрений на урожайность яровой пшеницы оказало в варианте с внесением $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$, где урожайность составила 3,9 т/га. На контроле, где удобрения не вносили, урожайность – 2,61 т/га.

Изучение качества зерна яровой пшеницы показало что, на фоне последействия систем удобрений высокое содержание крахмала выше контроля на всех вариантах опыта. Максимальное значение этого показателя зафиксировано в варианте $N_{260}+I_9$ при низком плодородии почвы и урожайности 2,71 т/га. При действующей системе удобрений увеличивались показатели качества зерна, как белок и крахмал на вариантах $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ и $I_{30}+ N_{1055}P_{1270}K_{985}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ и составили 16,42, 16,23 % и 57,51, 57,60 % соответственно, относительно контроля (белок – 15,90 %, крахмал – 56,48%).

Минеральные и органические удобрения при длительном применении в севообороте оказывают не только прямое действие, но и продолжительное последействие на урожайность яровой пшеницы [Моисеенко, 2006; Моисеенко, 2007; Хасбиулина, 2009; Бережная, 2018]. В результате проведенных исследований установлено, что хорошее плодородие почвы обеспечивает рост урожайности и повышение качества зерна. Наибольший урожай отмечен при сочетании органических, двойных доз минеральных удобрений и известкования на фоне действия удобрений.

Основными элементами структуры урожая яровой пшеницы являются количество продуктивных стеблей и элементы колоса (длина колоса, количество зерен в колосе). В фазу полной спелости зерна исследованы следующие элементы структуры урожая: количество растений, число зерен в колосе, масса – 1000 зерен (табл.5). Количество продуктивных растений варьировало по вариантам опыта на фоне последействия и действия удобрений от 229-407

шт./м² и 220-325 шт./м² соответственно. Наибольшее число растений яровой пшеницы – 407 шт./м² отмечено по последствию Н₂₆₀+И₉+N₂₇₅₀P₂₇₆₀K₁₆₃₅ при удовлетворительном плодородии почвы, где структурные показатели, такие как высота растения (107 см), количество зерен в колосе (27 шт.) и масса 1000 зерен (34,8 г) были максимальны, что в свою очередь, способствовало формированию урожайности – 2,94 т/га. Минимальное количество растений – 229 шт./м² и урожайностью 2,40 т/га отмечено на контроле при этом структурные показатели не значительно отличались от остальных вариантов опыта.

Таблица 4

**Влияние плодородия почвы на урожайность
и качество зерна яровой пшеницы**

Вариант	КАП	Оценка плодородия почвы	Содержание в зерне, % на абс. сух. вещество		Урожайность, т/га
			белка	крахмала	
Последствие удобрений					
Контроль (без удобрений)	-	-	15,23	58,13	2,40
H ₂₆₀ +И ₉	40,60	низкое	13,60	60,44	2,71
H ₂₆₀ +И ₉ +N ₂₇₅₀ P ₂₇₆₀ K ₁₆₃₅	54,40	удовлетворительное	14,05	58,42	2,94
H ₄₂₀ +И ₉ +N ₂₁₃₈ P ₄₁₁₀ K ₁₅₇₀	61,80	хорошее	14,77	59,04	3,15
НСР _{0,95}	-	-	-	-	0,25
Действие удобрений					
Контроль (без удобрений)		-	15,90	56,48	2,61
H ₂₂₀ +И ₂₂ +N ₁₀₃₃ P ₁₄₁₀ K ₁₁₂₅ +под пшеницу N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	51,35	удовлетворительное	16,42	57,51	3,67
H ₂₂₀ +И ₂₂ +N ₂₆₃₃ P ₂₇₈₀ K ₂₁₅₃ +под пшеницу N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	65,30	хорошее	15,40	56,99	3,90
И ₃₀ + N ₁₀₅₅ P ₁₂₇₀ K ₉₈₅ +под пшеницу N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	52,10	удовлетворительное	16,23	57,60	3,60
N ₂₆₂₀ P ₂₈₅₅ K ₂₁₀₀ +под пшеницу N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	38,70	низкое	15,56	56,22	3,58
НСР _{0,95}	-	-	-	-	0,32

При действующей системе удобрений наименьшее количество растений – 220 шт./м² выявлено в варианте Н₂₂₀+И₂₂+N₁₀₃₃P₁₄₁₀K₁₁₂₅+под пше-

ницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ с высокими структурными показателями длиной колоса (9 см) и массой 1000 зерен (35,0 г). При длительном применении $N_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ с хорошим плодородием отмечено наибольшее количество растений 325 шт./м², высота растений – 115 см и урожайность – 3,90 т/га. В контроле количество растений составило 292 шт./м², при высоте растений 102 см, что способствовало формированию урожайности 2,61 т/га с наименьшей массой 1000 зерен – 31,3 г.

Таблица 5

**Изменение продуктивности растений яровой пшеницы
в зависимости от действия и последствия удобрений**

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Высота растения, см	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Последствие удобрений					
Контроль (без удобрений)	229	100	8	25	34,1
$N_{260}+I_9$	240	105	8	25	33,5
$N_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$	407	107	8	27	34,8
$N_{420}+I_9+N_{2138}P_{4110}K_{1570}$	393	105	7	23	34,1
НСР _{0,95}	15,0	9,5	0,4	1,5	2,4
Действие удобрений					
Контроль (без удобрений)	292	102	8	32	31,3
$N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$	220	111	9	28	35,0
$N_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$	325	115	8	30	34,3
$I_{30}+N_{1055}P_{1270}K_{985}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$	263	110	8	26	34,1
$N_{2620}P_{2855}K_{2100}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$	312	110	9	30	33,1
НСР _{0,95}	17,0	10,1	0,4	2,0	2,5

Для получения высококачественных урожаев с помощью удобрений необходимо учитывать роль отдельных элементов питания в жизни растений. Биологические особенности растений, основные закономерности

процессов обмена веществ, свойства удобрений, свойства почвы и другие условия [Ягодин, 2002]. Таким образом, применение разных систем по последствию и действию удобрений оказывает влияние на плодородие почвы, что способствует росту и развитию растений яровой пшеницы и формирование структуры урожая и его качества.

Наиболее высокое содержание основных элементов питания в растениях пшеницы при применении $N_{220}+I_{22}+N_{2633}P_{2780}K_{2153}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ по действию удобрений отмечено в течение всего вегетационного периода. В фазу кушения содержание общего азота в изучаемых вариантах варьировало от 2,46 до 2,68 % по последствию и 2,54-3,26 % по действию удобрений. Высокий уровень 3,26 % выявлен в варианте $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$. В период колошения при применении $N_{2620}P_{2855}K_{2100}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$, он составил 1,67 %, а в фазу восковой спелости с использованием $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ – 0,18%.

Количество фосфора в надземной массе растений пшеницы было различным и по последствию и по действию удобрений. Максимальные значения отмечены в вариантах $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ и $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ (действие удобрений), где содержание фосфора возрастало в 1,1 и 1,2 раза соответственно относительно контроля.

В варианте $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ (действие удобрений) содержание калия в растениях увеличивалось в 1,1-1,2 раз в разные фазы вегетации. Наиболее высокие показатели в течение всего вегетационного периода в разные фазы вегетации отмечены в вариантах $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$, $I_{30}+N_{1055}P_{1270}K_{985}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ и $N_{2620}P_{2855}K_{2100}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$ по действию удобрений и на фоне $N_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$ в фазу кушения, $N_{420}+I_9+N_{2138}P_{4110}K_{1570}$ в период восковой спелости зерна по последствию удобрений.

Применение разных фонов в севообороте оказало неоднозначное влияние на накопление азота, фосфора и калия в зерне яровой пшеницы. На фоне последствия удобрений максимальное содержание общего азота и фосфора отмечено на контрольном варианте, а калия на фоне $N_{260}+I_9$. При действии удобрений содержание общего азота варьировало от 2,70-

2,85 % и было наиболее высоким (2,85 %) при применении $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$.

На фоне последствий систем удобрений установлено высокое содержание крахмала на всех вариантах опыта. При действующей системе удобрений увеличивались показатели качества зерна, как белок и крахмал на вариантах $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ и $I_{30}+N_{1055}P_{1270}K_{985}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$ и составили 16,42, 16,23 % и 57,51, 57,60 % соответственно, относительно контроля (белок – 15,90 %, крахмал – 56,48%).

Количество продуктивных растений варьировало по вариантам опыта на фоне последствий и действия удобрений от 229-407 шт./м² и 220-325 шт./м² соответственно. Наибольшее число растений яровой пшеницы – 407 шт./м² отмечено по последствию $N_{260}+I_9+N_{2750}P_{2760}K_{1635}$. При действующей системе удобрений наименьшее количество растений – 220 шт./м² было в варианте $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{30}P_{45}K_{45}$.

Установлено что, повышение почвенного плодородия увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур, на фоне последствий урожайность увеличилась в 1,3 раза в сравнении с контролем. Минимальное влияние систем удобрений на урожайность (3,9 т/га) яровой пшеницы выявлено в варианте с внесением $N_{220}+I_{22}+N_{1033}P_{1410}K_{1125}$ +под пшеницу $N_{60}P_{90}K_{90}$.

Систематическое применение органических, минеральных удобрений и известкование увеличивает количество подвижных форм питательных веществ, степень их подвижности и доступность для растений. В результате улучшается плодородие почвы, повышается урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Литература

1. Агрохимия / под ред. П.М. Смирнова, А.В. Петербургского. М. : Колос, 1975. 512 с.
2. Бережная В.В., Кушаева Е.Ж., Тимошинов Р.В., Клыков А.Г. Влияние различных доз удобрений на урожайность яровой пшеницы на лугово-бурых отбеленных почвах Приморского края // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока : материалы II Национальной (Всероссийской) науч.-практич. конф. / Примор. ГСХА. Уссурийск, 2018. Ч. I. С. 59-64.

3. Гаврилюк Ф.Я. Методологические основы бонитировки почв // Научные основы рационального использования почв Северного Кавказа и пути повышения их плодородия. – Нальчик, 1971. С. 30-33.
4. Гаврилюк Ф.Я. Мощность и запасы гумуса в почвах – показатель плодородия черноземов и каштановых почв Нижнего Дона и Северного Кавказа // Биологические науки. 1972. № 11. С. 123-125.
5. Гамзиков Г.П. Состояние и перспективы исследований в длительных стационарных опытах с удобрениями в Сибири // Плодородие. 2016. № 5 (92). С. 6-9.
6. Грицун А.Т. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток, 1964. 440 с.
7. Грицун А.Т., Васичева А.Д., Аксенов А.А. Агрохимическая характеристика почв Приморского края // Агрохимическая характеристика почв СССР. Дальний Восток. М. : Наука, 1971. С. 31-46.
8. Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель // Агрохимия. 2001. № 9. С. 5-12.
9. Дмитриев Н.Н., Гамзиков Г.П. Систематическое применение удобрений как фактор стабилизации плодородия серых почв и продуктивности зерновых культур в зернопаровом севообороте // Агрохимия. 2015. № 2. С. 3-12.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
11. Моисеенко А.А., Хасбиулина Р.Г. Изменение плодородия лугово-бурых почв и урожайности сельскохозяйственных культур при длительном применении удобрений в полевом севообороте // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Дальнего Востока : сб. науч. тр. / РАСХН, ДВ НМЦ, Примор. НИИСХ. Владивосток : Дальнаука, 2005. С. 187-192.
12. Моисеенко А.А., Хасбиулина Р.Г. Последствие длительного применения различных систем удобрений в севообороте // Земледелие. 2006. № 6. С. 13-14.
13. Моисеенко А.А., Хасбиулина Р.Г., Кушаева Е.Ж. Продолжительность последствия удобрений на урожайность культур в севообороте // Пути повышения ресурсного потенциала сельскохозяйственного производства Дальнего Востока : сб. науч. тр. / РАСХН, ДВ НМЦ, Примор. НИИСХ. Владивосток : Дальнаука, 2007. С. 372-375.
14. Моисеенко А.А., Хасбиуллина Р.Г. Изменение продуктивности севооборота и свойств почвы в результате длительного применения раз-

ных систем удобрений в условиях Приморского края. Тимирязевский, 2006. 44с.

15. Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д., Лукичева Н.А. Возделывание яровой пшеницы с применением различных схем удобрений // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия : междунар. науч.-практич. конф. / ВНИИМЗ. Тверь : ВНИИМЗ, 2015. С. 33-37.

16. Романенко Г.А., Тютюнников А.И., Сычев В.Г. Удобрения. Значение, эффективность применения : справочное пособие. М., 1998. 376 с.

17. Синельников Э.П. Почвоведение : учебно-метод. рекомендации. Уссурийск, 2013. 66 с.

18. Синельников Э.П., Слабко Ю.И. Агрогенезис почв Приморья. М. : ВНИИА, 2005. 280 с.

19. Слабко Ю.И., Синельников Э.П. К проблеме оценки плодородия пахотных земель [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agbz.ru/articles/k-probleme-otsenki-plodorodiya-pahotnyih-zemel> (дата обращения 03.05.2018).

20. СТП 2529001383-96. Почвы. Методика оценки плодородия почв Приморского края на основе показателей почвенно-агрохимического обследования. Введ. 01.01.96. Тимирязевский, 1996. 12с.

21. Тимошинов Р.В., Кушаева Е.Ж., Бабинец Л.Е., Фалилеев А.А., Юленкова Л.В. Влияние различных систем удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта Приморская 39 // Аграр. вестн. Приморья. 2018. № 4 (12). С. 13-17.

22. Федоров А.А. Система применения удобрений. Уссурийск : ПГСХА, 1998. 167с.

23. Хасбиулина Р.Г., Моисеенко А.А., Кушаева Е.Ж. Агрохимические свойства и продуктивность лугово-бурых почв при последствии удобрений // Дальневост. аграр. вестн. 2009. Вып.1 (9). С. 11-14.

24. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. М. : Колос, 2002. 584 с.

25. Mudahar M.S., Hignett T.P. Energy efficiency in nitrogen fertilizer production // Energy Agric. 1980. 4. P. 159-177.

26. Niehoff K. Auf winterroggen in der Fruchtfolge nicht verzichten // Wochenblatt. 1981. 35. P. 23.

27. Soon Y.K. Nutrients uptake by barley roots under field conditions // Plant Soil. 1988. 109(2). P. 171-179.