

7. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: МГУ, 1970. – 367 с.
8. Раменский Л.Г. Избранные работы / Л.Г. Раменский. – Л.: Наука, 1971. – 234 с.
9. Bulgakov D.S. The application of the soil-agroclimatic index for assessing the agronomic potential of arable lands in the forest-steppe zone of Russia / D.S. Bulgakov, D.I. Rukhovich, E.A. Shishkonakova // Eurasian Soil Science. – 2018. – Vol. 51. – No. 4. – P. 448-459. DOI: 10.1134/S1064229318040038

10. Heil K., Modeling the effects of soil variability, topography, and management on the yield of barley / K. Heil, P. Heinemann, U. Schmidhalter // Frontier in Environmental Science. – 2018. – Vol. 6. – P. 1–16. DOI: 10.3389/fenvs.2018.00146
11. Komissarov M.A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in Lower Austria / M.A. Komissarov, A. Klik // Eurasian soil science. – 2020. – Vol. 53. – No. 4. – P. 503-511. DOI: 10.1134/S1064229320040079

TO THE QUESTION OF THE INFLUENCE OF LANDSCAPE COMPONENTS ON THE PRODUCTIVITY OF CROPS

D. A. Ivanov, O. V. Karaseva, M.V. Rublyuk

FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevsky per., 7, bld. 2, 119017, Moscow, Russia, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

The study of the influence of soils and relief on the yield of herbage for 1 and 2 years of use was carried out in 1998-2020 at an experimental site in the Tver region, located within a finite moraine hill. Grass productivity monitoring was carried out on a transect – a field crossing the main microlandscape positions (relief elements) and elementary soil combinations within the agrolandscape. The results of studies on productivity were processed by correlation and multivariate analysis of variance. Studies have shown that the maximum effect on the yield of grasses (from 66 to 73%) is exerted by the micro-diversity of a complex of poorly taken into account factors of natural and anthropogenic genesis. The influence of the relief and soils on the yield of grasses of 1 year of use is practically the same – 18 and 16%, respectively. The yield of grasses of the second year of use is less dependent on the relief (10%), while the proportion of its variability caused by the soil does not change due to the fact that they are characterized by a pronounced fluctuation in the proportion of legumes and cereals, as well as a more developed root system. The influence of landscape components on the productivity of herbage is random and ranges from 2 to 33%. In the conditions of finite moraine ridges, it is difficult to distinguish elementary agroareals (EAA) in the landscape on the basis of soil or relief maps. Here it is necessary to be guided by knowledge about the nature of the adaptive responses of plants to a combination of a large number of factors of different genesis in different agroclimatic conditions and to identify their agroecologically similar territories (AOT) – areas with the same adaptive responses of plants to landscape conditions. Based on the boundaries of time-stable AOT, it is recommended to determine the boundaries of fields and lands. Taking into account the revealed patterns will allow developing measures for adapting technologies for growing perennial grasses to natural conditions in the mode of adaptive landscape farming.

Key words: monitoring, agrolandscape, herbage, relief, soil, transect.

УДК 631.416.4:631.45:631.445.2:631.8

DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.13

КАЛИЙНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ДЛИТЕЛЬНОГО СТАЦИОНАРНОГО ОПЫТА В УСЛОВИЯХ ПРЕДУРАЛЬЯ

Н.Е. Завьялова, д.б.н., М.Т. Васбиева, к.б.н., Д.Г. Шишков, Е.С. Дир,
Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН
614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12
e-mail: nezavyalova@gmail.com

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края в рамках научного проекта № 20-45-596005 р_НОЦ_Пермский край

Изучено влияние длительного внесения возрастающих доз NPK (от 30 до 150 кг д.в/га) на содержание различных форм калия в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве полевого стационарного опыта. Максимальное увеличение в почве содержания валового калия, его водорастворимой, обменной и необменной форм наблюдали при внесении (NPK)₁₅₀. Запасы валового калия в почве в зависимости от варианта опыта составили 50,2-60,1 т/га, обменного – 0,4-0,7 т/га. Установлено, что при дозе NPK 30-60 кг д.в/га калий удобрений полностью расходовался на питание растений. С увеличением дозы полного минерального удобрения до 90-150 кг д.в/га содержание закрепленного почвой калия удобрений составило 365-3082 мг/кг. В обменной форме закрепилось от 2,7 до 16,4% калия удобрений, в необменной – от 8,9 до 68,8%.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, минеральная система удобрения, формы калия.

Для цитирования: Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Шишков Д.Г., Дир Е.С. Калийное состояние дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта в условиях Предуралья // Плодородие. – 2021 – №4. – С. 43-47. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.13.

Площадь пахотных земель в Пермском крае составляет 740 тыс. га, из них дерново-подзолистых около 70%. Специфика последних заключается в промывном водном режиме, сравнительно молодом возрасте и формировании почв на тяжелых по гранулометрическому составу породах. Дерново-подзолистые почвы Предуралья бедны

элементами питания, в частности обменным калием. Эти факторы имеют прямое отношение к калийному состоянию почвы и эффективности калия удобрений.

По данным агрохимцентра «Пермский», на сегодняшний день из-за отсутствия применения минеральных удобрений или малых доз их внесения (12-15 кг

д.в/га) в 11 районах края площадь пашни с очень низким и низким содержанием обменного калия составляет 20 % и более. По краю очень низкую обеспеченность обменным калием имеют 5 %, низкую – 13,7, среднюю – 43,2 % пахотных земель [2]. И это в регионе с огромными запасами калия. В Пермском крае расположено самое крупное в мире месторождение калийных солей – «Верхнекамское», содержащее треть мировых запасов. Ведущее предприятие калийной промышленности ПАО «Уралкалий» экспортирует свою продукцию во многие страны мира. На территории края работает современное предприятие по производству минеральных удобрений – АО ОХК «Уралхим», в ассортименте которого имеются калийные удобрения с различным содержанием действующего вещества и растворимостью, в сочетании с другими элементами питания и с отсутствием хлорид-иона, пагубно действующего на растения, почвенный покров и здоровье человека.

Изучение калийного режима почв, приёмов увеличения в почве доступных форм калия, повышения эффективности применения калийных удобрений относится к числу приоритетных и требующих пристального внимания направлений исследований в аграрной науке [5, 10, 11]. Калий – важный элемент питания, который играет ключевую роль в различных физиологических и биохимических функциях растений. Сбалансированное внесение питательных веществ способствует лучшему росту и развитию растений [1, 7, 9, 16]. Установлено, что даже при значительных валовых запасах этого элемента калийное питание может лимитироваться сорбционно-десорбционными процессами. Для сохранения устойчивого калийного состояния почвы и возможной мобилизации имеющихся запасов почвенного калия, важно знать природу процессов трансформации соединений калия под действием природных и антропогенных факторов [3, 4, 12, 14, 15].

Цель исследований – изучить калийное состояние пахотной дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта при внесении возрастающих доз NPK.

Методика. Полевой стационарный опыт заложен в 1978 г. на опытном поле Пермского НИИСХ (филиала ПФИЦ УрО РАН) на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве со следующими агрохимическими характеристиками (слой 0-20 см): pH_{KCl} 5,6, гидролитическая кислотность – 2,0, обменная – 0,025, сумма поглощенных оснований – 21,0 ммоль/100 г почвы, содержание гумуса по Тюрину – 2,12 %, подвижных форм фосфора в пахотном слое – 175, обменного калия – 203 мг/кг почвы (по Кирсанову). Варианты опыта включали шесть уровней минерального питания: (NPK)₀ – контроль, (NPK)₃₀, (NPK)₆₀, (NPK)₉₀, (NPK)₁₂₀, (NPK)₁₅₀. За время проведения опыта было внесено удобрений: при дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 750 кг д.в/га, при дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ – по 1500, при дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 2250, при дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ – 3000 и при дозе $N_{150}P_{150}K_{150}$ – 3750 кг д.в/га NPK. Исследования проводили в восьмипольном севообороте со следующим чередованием культу: 1 – чистый пар; 2 – озимая рожь; 3 – картофель; 4 – пшеница; 5 – клевер 1-го г.п.; 6 – клевер 2-го г.п.; 7 – ячмень; 8 – овес. Минеральные удобрения вносили под зерновые культуры и картофель, на клевере изучали последствие. В опыте использовали аммиачную селитру, простой суперфосфат и хлористый калий. Известь вносили перед закладкой опыта по 1,0 Н_г. Органические удобрения в опыте не использовали. Общая площадь делянки 120 м², учет-

ная – 76,4 м². Опыт заложен в двух полевых закладках, размещение вариантов рендомизированное.

Почвенные образцы для исследований отбирали в конце пятой ротации севооборота после уборки овса в слое 0-20 см. Основные агрохимические показатели почвы определяли в соответствии с ГОСТами и методиками ЦИНАО, гранулометрический состав – по Качинскому. Содержание различных форм калия изучали с использованием следующих методов: водорастворимый – по Александровой, легкоподвижный – в 0,005 н. $CaCl_2$ вытяжке, обменный – по Кирсанову и Масловой, необменный легкогидролизующий – по Пчелкину, необменный фиксированный – по Гедройцу. Расчет содержания необменного легкогидролизующего калия проводили по разности содержания калия в 2 н. HCl вытяжке и обменного по Масловой; необменного фиксированного – по разности содержания калия в 10%-ной HCl вытяжке и необменного легкогидролизующего калия. Валовое содержание калия определяли после мокрого озоления в смеси концентрированной серной кислоты и пероксида водорода [8].

Результаты и их обсуждение. Агрохимические показатели плодородия почвы в конце пятой ротации севооборота отображены в таблице 1.

1. Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой почвы длительного опыта (V ротация, 2017 г.)

Вариант	pH_{KCl}	Hг	Ca	Mg	Фосфор, мг/кг		N _{общ} , мг/кг	Гумус, %
					под- вижный	вало- вый		
Контроль (б/у)	5,1	2,4	14,5	1,8	140	1600	1116	1,80
(NPK) ₃₀	5,0	2,5	14,5	2,3	222	1800	1212	1,83
(NPK) ₆₀	4,9	2,7	16,8	2,8	240	1900	1380	2,06
(NPK) ₉₀	4,8	3,6	14,8	2,3	371	1700	1487	2,15
(NPK) ₁₂₀	4,7	3,5	15,3	2,3	392	2000	1610	2,13
(NPK) ₁₅₀	4,5	3,7	16,3	2,6	452	2200	1760	2,16
HCP ₀₅	0,3	0,2	1,0	0,2	23	900	62	0,07

Отмечено подкисление почвы, в варианте (NPK)₁₅₀ реакция среды изменилась с pH_{KCl} 5,6 (близкая к нейтральной) при закладке опыта до pH 4,5 (среднекислая) в 2017 г. В варианте без внесения удобрений выявлен сдвиг на 0,4 ед. pH, что связано с подкисляющим действием корневых выделений возделываемых культур, выносом элементов питания и промывным водным режимом почвы. Установлено увеличение гидролитической кислотности с 2,0 до 2,4 на контроле и до 3,7 ммоль/100 г при внесении максимальной дозы удобрений. Это свидетельствует о повышении содержания ионов H⁺ и усилении процессов подкисления почвы. Между возрастающими дозами удобрений и содержанием обменного кальция и обменного (подвижного) магния линейной зависимости не выявлено. Внесение минеральных удобрений в возрастающих дозах обеспечило увеличение общего азота с 1116 мг/кг в варианте без удобрений до 1760 мг/кг в варианте с внесением (NPK)₁₅₀. Величина содержания общего азота находится в тесной зависимости от содержания гумуса и дозы NPK ($r=0,97$). Почва удобренных вариантов характеризовалась высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора, что связано с длительным внесением высоких доз фосфорных удобрений и низким выносом этого элемента культурами севооборота. Содержание валового фосфора варьировало от 0,16 до 0,22% массы почвы. Длительное применение минеральных удобрений

ний в дозах (NPK)₆₀₋₁₅₀ обеспечило сохранение исходного содержания в почве органического вещества.

По классификации Качинского, в соответствии с содержанием физической глины 40,1-44,9%, почва отнесена к тяжелосуглинистой. Внесение возрастающих доз NPK не оказало существенного влияния на этот показатель.

Содержание валового калия в исследуемой почве больше, чем азота и фосфора вместе взятых, его количество в верхнем горизонте варьировало от 20095 до 24040 мг/кг (табл. 2). Валовое содержание калия определяется, прежде всего, количеством и качеством почвенных минералов, а также зависит от количества вносимых минеральных удобрений, в состав которых входит

калий. Внесение минеральных удобрений (NPK)₁₂₀₋₁₅₀ обеспечило достоверное увеличение валового калия в почве на 10-15 %. Отмечено увеличение запасов валового калия в почве с 52,4 (контрольный вариант) до 57,9-60,1 т/га (табл. 3).

Калийный фонд почвы подразделяют на различные формы: легкообменный, обменный, необменный и калий почвенного скелета [9, 12]. Первые три формы калия взаимосвязаны, подвижны и могут изменяться под действием природных и антропогенных факторов, поэтому их изучение наиболее целесообразно при внесении в почву удобрений.

2. Содержание различных форм калия в дерново-подзолистой почве длительного опыта (V ротация, 2017 г.)

Вариант	Валовый	Водорастворимый	Легко-обменный	Обменный		Необменный		Отношение обменного калия к сумме необменных форм
				по Кирсанову	по Масловой	гидролизующий по Пчелкину	фиксированный по Гедройцу	
Контроль (б/у)	20958	<u>19</u> 0,09	<u>15</u> 0,07	<u>144</u> 0,69	<u>171</u> 0,82	<u>388</u> 1,85	<u>437</u> 2,09	0,21
(NPK) ₃₀	20711	<u>18</u> 0,09	<u>13</u> 0,06	<u>142</u> 0,69	<u>177</u> 0,85	<u>395</u> 1,91	<u>598</u> 2,89	0,18
(NPK) ₆₀	20095	<u>22</u> 0,11	<u>20</u> 0,10	<u>206</u> 1,03	<u>212</u> 1,05	<u>461</u> 2,29	<u>573</u> 2,85	0,21
(NPK) ₉₀	21328	<u>19</u> 0,09	<u>19</u> 0,09	<u>238</u> 1,12	<u>231</u> 1,08	<u>434</u> 2,03	<u>642</u> 3,01	0,21
(NPK) ₁₂₀	23177	<u>17</u> 0,07	<u>17</u> 0,07	<u>288</u> 1,24	<u>229</u> 0,99	<u>408</u> 1,76	<u>657</u> 2,83	0,22
(NPK) ₁₅₀	24040	<u>29</u> 0,12	<u>25</u> 0,10	<u>342</u> 1,42	<u>276</u> 1,15	<u>472</u> 1,96	<u>626</u> 2,60	0,25
HCP ₀₅	1331	4	4	27	35	48	89	-

Примечание. Над чертой – содержание в мг/кг, под чертой – % к валовому содержанию калия.

3. Запасы форм калия в дерново-подзолистой почве (слой 0-20 см) длительного опыта (V ротация, 2017 г.), т/га

Вариант	Валовый	Водорастворимый	Обменный	Необменный	Силикатный (минеральный)
Контроль(б/у)	52,4	0,05	0,4	2,1	49,9
(NPK) ₃₀	51,8	0,05	0,4	2,5	48,8
(NPK) ₆₀	50,2	0,05	0,5	2,6	47,1
(NPK) ₉₀	53,3	0,05	0,6	2,7	50,0
(NPK) ₁₂₀	57,9	0,05	0,6	2,7	54,7
(NPK) ₁₅₀	60,1	0,08	0,7	2,7	56,6

Для оценки содержания в почве наиболее подвижных и доступных для растений форм калия определяли его водорастворимую форму и легкообменную, извлекаемую слабосолевой вытяжкой 0,005 н. CaCl₂. Водорастворимый калий – это калий почвенного раствора. По результатам исследований, содержание водорастворимого калия в почве составило 17-29 мг/кг. Количество легкообменного калия находилось практически на одном уровне с водорастворимым. Доля водорастворимого и легкообменного калия от валового – 0,07-0,12 и 0,06-0,10 % соответственно. При длительном внесении (NPK)₁₅₀ отмечено достоверное увеличение водорастворимого и легкообменного калия в почве в 1,5-1,7 раза. Считается, что количество легкообменного калия зависит от емкости катионного обмена [6, 9]. В условиях нашего опыта показатель ёмкости катионного обмена имел обратную корреляционную связь средней силы (r=-0,48) с водорастворимой формой калия.

Обменная форма калия остается важнейшим диагностическим показателем, определяющим уровень калийного питания растений. Оценку обеспеченности почвы обменным калием проводили с помощью методов Кирсанова (вытяжка 0,2 н. HCl) и Масловой (вытяжка 1,0 н. CH₃COONH₄). Обеспеченность почвы обменным кали-

ем по Кирсанову изменялась от повышенной (144 мг/кг) в контрольном варианте до очень высокой (288-342 мг/кг) в вариантах (NPK)₁₂₀₋₁₅₀. В пахотном горизонте почвы (0-20 см) в варианте без удобрений и при внесении низкой дозы (NPK)₃₀ наблюдали уменьшение содержания подвижного калия по Кирсанову относительно исходного уровня почти на 30%. Это связано с высоким выносом данного элемента культурами севооборота и отсутствием или малыми дозами вносимого удобрения. Внесение (NPK)₃₀₋₆₀ обеспечило поддержание обменного калия в почве на исходном уровне, увеличение дозы до 120-150 кг д.в./га способствовало увеличению обменного калия в почве в 1,4-1,7 раза относительно исходного уровня.

Содержание обменного калия в почве при использовании вытяжки 1,0 н. CH₃COONH₄ (по Масловой) варьировало от 171 (без удобрений) до 276 мг/кг [(NPK)₁₂₀₋₁₅₀]. Обеспеченность почвы обменным калием с повышением дозы удобрений изменялась от повышенной до высокой.

Доля обменного калия в почве составила 0,69-1,42 % от валового содержания. Запасы обменного калия в исследуемой почве варьировали от 0,4 до 0,7 т/га. Выявлена очень высокая обратная корреляционная зависимость содержания обменного калия от величины pH почвенного раствора (r=-0,98). Внесение физиологически кислых минеральных удобрений в возрастающих дозах способствовало подкислению почвы и повышению подвижности ионов калия в почве.

Оценить ближайшие ресурсы восполнения количества обменного калия можно по содержанию в почве его необменной формы. При внесении в почву возрастающих доз NPK отмечена тенденция к увеличению фиксированного почвой необменного калия. При внесении

максимальной дозы минерального удобрения запасы этой формы калия возросли в 1,3 раза относительно варианта без удобрений. Содержание обменной формы калия увеличилось в основном за счет обменного легкогидролизуемого калия (по Пчелкину). По сравнению с контролем его доля в валовом содержании возросла с 1,85 до 1,91-2,29% и была максимальной при дозе NPK – по 60 кг д.в./га. Содержание калия гидролизуемого 10%-ным раствором HCl (по Гедройцу) к концу пятой ротации севооборота составило в удобренных вариантах 2,60-3,01% от валового, что в 1,2-1,4 раза выше, чем без внесения удобрений. Расчет отношения обменной формы калия к сумме обменных форм показал, что с увеличением дозы минерального удобрения наблюдается тенденция к повышению доступности почвенного калия и калия удобрений растениям. Это объясняется, по-видимому, подкислением почвенного раствора и повышением подвижности соединений калия в почве.

Анализ содержания различных форм калия в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве показал, что сумма обменных и необменных форм калия, которые вносят вклад в калийное питание растений, составляет малую долю от общего его содержания в почве – от 4,8 до 6,3 %. Основу калийного фонда образует калий почвенного скелета, который входит в состав труднорастворимых почвенных минералов, таких как полевые шпаты, слюды и глины. Все калийсодержащие минералы в той или иной степени могут служить источником питания растений [13]. Доступность калия растениям определяется прочностью связи его с минеральной частью почвы. Калий, входящий в состав вышеперечисленных минералов, является потенциальным резервом, его запасы в почве составили 47,1-56,6 т/га.

Внесение возрастающих доз минерального удобрения, несмотря на вынос урожаем, привело к увеличению запасов не только валового калия, но и отдельных его фракций. Выявлены закономерности распределения остаточных количеств калия удобрения по фракциям. При дозе (NPK)₃₀₋₆₀ калий удобрений полностью расходуется на питание растений. С увеличением дозы полного минерального удобрения до 90-150 кг д.в./га содержание закрепленного почвой калия удобрений составило 370-3082 мг/кг. В обменной форме закрепилось от 2,7 до 16,4 % калия удобрений, в необменной – от 8,9 до 68,8%. Наибольшее количество калия удобрений адсорбировалось почвой в варианте (NPK)₁₅₀.

Заключение. Содержание различных форм калия характеризует генетические особенности исследуемой почвы и отражает влияние длительного внесения удобрений на закрепление остаточных калийсодержащих соединений минеральной частью почвы. Содержание валового калия в пахотном горизонте дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы варьировало от 20095 до 24040 мг/кг. Доля обменных и необменных форм калия, доступных для питания растений, от валового содержания составила всего 4,8-6,3%.

Трансформация калийного фонда дерново-подзолистой почвы при внесении полного минерального удобрения в возрастающих дозах (NPK)₃₀₋₁₅₀ способствовала увеличению обменного калия в почве и ближайшего резерва – необменных форм калия. Содержание калия, прочно связанного минеральной частью почвы (калий почвенного скелета), также имело тенденцию к возрастанию с увеличением дозы NPK. Максимальное увеличение всех изученных форм калия наблюдали при внесении (NPK)₁₅₀ – в 1,1-1,7 раза. Подкисление почвенного раствора при внесении повышенных доз NPK привело к повышению подвижности соединений калия в почве.

Литература

1. Беляев Г.Н. Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность. – Пермь: Перм. кн. изд-во, 2005. – 304 с.
2. Кайгородов А.Т., Пискунова Н.И. Современное состояние почвенного плодородия пахотных земель Пермского края // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т.31. – №4. – С. 22-26.
3. Лукин С.М. Калийное состояние дерново-подзолистой почвы и баланс калия при длительном применении удобрений // Агрохимия. – 2012. – №12. – С.5-14.
4. Никитина Л.В. Действие и последствие разных систем удобрения в длительном полевом опыте на калийный режим суглинистой почвы // Плодородие. – 2015. – №6. – С.3-6.
5. Никитина Л.В. Исследования калийного режима разных типов почв в длительных опытах Геосети // Агрохимия. – 2018. – № 1. – С. 39-51.
6. Никитина Л.В., Романенков А.А., Листова М.П. Обменный калий и его подвижность в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава // Плодородие. – 2014. – №5. – С. 18-21.
7. Носов В.В. Значение калийных удобрений для сохранения экологического равновесия // Плодородие. – 2002. – № 2. – С. 28-30.
8. Патент Беларуси. №17070. Способ определения валовых форм азота, фосфора и калия из одной навески пробы почвы. 2013 (Способ определения валовых форм азота, фосфора и калия из одной навески пробы почвы).
9. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
10. Шафран С.А., Кирпичников Н.А. Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах // Агрохимия. – 2019. – № 4. – С. 3-10.
11. Якименко В.Н. Изменение содержания калия и магния в профиле почвы длительного полевого опыта // Агрохимия. – 2019. – №3. – С. 19-29.
12. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. – Новосибирск.: Изд-во: СО РАН, 2003. – 231 с.
13. Якименко В.Н. Формы калия в почве и методы его определения // Почвы и окружающая среда. – 2018. – Т.1. – №1. – С. 25-31.
14. Grzebisz W., Szczepaniak W., Bocianowski J. Potassium fertilization as a driver of sustainable management of nitrogen in potato (*Solanum tuberosum* L.) // Field crops research. 2020. Vol. 254. № 107824 (DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107824).
15. Khan S.A., Mulvaney R.L., Ellsworth T.R. The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health // Renewable Agriculture and Food Systems. 2014. 29(1). 3–27.
16. Meyer G., Bell M.J., Doolette C.L., Brunetti, Zh. YQ., Lombi E., Kopitke P.M. Plant-Available Phosphorus in Highly Concentrated Fertilizer Bands: Effects of Soil Type, Phosphorus Form, and Coapplied Potassium // Journal of agricultural and food chemistry. 2020. Т. 68. Вып. 29. С. 7571-7580.

POTASSIUM STATE OF SODDY-PODZOIC HEAVY-LAYOUS SOIL OF LONG STATIONARY EXPERIMENT UNDER THE CONDITIONS OF THE PRE-URALS

*N.E. Zavyalova, Chief Researcher, Doctor of Biological Sciences,
M.T. Vasbiyeva, Senior Researcher, Ph.D., D.G. Shishkov, Junior Researcher, E.S. Deer, Junior Researcher
Perm Research Institute of Agriculture of the Perm Federal Research Center of the
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
614532 Kul'tury street 12, Lobanovo, Perm Krai, Russia
e-mail: nezavyalova@gmail.com*

We studied the effect of prolonged application of increasing doses of NPK (from 30 to 150 kg a.i./ha) on the content of various forms of potassium in sod-podzolic heavy loamy soil of a stationary field experiment. The maximum increase in the soil content of total potassium, its water-soluble, exchangeable and non-exchangeable forms were observed with the introduction of (NPK)₁₅₀. The reserves of gross potassium in the soil, depending on the variant of the experiment, amounted to 50.2-60.1 t / ha, exchange -0.4-0.7 t / ha. It was found that at a NPK dose of 30-60 kg ai / ha, potassium from fertilizers was completely consumed for plant nutrition. With an increase in the dose of complete mineral fertilizer to 90-150 kg of ai / ha, the content of soil-fixed potassium in fertilizers was 365-3082 mg / kg. In the exchange form, from 2.7 to 16.4% of the potassium of fertilizers was fixed, in the non-exchange form from 8.9 to 68.8%.

Key words: sod-podzolic soil, mineral fertilization system, forms of potassium.

УДК 631.8:631.472.56:631.445.51

DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.14

ИЗМЕНЕНИЕ ВАЛОВОГО СОСТАВА КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОПАРОВОМ СЕВООБОРОТЕ

А.С. Билтуев, к.б.н., С.В. Хутакова, к.б.н., А.А. Алтаев, к.б.н.,
ФГБНУ Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ, Россия
670045, г. Улан-Удэ, ул. Третьякова, 25з, e-mail: sbiltuev@mail.ru

Представлены результаты изучения влияния длительного применения минеральных, органических и органоминеральных удобрений на изменение валового состава каштановой почвы при возделывании культур в зернопаровом севообороте. Показано, что интенсивное использование каштановых почв без внесения удобрений приводило к отрицательному балансу элементов питания. Применение удобрений увеличило их общее содержание относительно исходной почвы. Полное минерального удобрения повысило содержание К, Na, Ca, Mg, органические – P, K, Al, Mn, Fe.

Ключевые слова: каштановая почва, система удобрения, валовое содержание питательных элементов, севооборот.

Для цитирования: Билтуев А.С., Хутакова С.В., Алтаев А.А. Изменение валового состава каштановой почвы при систематическом применении удобрений в зернопаровом севообороте// Плодородие. – 2021. – №4. – С. 47-49. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.14.

Каштановые почвы занимают большую часть пахотных угодий в Бурятии. Эти почвы, ввиду своеобразия генезиса, обладают рядом региональных особенностей, определяющих валовый состав: малой и средней мощностью гумусового горизонта, легким гранулометрическим составом, слабой выветрелостью первичных минералов и как следствие незначительным различием минералогического и химического состава почвы и почвообразующих пород; отсутствием легкорастворимых хлор- и серосодержащих солей; высоким содержанием карбонатов [1, 4]. Вовлечение в пашню больших массивов малопродуктивных каштановых почв при освоении целинных земель изменило химический статус почв, при этом основное влияние оказали дефляционные потери пылеватых фракций и ила, а также постоянное отчуждение минеральных веществ почвы с урожаем. Систематическое применение минеральных и органических удобрений является одной из компенсационных мер, противодействующих антропогенной деградации почв, сохранению ее плодородия [6, 8].

Цель исследований – изучить изменение содержания отдельных макро- и микроэлементов в каштановой почве при длительном систематическом применении различных систем удобрения в зернопаровом севообороте.

Методика. Изучение влияния длительного применения различных систем удобрения на изменение минеральной части проводилось на основе многолетнего стационарного опыта, заложенного в 1967 г. на опытном поле Бурятского НИИ сельского хозяйства. Почва опытного участка - каштановая мучнисто-карбонатная среднесиловатая супесчаная. Пахотный слой характери-

зовался близкой к нейтральной реакцией среды ($pH_{вод.}$ 6,7-6,9). Содержание гумуса было низким и возрастало по вариантам опыта от контроля (без удобрений) – 0,87%, к минеральной – 1,05% и органической (40 т/га навоза) – 1,71% системам. Соответственно изменялось и содержание общего азота – от 720 до 1050 мг/кг.

В схему исследований включено шесть вариантов: контроль 1 – залежь длительная (50 лет); контроль 2 – без удобрений; $N_{40}P_{40}K_{40}$ ежегодно; навоз, 20 т/га за ротацию; навоз, 40 т/га за ротацию; $N_{50}P_{25}K_{60}$ + 10 т/га навоза за ротацию. Залежная почва, сохраненная на опытном участке, принималась как аналог исходной почвы. Опыт заложен в четырехкратной повторности. В севообороте возделывали зерновые культуры: 1 – пар чистый; 2 – пшеница; 3 – овес; 4 – овес на зерносеяж. Опыт развернут во времени и в пространстве. Площадь опытной делянки 100 м². Агротехника культур в опыте – зональная противоэрозийная. Минеральные удобрения (N_{aa} , $P_{сд}$, K_x) вносили под весновспашку, органические и органоминеральные – под перепашку пара. Образцы отобраны в 2016 г. в паровом поле из слоя 0-30 см перед внесением удобрений. Валовое содержание элементов определяли на ICP-CCD спектрометре Spectro Arcos в ГП «Республиканский аналитический центр» (г. Улан-Удэ).

Результаты и их обсуждение. На изменение валового химического состава пахотного горизонта почв в севообороте с применением различных видов удобрений влияют совокупное действие разнонаправленных потоков и размеры резервации веществ в пахотном слое [7]. Для условий стационарного опыта наиболее значимы: состав вносимых удобрений, размеры биогенной