

M.A. Volkova<sup>1,2</sup>, V.M. Lapushkin<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev agricultural academy, Timiryazevskaya str. 49, Moscow, 127434, Russia, e-mail: [lapushkin@rgau-msha.ru](mailto:lapushkin@rgau-msha.ru)<sup>2</sup> All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Pryanishnikov str., 31a, Moscow, 127434, Russia, e-mail: [marina.volkova.2012@mail.ru](mailto:marina.volkova.2012@mail.ru)

The article presents data from field experiments to study the effectiveness of various forms of urea in spring wheat crops, as well as the results of laboratory experience in assessing the dynamics of conversion of amide nitrogen of various forms of urea in the soil. The use of encapsulated urea contributed to an increase in yield of 13%, the use of a nitrification inhibitor increased the yield by 11%, and a urease activity inhibitor by 8% relative to conventional urea. Composting soil with various forms of urea showed that coating urea granules with calcium dihydrogen orthophosphate has the effect of significantly slowing down the ammonification process during the first 3 days, reducing the ammonium content in the soil by 22-41% compared to the conventional form of fertilizer. A decrease in the intensity of the nitrification process was noted in the period from 21 to 35 days, while the accumulation of nitrate nitrogen in the soil decreased by 11-22%.

Keywords: urea, long-acting urea, dihydroorthophosphate, spring wheat, yield, ammonification, nitrification.

УДК 631.81:631.445.2:631.582

DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.08

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В СЕВООБОРОТЕ НА СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЛУГОВО-БУРОЙ ОТБЕЛЕННОЙ ПОЧВЕ

**Р.В. Тимошинов, к.с.-х.н., Е.Ж. Кушаева, А.А. Дубков, А.Г. Клыков, ак., ФГБНУ «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», Я.О. Тимофеева, к.б.н., Федеральный научный центр Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН**  
**Российская Федерация, 692539, Приморский край, г. Уссурийск, п. Тимирязевский, ул. Воложенина 30, тел. (423) 439-27-19; e-mail: [o.zemledelia@yandex.ru](mailto:o.zemledelia@yandex.ru)**  
**Россия, 690022, Владивосток, пр-т 100 лет Владивостоку, 159**

Приведены результаты исследований по изменению агрохимических показателей почвы при разных системах применения удобрений за девять ротаций длительного полевого стационарного опыта, заложеного на лугово-бурой отбеленной тяжелосуглинистой почве. Анализ данных многолетних исследований свидетельствует, что все изучаемые системы удобрения способствуют поддержанию агрохимических параметров на более высоком уровне в сравнении с контрольным вариантом без использования удобрений. Установлено снижение содержания гумуса в почве, наибольшие ежегодные потери его отмечены на контроле, а также в варианте с минеральными удобрениями. Применение в течение 77 лет минеральных удобрений способствовало незначительному увеличению уровня почвенной кислотности – на 0,2 ед. При этом проведение периодического известкования почвы позволяет снизить подкисление реакции среды почвенного раствора, вызванное применением минеральных удобрений. Максимальную эффективность имеет комплексная система, включающая навоз, известь и двойную дозу N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>. В данном варианте выявлено самое высокое содержание подвижных форм фосфора (119 мг/кг) и обменных форм калия (250 мг/кг), что способствовало созданию хорошего уровня плодородия почв КАП (64 балла).

Ключевые слова: системы удобрения, севооборот, плодородие, фосфор, калий, гумус.

Для цитирования: Тимошинов Р.В., Кушаева Е.Ж., Дубков А.А., Клыков А.Г., Тимофеева Я.О. Влияние длительного применения различных систем удобрения в севообороте на содержание элементов питания в лугово-бурой отбеленной почве // Плодородие. – 2024. – № 5. – С. 38-43. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.08.

Плодородие, или способность почвы удовлетворять потребность растений в питательных веществах и обеспечивать урожай возделываемых сельскохозяйственных культур, является главным свойством почвы. Продуктивность севооборота зависит от уровня плодородия почвы, применения удобрений и климатических факторов [1]. Значение удобрений в сохранении и повышении плодородия почвы подтверждено многочисленными опытами и практикой мирового земледелия [2]. Предотвратить или сдержать снижение уровня плодородия почв можно при проведении комплекса агротехнических приемов, среди которых наиболее важное значение имеют удобрения. При этом полную информацию о влиянии систематического применения удобрений на баланс элементов минерального питания, продуктивность сельскохозяйственных культур, изменение агрохимических

свойств почв и экологическое воздействие на окружающую среду можно получить только в длительных полевых опытах по изучению систем удобрения в севооборотах [3, 4].

**Цель исследований** – изучить динамику содержания основных элементов питания растений в лугово-бурой отбеленной почве в условиях продолжительного применения различных систем удобрения в севообороте.

**Методика.** Исследования проведены в ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки на поле № 7 агрохимического стационара, заложеного в 1941 г. на основе девятипольного севооборота: 1 – клевер луговой 1-го года пользования; 2 – соя; 3 – пшеница яровая; 4 – соя; 5 – пшеница яровая с подсевом клевера лугового; 6 – клевер луговой 1-го года пользования; 7 – пшеница

яровая; 8 – соя; 9 – пшеница яровая с подсевом клевера лугового. Агрохимический стационар зарегистрирован в Географической сети опытов с удобрениями (№ 038 реестра Геосети). Почва опытного участка – лугово-бурая отбеленная тяжелосуглинистая [5]. Перед закладкой опыта в почве содержалось 12,5 мг/кг почвы подвижного фосфора, 60 мг/кг почвы обменного калия, 4,8 % гумуса, рН<sub>КС1</sub> 5,1. Первая ротация севооборота на поле №7 началась в 1944 г., а 2022 г. – восьмой год девятой ротации. Периоды прохождения ротаций: I. 1944-1952 г.; II. 1953-1960 г.; III. 1961-1969 г.; IV. 1970-1978 г.; V. 1979-1987 г.; VI. 1988-1996 г.; VII. 1997-2005 г.; VIII. 2006-2014 г.; IX. 2015-2023 г.

Опыт включал использование следующих систем удобрения почв: 1. Контроль (без удобрений); 2. Навоз (Н)<sub>40</sub> + Известь (И)<sub>4,5</sub> + 1NPK; 3. Н<sub>40</sub> + И<sub>4,5</sub> + 2NPK; 4. И<sub>4,5</sub> + 1NPK; 5. 2NPK. Навоз КРС и известь вносили в занятом пару в начале каждой ротации севооборота, минеральные удобрения – ежегодно. Общее количество внесенных удобрений за период исследований по вариантам: 1. Контроль (без удобрений); 2. Н<sub>260</sub> И<sub>17</sub> N<sub>1150</sub> P<sub>1860</sub> K<sub>1290</sub>; 3. Н<sub>240</sub> И<sub>17</sub> N<sub>3048</sub> P<sub>3290</sub> K<sub>2790</sub>; 4. И<sub>23</sub> N<sub>1755</sub> P<sub>2103</sub> K<sub>1440</sub>; 5. N<sub>2914</sub> P<sub>3250</sub> K<sub>2475</sub>.

Общая площадь делянок 250 м<sup>2</sup>, учетная – 150 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная.

Навоз вносили с первой по седьмую ротации. В восьмую ротацию севооборота применение навоза исключили и ввели дополнительно поле бобовых многолетних трав (клевера лугового). В результате поступление органического вещества осуществлялось за счет заправки зеленой массы клевера на сидерат (одно поле) и пожнивных остатков клевера (второе поле), сои и пшеницы.

Экспериментальные исследования проводили с использованием полевого и лабораторно-полевого методов по общепринятым методикам [6]. Подвижные формы фосфора и калия в почве определяли по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011), гумус – согласно ГОСТ 26213–91, рН солевой вытяжки – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85 – ГОСТ 26490-85).

В лаборатории Федерального научного центра Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (г. Владивосток) были проведены исследования содержания валовых форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O методом энергодисперсионной рентгенфлуоресцентной спектроскопии (EDX) на анализаторе EDX 800HS-P (Shimadzu, Япония), оснащенном родиевым катодом в формате количественного анализа, в вакуумной среде с использованием государственных стандартных образцов сравнения (ГСО 901-76, ГСО 902-76, ГСО 903-76, ГСО 2498-83, ГСО 2499-83, ГСО 2500-83, ГСО 2507-83, ГСО 2509-83).

Для обобщенной оценки всех исследованных свойств в единый бонитет все показатели привели к относительным величинам по отношению к оптимальным для данного типа почв. Проведена оценка плодородия почв по агрохимическим показателям с помощью интегральной оценки K<sub>опт.</sub> и КАП по методике [7, 8] (табл. 1).

1. Оценка плодородия по стандартным интервалам величин КАП и K<sub>опт.</sub>

Оценка плодородия	КАП, балл	K <sub>опт.</sub>
Неприемлемое	< 20	< 0,2
Низкое	20-40	0,4-0,2
Удовлетворительное	40-60	0,6-0,4
Хорошее	60-80	0,8-0,6
Высокое	>80	1,0-0,8

Порядок расчета величины КАП выполняется по следующей схеме:

1. Оценка каждого свойства в баллах (В) по формуле

$$B = \frac{X_{\text{факт.}} - X_{\text{мин.}}}{X_{\text{опт.}} - X_{\text{мин.}}} \cdot 100;$$

2. Нахождение суммы баллов (В) по всем показателям;

3. Нахождение среднего балла (ОП – обобщающий показатель);

4. Нахождение отклонения от ОП величины балльной оценки каждого свойства без учета знака (от большего значения отнять меньшее)

5. Нахождение суммы отклонений (Σ откл.)

6. Расчет коэффициента оптимальности по формуле: Копт. = 1 – (Σ откл./Σ В).

7. Расчет величины КАП производят по формуле:

$$\text{КАП} = \text{ОП} \cdot \text{К опт.}$$

**Результаты и их обсуждение.** Использование минеральных и органических удобрений в севообороте является одним из наиболее важных факторов, определяющих его продуктивность и состояние агрохимических показателей почвенного плодородия. Эффективность использования различных систем удобрения почв на исследуемом 7-м поле изучается в течение девяти ротаций севооборота.

Поступающие в почву растительные остатки подвергаются разнообразным процессам, в результате которых значительная часть органического материала разрушается (минерализуется), а оставшаяся переходит в более устойчивую форму (гумус). На основании проведенных исследований установлено, что применение различных систем удобрения почв создало пространственную пестроту в уровне содержания гумуса. При этом почва, характеризовавшаяся при закладке опыта повышенным содержанием гумуса (4,8%), перешла в разряд низкообеспеченных гумусом.

В среднем за все ротации севооборота, минимальные величины содержания гумуса были отмечены в почвах контрольного варианта опыта, максимальные – в почвах варианта опыта навоз + известь + 2NPK. В целом анализ действия разных систем удобрения почв свидетельствует об очевидном снижении содержания гумуса за период исследований вне зависимости от их применения. Ежегодные потери гумуса по вариантам опыта составили: в почвах контрольного варианта опыта и варианта опыта с длительным внесением минеральных удобрений (2NPK) – 974 кг, на комплексной системе с одинарной дозой (Н<sub>40</sub>+И<sub>4,5</sub>+1NPK) – 935 кг, с двойной дозой (Н<sub>40</sub>+И<sub>4,5</sub>+2NPK) – 857 кг, в почвах варианта опыта И<sub>4,5</sub>+1NPK – 896 кг (рис. 1).

В результате систематического применения минеральных удобрений свойства почв могут ухудшаться из-за физиологической кислотности некоторых удобрений, поглощения почвой катионов, входящих в состав удобрений, и вытеснения из почвенного поглощающего комплекса водорода и алюминия, подкисляющих реакцию почвенного раствора [9-11]. В результате внесения только одних минеральных удобрений в течение 77 лет реакция среды почвенного раствора изменилась незначительно на 0,2 ед. по величине рН обменной кислотности, по сравнению с контролем, о чем свидетельствуют данные за 9 ротаций (рис. 2).

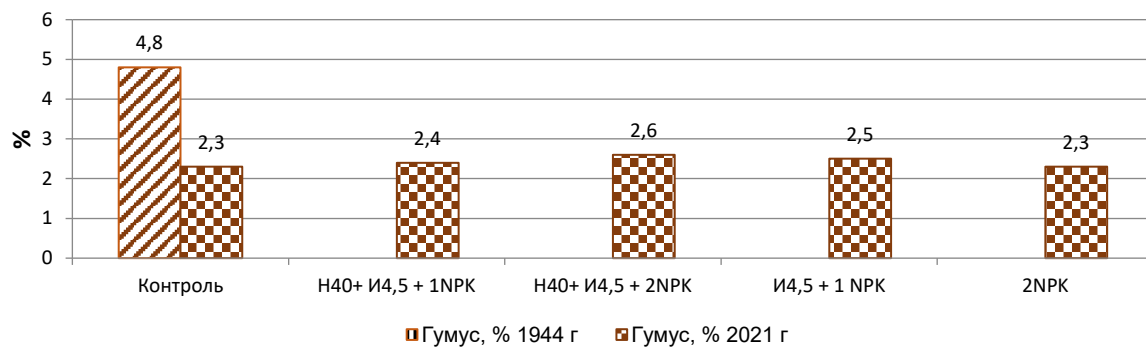


Рис. 1. Изменение содержания гумуса в зависимости от применяемых систем удобрения: навоз (Н) и известь (И), т/га; 1 – одинарная доза, 2 – двойная доза (величина изменяется в зависимости от показателей почвенного плодородия, потребности растений и планируемого урожая)

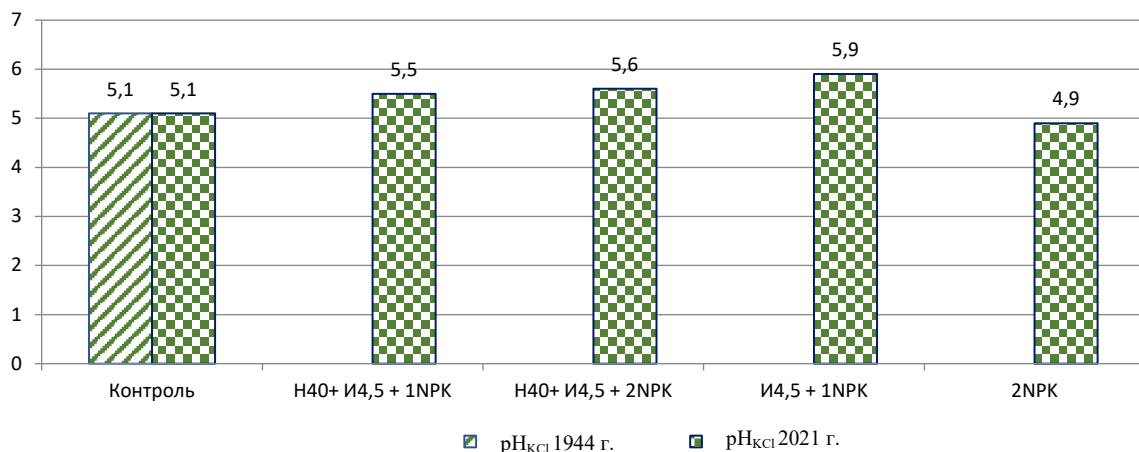


Рис. 2. Изменение содержания pH<sub>KCl</sub> в зависимости от применяемых систем удобрения

Установлено, что значительному ослаблению отрицательного воздействия минеральных удобрений на кислотность почвы способствует проведение периодического известкования. Систематическое применение удобрений на фоне извести не только не вызывает подкисления почвенного раствора, а напротив, сопровождается повышением значения pH. Наилучшие результаты получены при применении комплексных систем удобрения. В данных вариантах почва из среднекислой перешла в разряд нейтральной и близкой к нейтральной. Наименьшая величина почвенной кислотности установлена в варианте опыта с использованием извести с одинарной дозой минеральных удобрений.

Фосфор – один из основных элементов питания растений. Специфическая зональная особенность основных типов почв Приморья состоит в том, что при относительно высоком содержании в них валовой фосфорной кислоты (0,08-0,2 %, или от 2,4 до 6,0 т/га), запасы её в подвижной легкодоступной для растений форме ничтожно малы. Это вызывает постоянный дефицит фосфора для растений в почвах.

По результатам исследования почв многолетнего стационарного опыта установлено, что концентрация подвижных форм фосфора в лугово-бурой отбеленной почве контрольного варианта опыта низкая и за 77-летний период исследований почва осталась в той же группе (рис. 3).

Положительные изменения в фосфатном режиме почвы наблюдаются под действием различных систем удобрения. В результате исследований установлено, что известково-минеральная система (И<sub>4,5</sub> + 1NPK) превосходит минеральную (2NPK), а её, в свою очередь, превосходят комплексные системы (Н<sub>40</sub> + И<sub>4,5</sub> + 1NPK и

Н<sub>40</sub> + И<sub>4,5</sub> + 2NPK). Из применяемых систем в севообороте более высокую эффективность имеет комплексная, включающая навоз, известь и двойную дозу NPK. В почвах данного варианта отмечается максимальное содержание подвижных форм фосфора. Полученные результаты указывают на преимущество совместного внесения навоза, извести и минеральных удобрений. Полагаем, что использование извести сопровождается активизацией минерализации органического вещества, а также способствует мобилизации почвенных фосфатов. Несмотря на вынос фосфора культурами, содержание подвижных форм фосфора в почвах контрольного варианта опыта за время исследований увеличилось на 36 %. Увеличение содержания подвижных форм фосфора в почвах контрольного варианта, по сравнению с первоначальным, свидетельствует о пополнении его за счет высвобождения фосфора из потенциальных запасов почвы и перехода фосфат-иона из менее доступных форм в подвижное состояние.

Содержание валовых форм фосфора по вариантам опыта варьировало (рис. 4).

В почвах с использованием комплексных систем удобрения (Н<sub>40</sub> + И<sub>4,5</sub> + 1NPK и Н<sub>40</sub> + И<sub>4,5</sub> + 2NPK) и в контрольном варианте отмечено его содержание от 3,7 до 3,8 т/га, на минеральной (2NPK) и известково-минеральной системах (И<sub>4,5</sub> + 1NPK) – от 4,2 до 4,3 т/га. Варьирование содержания валовых форм фосфора, вероятно, свидетельствует о различии происходящих процессов в почве, а именно о превращении труднодоступных соединений фосфора в более легко растворимые или о переходе их в почвенный раствор. Относительно низкое содержание валового фосфора в почвах с использованием комплексных систем

удобрения сложилось, скорее всего, в результате усиления микробиологической активности, чему способствовало длительное внесение навоза. В почвах контрольного

варианта опыта (без применения удобрений) произошла мобилизация нерастворимых соединений фосфора из почвенных запасов.

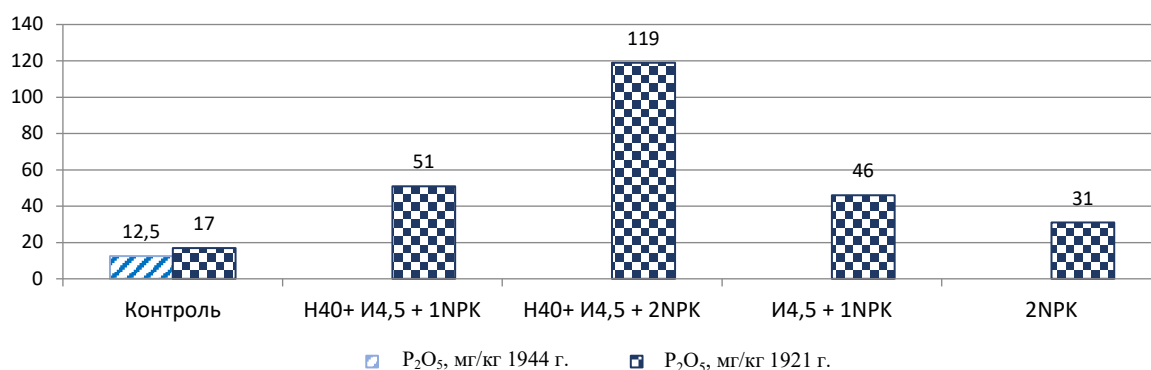


Рис. 3. Изменение содержания подвижных форм фосфора в зависимости от применяемых систем удобрения

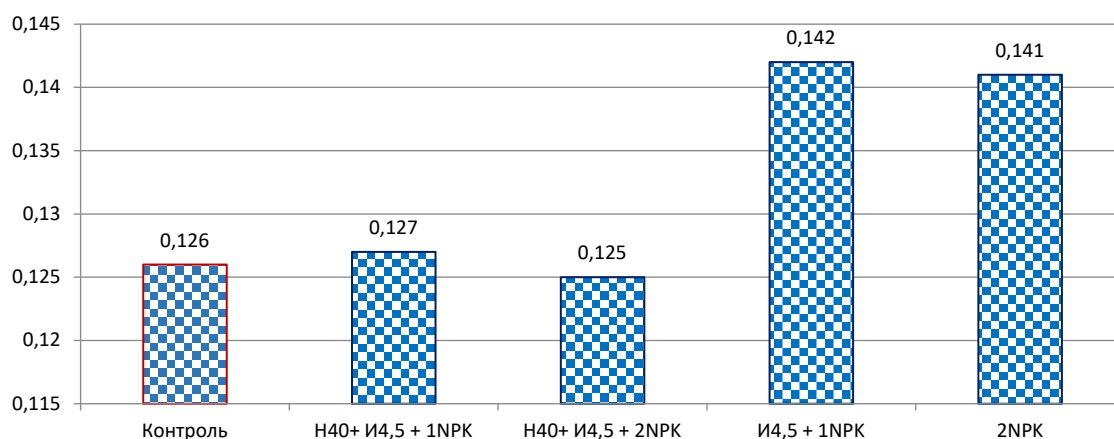


Рис. 4. Изменение содержания валовых форм  $P_2O_5$  (%) в зависимости от применяемых систем удобрения

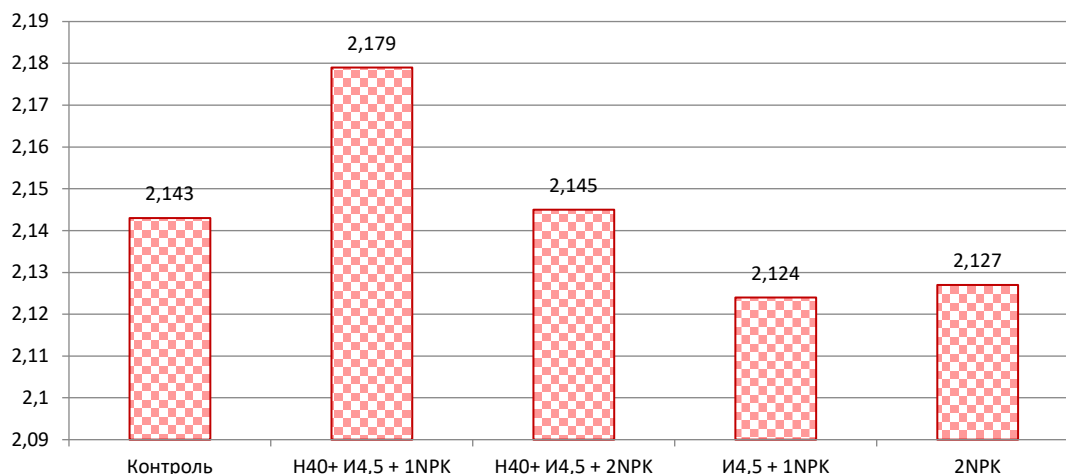


Рис. 5. Изменение содержания валовых форм  $K_2O$  (%) в зависимости от применяемых систем удобрения

Калий необходим для питания растений, как и азот, и фосфор. При этом валового калия в почвах больше, чем азота и фосфора вместе взятых. Это объясняется тем, что калий входит в состав большинства минералов, слагающих почвообразующие породы. Изученные почвы характеризуются тяжелым гранулометрическим составом. Валовое содержание калия в таких почвах значительно и может превышать 2%. В изученных почвах содержание валового калия составляет в среднем 2,144% (рис. 5).

Однако валовое содержание элемента не характеризует его количество, которое может быть усвоено растениями.

Показателем обеспеченности растений калием считается содержание в почве его обменных форм. До закладки опыта почва относилась к группе с низкой обеспеченностью обменным калием (60 мг/кг почвы). За 77 лет наблюдений в почвах контрольного варианта содержание обменных форм калия, несмотря на вынос, повысилось в 2 раза (рис. 6).

Полученные результаты указывают на пополнение запасов обменных форм калия за счет трансформации соединений, содержащих калий в недоступных для растений формах по мере потребления элемента растениями. В целом, применение разных систем удобрения оказало положительное влияние на содержание калия в почвах.

Наибольшее влияние на калийный режим почв оказали комплексные системы удобрения, особенно система с двойной дозой минеральных удобрений ( $H_{40} + I_{4,5} + 2NPK$ ), при использовании которой содержание обменных форм калия в почвах достигло очень высокого уровня (250 мг/кг).

Однако увеличение содержания обменных форм калия в почвах сверх оптимальных значений приводит к

нарушению соотношения между содержанием других элементов питания растений, что сопровождается снижением урожая и ухудшением качества получаемой продукции. Очень высокое содержание калия и фосфора при низком содержании гумуса в почвах данного варианта опыта указывает на разбалансировку показателей плодородия.

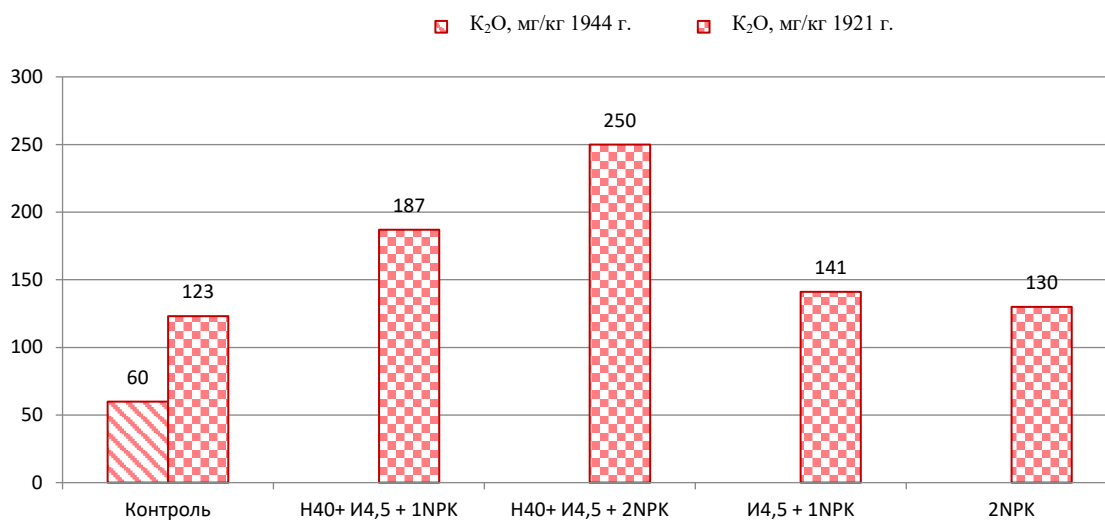


Рис. 6. Изменение содержания обменного калия в зависимости от применяемых систем удобрения

Длительное применение удобрений в севообороте повлияло на изменение уровня плодородия почв. Установлено, что почвы контрольного варианта (без удобрений) характеризуются низким уровнем плодородия как при закладке опыта, так и в настоящее время. Однако соотношение содержания основных элементов питания растений изменилось с низкого на хорошее, что указывает на улучшение показателей плодородия при соблюдении научно обоснованного севооборота (табл. 2).

## 2. Оценка плодородия почвы в зависимости от систем удобрения

Вариант опыта	КАП		$K_{опт}$	
	1944 г.	2021 г.	1944 г.	2021 г.
Контроль (б/у)	22	38	0,40	0,71
$H_{40} + I_{4,5} + 1NPK$	-	53	-	0,70
$H_{40} + I_{4,5} + 2NPK$	-	64	-	0,52
$I_{4,5} + 1NPK$	-	55	-	0,75
2NPK	-	44	-	0,85

Наиболее высокий показатель КАП отмечен в почвах с использованием комплексной системы с двойной дозой минеральных удобрений ( $H_{40} + I_{4,5} + 2NPK$ ). Однако соотношение  $K_{опт}$  находится на удовлетворительном уровне, что подтверждает разбалансировку показателей плодородия. Расчет КАП для почв варианта с внесением двойной дозы минеральных удобрений показал удовлетворительный уровень плодородия и высокий коэффициент  $K_{опт}$ , что указывает на наиболее оптимальное соотношение факторов плодородия.

**Заключение.** В результате многолетних (77 лет) исследований установлено, что применение изучаемых систем удобрения в почвенно-климатических условиях Приморского края не обеспечило сохранение содержания гумуса в лугово-бурой отбеленной почве. Почва, характеризовавшаяся повышенным содержанием гумуса при закладке опыта, в настоящее время перешла в разряд низкообеспеченных. Установлено, что наибольшие ежегодные потери гумуса происходят в почвах контрольного варианта (без

внесения удобрений) и при применении только одних минеральных удобрений (2NPK). Совместное внесение минеральных удобрений с навозом и известью ( $H_{40} + I_{4,5} + 1NPK$  и  $H_{40} + I_{4,5} + 2NPK$ ) обеспечивает увеличение содержания подвижных форм фосфора, обменных форм калия и уровень плодородия почв КАП. Выявлено, что при соблюдении научно обоснованного севооборота без применения удобрений уровень плодородия не снижается и оптимизируется соотношение содержания основных элементов питания растений в почве.

## Литература

1. Анкудович Ю.Н. Продуктивность севооборота, баланс элементов питания и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы // Плодородие. – 2022. – № 5. – С. 8-10. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.02.
2. Конова А.М., Гаврилова А.Ю., Трабурова Е.А. Продуктивность культур зерноотравного севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы при длительном применении минеральных удобрений // Плодородие. – 2020. – № 2. – С.46-49. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.14
3. Гамзиков Г.П. Состояние и перспективы исследований в длительных стационарных опытах с удобрениями в Сибири // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 6-9.
4. Науменко Е.Т., Банецкая Е.В. Оценка изменения плодородия почвы и продуктивности агроценоза при длительном внесении удобрений // Плодородие. – 2023. – № 1. – С. 39-41. DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.09
5. Результаты сверхдлительного стационарного опыта с различными системами удобрения в условиях Приморского края / Р.В. Тимошинов, Е.Ж. Кушаева, А.А. Дубков, Л.Е. Марчук, А.Г. Клыков, Я.О. Тимофеева // Материалы Международной конференции, посвященной 90-летию ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» и 80-летию Географической сети опытов с удобрениями, 1-2 дек. 2021 г. / Под ред. С.И. Шкуркина. – М.: ВНИИА, 2022. – С. 181-192. DOI: 10-25680/VNIPA.2019.44.83.106.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос. – 351 с.
7. Синельников Э.П. Оптимизация свойств и режимов периодически переувлажняемых почв: монография / ДВО ДОП РАН, Приморская ГСХА. – Уссурийск, 2000. – 296 с.
8. Синельников Э.П. Агрогенезис почв Приморья / Э.П. Синельников, Ю.И. Слабко. – М.: ВНИИА, 2005. – 280 с.
9. Шихова Л.Н., Чеглакова О.А. Изменение кислотности и состава ППК при длительном внесении возрастающих доз минеральных удобрений в дерново-подзолистой почве // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 6. – С. 32-36. DOI: 10.31857/S2500262722060072



10. Чеботарев Н.Т., Броварова О.В., Конкин П.И. Влияние систематического внесения органических и минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность кормовых севооборотов на европейском Севере // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 1. – С. 34-37.

11. Кириллова Е.В., Копылов А.Н. Влияние различных систем удобрения на изменение агрохимических свойств почв // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 4 (158) – С. 31-36.

UDC 631.81:631.445.2:631.582

#### INFLUENCE OF THE LONG-TERM USE OF DIFFERENT FERTILIZER MANAGEMENT STRATEGIES IN CROP ROTATIONS ON THE AMOUNT OF NUTRIENTS IN MEADOW BROWN BLEACHED SOIL

R.V. Timoshinov, Candidate of Agricultural Sciences<sup>1</sup>, E. Zh. Kushaeva<sup>1</sup>,  
A.A. Dubkov<sup>1</sup>, A.G. Klykov, Doctor of Biology, Academician of RAS<sup>1</sup>,  
Ya.O. Timofeeva Candidate of Sciences (Biology)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSBSI "Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki"  
Russian Federation, 692539, Primorsky kray, Ussuriysk, Timiryazevsky stl., Volozhenina st., 30,  
phone number: (423) 439-27-19; e-mail: o.zemledelia@yandex.ru

<sup>2</sup>Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,  
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 690022, Vladivostok, Russia

The paper presents the results of a study on changes in the main agrochemical parameters of soil under different fertilizer management strategies in a long-term field experiment over nine crop rotations. The experiment was set up in a heavy clay meadow brown bleached soil. Analyzing the data of the multi-year research showed that all the studied fertilizer management strategies were effective in maintaining the agrochemical parameters on a higher level than in the control variant without fertilizer application. The content of humus was determined to decrease in soil; the most significant annual loss was noted in the control and in the variant with mineral fertilizers. The application of mineral fertilizers for 77 years slightly increased soil acidity (by 0.2 pH units). Regular liming allows a decrease in the acidifying effect of mineral fertilizers on soil. The highest effectiveness was noted in the variant with the complex fertilizer management strategy that included manure, lime, and the double dose of  $N_{60}P_{90}K_{90}$ . This variant was characterized by the highest amount of labile phosphorus (119 mg/kg) and exchangeable potassium (250 mg/kg), which facilitated the improvement of soil fertility (the complex agrochemical parameter = 64 points).

Keywords: fertilizer management strategy, crop rotation, soil fertility, phosphorus, potassium, humus.

УДК 631.82:633.1:631559

DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.09

#### ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

В.Г. Сычев<sup>1</sup>, Ю.И. Гречишкина<sup>2</sup>, А.В. Матвиенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 31, ainfo@vniia-pr.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

355017, Россия, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 12, lnwg@mail.ru

<sup>3</sup>ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Ставропольский»

356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 65, stavhim@mail.ru

Обобщены данные по внесению минеральных удобрений, урожайности озимой пшеницы и гидротермическим коэффициентам за период с 1996 по 2023 г. Объектом исследования выступила зона неустойчивого увлажнения, рассмотренная на примере данных по Шпаковскому округу Ставропольского края. Данные разделены на 3 группы по показателю ГТК: оптимальная влагообеспеченность ( $0,9 < ГТК < 1,1$ ), пониженная влагообеспеченность ( $ГТК < 0,9$ ), повышенная влагообеспеченность ( $ГТК > 1,1$ ). Корреляционный анализ для первой группы (оптимальная влагообеспеченность) выявил сильную взаимосвязь эффективности азота и фосфора с урожайностью озимой пшеницы ( $r=0,93$  и  $r=0,95$ ). По второй группе (пониженная влагообеспеченность) взаимосвязь умеренная ( $r=0,56$  и  $r=0,39$ ), для третьей группы (повышенная влагообеспеченность) – сильная с азотом ( $r=0,80$ ) и умеренная с фосфором ( $r=0,60$ ). Связь с калием для всех трёх групп незначительная.

Ключевые слова: продуктивность, озимая пшеница, влагообеспеченность, гидротермический коэффициент, погодные условия, минеральные удобрения, азот, фосфор, калий.

Для цитирования: Сычев В.Г., Гречишкина Ю.И., Матвиенко А.В. Эффективность минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Плодородие. – 2024. – №5. – С. 43-46. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.09.