

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ul. Timiryazevskaya, 49, Moskva, 127550, Russian Federation

²Kursk Research Institute of Agroindustrial Production, pos. Cheremushki, 10, Kurskii r-n, Kurskaya obl., 305026, Russian Federation

³V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, per. Pyzhevskii, 7, str. 2b, Moskva, 119017, Russian Federation

Abstract. The influence of permanent fallow (since 1947) and winter wheat monoculture with and without fertilizers (since 1964) on the structural state of typical chernozem in the Kursk region was determined. Virgin chernozem was characterized by a high content of agronomically valuable and water-stable aggregates, the content of which was 88.1 and 82.1%, respectively. Among agriculturally valuable aggregates, aggregates with the size of 1–5 mm predominated, the share of them was more than 60%; and the content of water-stable aggregates of this size was 48.4%. The aggregate state of virgin chernozem was estimated as excellent, and the water resistance of the structure was excessively high. Long use of typical chernozem as arable land significantly affected its structural state. The content of aggregates with the size of more than 10 mm increased sharply: by 38.4% in the variant with permanent fallow and by 20.9–23.7% in winter wheat monoculture. Moreover, the content of the most valuable fraction of aggregates with the size of 1–5 mm decreased by 39.0% (permanent fallow) and by 21.2–25.6% (winter wheat monoculture). The number of water-stable aggregates also decreased: 2.0 times for permanent fallow and 1.8–1.9 times for winter wheat monoculture. Water-stable aggregates mainly had a size of 0.25–1.00 mm; aggregates of larger size either missed or contained in minimum quantity. In this regard, the average weighted diameter of water-stable aggregates in arable soils decreased 4.4 times (permanent fallow) and 2.5–2.6 times (winter wheat monoculture) compared to virgin soil. The structure of typical chernozem was quite resistant to long extensive anthropogenic load, its water resistance was estimated as good.

Keywords: typical chernozem; agriculturally valuable aggregates; water-stable aggregates; weighted average diameter of aggregates; structural state.

Author Details: V. G. Mamontov, D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: mamontov1954@inbox.ru); R. F. Baibekov, D. Sc. (Agr.), corresponding member of the RAS, prof.; V. I. Lazarev, D. Sc. (Agr.), deputy director; S. A. Yudin, Cand Sc. (Agr.), leading researcher fellow; S. A. Tsvetkov, post graduate student; E. B. Taller, Cand Sc. (Agr.), assoc. prof.

For citation: V. G. Mamontov, R. F. Baibekov, V. I. Lazarev, S. A. Yudin, S. A. Tsvetkov, E. B. Change of the Structure of Typical Chernozem in the Kursk Region under the Influence of Permanent Fallow and Winter Wheat Monoculture. Zemledelie. 2019. No. 1. Pp. 7–10 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10102.

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10103

УДК 631.416.4 : 631.459.2

Калийное состояние почв склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири

Т. В. НЕЧАЕВА, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: nechaeva@issa-siberia.ru)

Н. В. ГОПП, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

О. А. САВЕНКОВ, кандидат биологических наук, научный сотрудник

Н. В. СМИРНОВА, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН, просп. Академика Лаврентьева, 8/2, Новосибирск, 630090, Российская Федерация

На территории Предсалайской дренированной равнины в лесостепной зоне на юго-востоке Западной Сибири ($55^{\circ}02'20''$ с.ш.; $83^{\circ}50'00''$ в.д.) проведена комплексная оценка калийного состояния сильногумусированных почв в верхней части склона на высотах 280...310 м и среднегумусированных почв в средней и нижней частях склона на высотах 220...280 и 190...220 м соответственно с учетом показателей, характеризующих как количественный состав форм калия, так и качественное состояние системы калийселективных позиций (подвижность легкообменного и обменного калия). В сильногумусированных почвах (преимущественно агроочерноземы) выявлено наибольшее содержание необменного и обменного калия. В среднегумусированных почвах вниз по склону в ряду агроочерноземы → агротемно-серые → агросерые установлено, с одной стороны, постепенное снижение содержания валового калия, с другой – повышение обменного калия. Выявлены положительные корреляционные связи между содержанием легкообменного, обменного и необменного калия в почвах. Обеспеченность культур легкообменным и обменным калием соответствовала неустойчивому и низкому уровням, необменным калием – неустойчивому уровню, что указывает на снижение почвенных ресурсов потенциального восполнения подвижных форм этого элемента. Различия по запасам надземной фитомассы овсяно- гороховой смеси на почвах склонового агроландшафта не выявлены. Значимых корреляционных связей между содержанием калия в растениях и запасами надземной фитомассы травосмеси, а также с содержанием валового и подвижных форм калия в почвах не установлено. Для объективной

оценки обеспеченности культур калием целесообразно использовать систему региональных шкал с учетом специфики калийного фонда исследуемых почв и их гранулометрического состава.

Ключевые слова: валовой калий, подвижные формы калия, необменный калий, обменный калий, легкообменный калий, гумус, гранулометрический состав, запасы фитомассы, калий в различных ступенях.

Для цитирования: Калийное состояние почв склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири / Т. В. Нечаева, Н. В. Гопп, О. А. Савенков и др. // Земледелие. 2019. № 1. С. 10–14. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10103.

Калий – незаменимый элемент минерального питания растений, который выполняет важные агрохимические и экологические функции в агроценозах [1, 2]. По обобщенным литературным данным [3, 4] калийный фонд почвы условно подразделяют на следующие формы: легкообменная (в том числе калий почвенного раствора), обменная, необменная и калий почвенного скелета. Первые три формы этого элемента в значительной мере взаимосвязаны и подвергаются в почве постоянному изменению под влиянием физико-химических процессов и жизнедеятельности организмов. Поэтому легкообменный, обменный и необменный калий относят к подвижным формам, а их количественное определение наиболее целесообразно при мониторинге калийного состояния почв.

Недооценка объективной информации о калийном состоянии почв агроценозов в условиях дефицитного баланса элемента может привести к увеличению калийфикссирующей способности почв [3, 4] и интенсивной мобилизации калия не только из необменных форм, но и из алюмосиликатов, что в свою очередь снижает буферную способность, разрушает почвенный поглощающий комплекс [1]. Соответственно, в будущем потребуются более высокие инвестиции в восстановление почвенного плодородия в отношении этого элемента минерального питания растений.

Известно, что большую часть суши составляют склоны. В зависимости от расположения пахотных почв на

эрозионно опасных склонах происходит дифференциация их свойств, вызванная особенностями рельефа и геохимической миграцией элементов питания, что, в свою очередь, служит причиной пространственной пестроты урожайности культур [5, 6, 7]. Распашка склоновых территорий земледельческой зоны Западной Сибири привела к тому, что в последние годы площадь эрозионно опасных земель приблизилась к 10 млн га, причем более 6 млн га в различной степени подвержены смыву и дефляции [8]. Учитывая, с одной стороны, минимальный уровень использования калийных удобрений в земледелии региона [9, 10], с другой, интерес к освоению технологий адаптивно-ландшафтного и точного земледелия, исследования по оценке калийного состояния почв склоновых агроландшафтов с применением методов цифрового картографирования весьма актуальны.

Цели исследования – сравнить содержание валового калия и подвижных форм этого элемента в сильно- и среднегумусированных почвах, расположенных на разных гипсометрических уровнях; оценить калийное состояние почв на основе комплексного использования показателей и градаций обеспеченности культур калием; сравнить запасы надземной фитомассы овсяно-гороховой смеси и содержание калия в растениях.

Исследование проводили на территории Предсалайской дренированной равнины в лесостепной зоне на юго-востоке Западной Сибири ($55^{\circ}02'20''$ с.ш.; $83^{\circ}50'00''$ в.д.). Участок пахотного угодья площадью 225 га и протяженностью 4 км занимает территорию водосборных бассейнов рек Ирба и Хайрузовка (рис. 1). На участке выделили склоновые позиции с преобладающими почвами на следующих высотных ступенях: BC_1 – в верхней части склона на высотах 280...310 м; BC_{II} и BC_{III} – в средней части склона 260...280 и 220...260 м соответственно; BC_{IV} – в нижней части склона на высотах 190...220 м.

Диагностику почв проводили согласно классификации почв России [11] с отбором индивидуальных проб ($n = 55$) из пахотного горизонта (0...30 см) по нерегулярной сетке. Координаты точек опробования определяли с использованием системы геопозиционирования (GPS, Garmin eTrex Vista), почвенную съемку выполняли в масштабе 1 : 5000 [12]. Цифровые карты свойств почв составляли с использованием программного обеспечения Variowin 2.2., Surfer 8.0., ENVI 5.0. Запасы надземной фитомассы (ЗНФ) овсяно-гороховой смеси определяли

методом укосов с отбором индивидуальных проб ($n = 38$) с учетной площади 0,25 м².

Содержание гумуса в почве определяли методом бихроматного окисления по Тюрину; валового азота ($N_{вал}$) – по Кельдалю; гранулометрический состав – по Качинскому; pH водной суспензии ($pH_{вод}$) – потенциометрическим методом [13]. Содержание валового калия ($K_{вал}$) в почвах измеряли методом атомно-эмиссионного спектрографического анализа в сухих порошкообразных образцах, подвижных форм элемента – методом атомно-абсорбционной спектрометрии с использованием следующих экстрагентов: легкообменный калий ($K_{ло}$) – 0,0025 М $CaCl_2$; обменный калий ($K_{обм}$) – 1 М CH_3COONH_4 ; необменный калий ($K_{необм}$) – 1 М HNO_3 с кипячением. Содержание калия в надземной фитомассе травосмеси ($K_{раст}$) определяли методом мокрого озоления в смеси серной и хлорной кислот по Гинзбург [14]. Его уровень в почвенных и растительных образцах рассчитывали на элемент (K) и пересчитывали на воздушно-сухое вещество. Оценку значимости различий средних значений проводили с использованием t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна-Уитни.

Приводораздельные и приодличинные склоны на исследуемой территории покатые (уклон 2...5°) и сильно покатые (уклон 5...10°), что определяет значительную и сильную степень опасности развития эрозии, особенно на распаханных участках. Установлено, что почвы в верхней части склона (BC_1) менее подверже-

ны смыву, по сравнению с почвами в средней и нижней частях склона (BC_{II} - BC_{IV}).

Согласно группировке почв по содержанию гумуса [11] агрочерноземы в верхней части склона на высотах 280...310 м (BC_1) относятся к сильногумусированным (5...8 %); агрочерноземы, агротемно-серые и агросерые почвы в средней и нижней частях склона на высотах 190...280 м (BC_{II} - BC_{IV}) – к среднегумусированным (3...5 %). Гумус – основное депо почвенного азота, поэтому уровень $N_{вал}$ в почвах на BC_1 также существенно выше, чем на BC_{II} - BC_{IV} (табл. 1). По сравнению с зональными почвами земледельческой зоны Западной Сибири [15] содержание $N_{вал}$ и обогащенность гумуса азотом в почвах склонового агроландшафта ниже средних значений, что указывает на ухудшение параметров их потенциального плодородия.

Почвы характеризуются слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды, тяжелосуглинистым гранулометрическим составом (см. табл. 1). Распределение фракций физической глины неравномерно, что связано, по-видимому, с избирательным выносом почвенного материала на распахиваемых склонах при стоке талых и ливневых вод. Так, в среднегумусированных почвах вниз по склону от BC_{II} к BC_{IV} установлено уменьшение содержания средне- и мелкопылеватых частиц и увеличение доли илистых фракций. Селективный вынос почвенных частиц на эрозионно опасных склонах отмечен также в работах других исследователей [5, 16, 17].

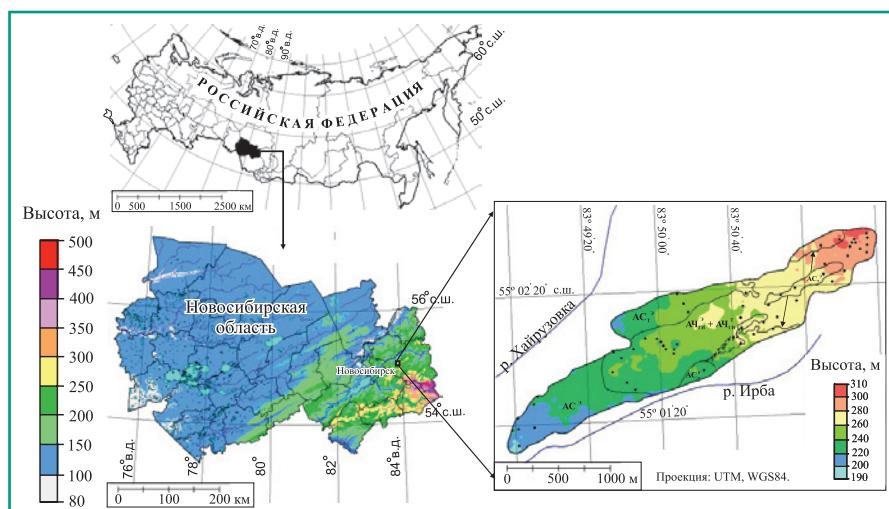


Рис. 1. Карта территории исследования и схема отбора почвенных проб: сплошной линией показаны контуры почв, расположенные на разных гипсометрических уровнях; пунктирной – ложбина стока; точками – схема отбора почвенных проб. Почвы (тип и подтип, здесь и далее): АЧГИЭ + АГГИТ – агрочернозем глинисто-иллювиальный элювиализованный в сочетании с агрочерноземом глинисто-иллювиальным темноязыковатым; АСТЭ – агротемно-серая элювиализованная; АСЭ – агросерая элювиализованная; АСзтв – агростратозем темногумусовый водно-аккумулятивный на темно-серой элювиализованной почве.

1. Свойства пахотного горизонта (0...30 см) почв склонового агроландшафта и параметров растительности¹

Показатель	Высотные ступени и преобладающие почвы ²			
	BC _I (280...310 м)	BC _{II} (260...280 м)	BC _{III} (220...260 м)	BC _{IV} (190...220 м)
	AC _{ги} ³ +AC _{ги} ^T (n = 16)	AC _{ги} ³ +AC _{ги} ^T (n = 14)	AC ³ (n = 13)	AC ³ (n = 12)
Параметры потенциального плодородия				
Гумус, %	7,37±1,49	5,02±1,18*	3,66±0,69*	3,60±0,94*
N _{вал} , %	3,67...9,14	3,50...6,81	2,48...5,00	1,98...5,28
N _{вал} , %	0,34±0,06	0,24±0,06*	0,18±0,03*	0,18±0,05*
C : N (молярное)	0,24...0,46	0,15...0,32	0,12...0,24	0,11...0,25
C : N (молярное)	14,8; 14,3; 16,6	14,2; 14,0; 14,0	13,9±1,5	13,7±2,1
pH _{вод}	10,4...21,4	13,2...16,1	10,9...17,0	10,0...18,2
pH _{вод}	5,84±0,18	5,72±0,14**	5,73±0,16	5,83±0,17
pH _{вод}	5,55...6,16	5,46...5,95	5,40...5,96	5,47...6,09
Гранулометрический состав				
Пыль средненая, %	12,4±1,3	13,5±1,9	10,9±1,1*	11,3±1,3**
Пыль мелкая, %	9,2...14,8	10,2...16,4	8,8...12,6	9,1...14,2
Ил, %	20,8±1,7	16,5±1,5*	15,8±1,5*	15,5±1,6*
Ил, %	17,6...22,8	13,8...19,2	12,6...17,9	13,0...19,2
Физическая глина, %	16,7±3,8	15,4±3,0	17,6; 18,6; 18,4	22,7; 21,8; 23,1*
Физическая глина, %	11,9...25,5	11,6...20,6	10,4...20,5	18,1...33,5
K _{вал} , %	49,9±3,0	45,4±3,0*	44,3±1,9*	49,5; 48,8; 46,6
K _{вал} , %	44,2...57,0	41,0...51,7	40,1...46,5	46,2...59,9
Калийное состояние				
K _{вал} , %	1,56±0,17	1,66±0,15	1,60±0,23	1,37±0,18*
K _{вал} , %	1,26...1,81	1,44...1,87	1,28...2,04	1,18...1,73
K _{необм} , мг/кг	1539±81	1425±128*	1442; 1408; 1307*	1407±144*
K _{необм} , мг/кг	1400...1725	1251...1693	1239...2023	1186...1739
K _{обм} , мг/кг	201±27	158±18*	161; 158; 166*	188±47
K _{обм} , мг/кг	158...236	124...202	130...272	138...280
K _{ло} , мг/кг	10,0±2,0	9,5; 8,8; 8,4	10,5; 8,4; 8,0	9,9; 8,8; 8,0
K _{ло} , мг/кг	7,6...14,0	6,8...17,6	7,6...24,4	7,6...16,4
K _{необм} : K _{обм}	7,8±0,91	9,1±0,90	9,1±1,21	7,9±1,91
K _{необм} : K _{обм}	6,5...9,9	7,0...10,1	7,4...11,2	4,3...10,1
K _{обм} : K _{ло}	20,5±3,1	17,2±2,5	16,6±3,3	19,3±3,5
K _{обм} : K _{ло}	15,6...26,8	11,5...21,8	9,4...20,8	13,0...27,7
Запасы надземной фитомассы (ЗНФ) и содержание калия в овсяно-гороховой смеси				
ZNF, г/м ²	134±29	144±32	172±37	143; 154; 165
ZNF, г/м ²	78...190	102...210	143...214	92...165
K _{раст} , %	3,19±0,27	3,49±0,42**	3,18±0,10	3,22±0,24
K _{раст} , %	2,68...3,65	2,69...4,08	3,06...3,26	2,91...3,55

¹ в числителе для нормально распределенных данных указаны среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm s$), для ненормально распределенных данных – среднее значение, медиана и мода (M ; Me ; Mo); в знаменателе – диапазон значений ($min...max$); n – объем выборки;

² обозначения почв – см. рис. 1;

* – показатели, статистически значимо ($p < 0,01$) отличающиеся от таковых в почвах на BC_I;

** – отличия значимы при $p < 0,05$.

Среднее содержание K_{вал} в склоновых почвах варьировало в пределах 1,37...1,66 %, что характерно для автоморфных почв Западной Сибири [4, 18]. В среднегумусированных почвах вниз по склону выявлено существенное снижение величины этого показателя в 1,2 раза от агро-черноземов на BC_I к агросерым на BC_{IV} (см. табл. 1, рис. 2 А).

Доля K_{необм} от валового содержания элемента в почвах варьировала в пределах 7...14 % (рис. 3 А). В среднегумусированных почвах на BC_{II-IV} она была существенно ниже, чем в сильногумусированных на BC_I (см. табл. 1, рис. 2 Б). Обеспеченность растений K_{необм} на почвах склона неустойчивая (<1800 мг/кг), следовательно, на азотно-fosфорном фоне будет отмечаться потребность в калийных удобрениях [4, 19].

При мониторинге калийного состояния почв основное внимание уделяют его обменной форме. Доля K_{обм} от валового содержания элемента в почвах составляла 0,8...2,1 % (рис. 3 Б). Наибольший уровень K_{обм} отмечен в сильногумусированных почвах на BC_I (см. табл. 1, рис. 2 В). В среднегумусированных почвах на высотах BC_{II-IV} с одной стороны, он был ниже, с другой – постепенно увеличивался увеличение вниз по склону в ряду агро-черноземы → агро-темно-серые → агросерые почвы.

Более высокое содержание K_{обм} в агросерой почве, по сравнению с другими среднегумусированными почвами, вероятнее всего, связано с увеличением доли физической глины в целом и илистой фракции в частности, так как основным резервом необменного и обменного калия в

суглинистых почвах считают ил и крупную пыль [4, 18].

Содержание K_{обм} в почвах склонового агроландшафта в среднем варьировало от 158 до 201 мг/кг, что соответствует повышенному уровню обеспеченности культур калием по градации Агрохимслужбы России [20]. Однако по шкале, разработанной В. Н. Якименко [4, 19], его можно характеризовать как неустойчивое и низкое (200...250 и <200 мг/кг соответственно), оптимальный уровень K_{обм} для тяжелосуглинистых почв Западной Сибири составляет порядка 250...300 мг/кг.

Основная часть от общего количества поглощаемого растениями калия транспортируется к корням массопотоком и диффузией [21], поэтому содержание в почве легкообменной формы этого элемента хорошо отражает текущие условия калийного питания растений [3, 4]. В склоновых почвах оно имело довольно близкие величины (см. табл. 1, рис. 2 Г) и соответствовало неустойчивому и низкому уровням обеспеченности растений калием (10...20 и <10 мг/кг соответственно) [4, 19].

Наряду с количественным определением содержания форм калия в почвах, представляет интерес использование параметров, отражающих качественное состояние системы почвенных калийселективных позиций. К их числу относится подвижность калия, рассчитываемая как отношение менее подвижной формы этого элемента к более подвижной, и чем уже такое соотношение, тем больше подвижность калия [3, 4, 18].

По величине отношений K_{необм} : K_{обм} и K_{обм} : K_{ло} существенных различий в почвах склонового агроландшафта не выявлено. Наибольшая подвижность легкообменного калия (по отношению K_{обм} : K_{ло}) установлена в среднегумусированных почвах средней части склона на BC_{II-III}, особенно в районе ложбины стока; обменного калия (по отношению K_{необм} : K_{обм}) – в агросерых почвах нижней части склона на BC_{IV} (рис. 3 В, Г). Оценка текущего калийного состояния почв соответствовала оптимальной обеспеченности по отношению K_{необм} : K_{обм} (9...7) [4], когда уровень необменного калия способен оперативно восстанавливать содержание обменной формы в случае «всплеска» его потребления растениями. Однако по абсолютному количеству подвижных форм калия в почвах отмечено снижение как наиболее доступных форм элемента (K_{ло} и K_{обм}), так и почвенных ресурсов их потенциальному восполнению (K_{необм}). Следовательно, надежды на неисчерпаемые почвенные

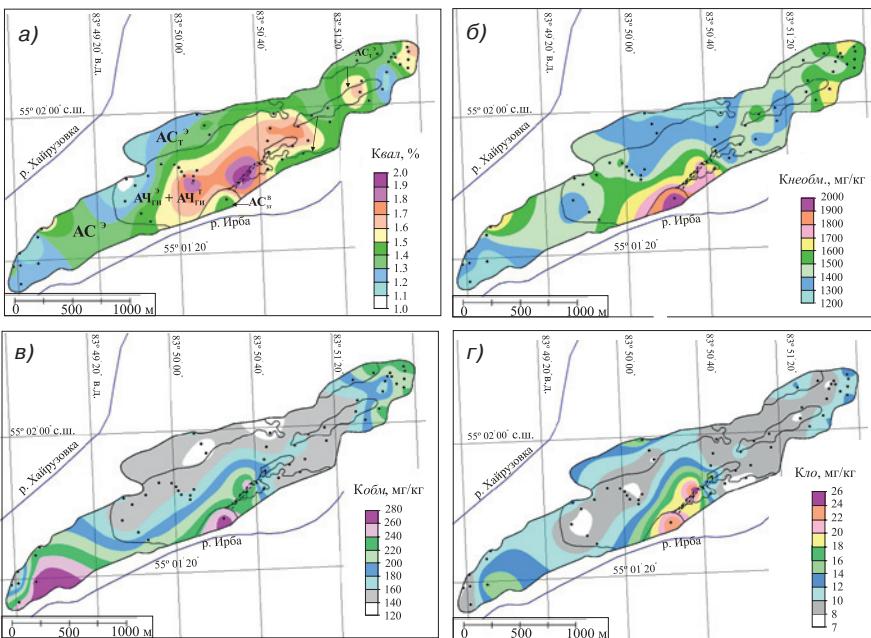


Рис. 2. Содержание валового калия и его подвижных форм в пахотном горизонте почв (условные обозначения – см. рис. 1).

запасы калия не совсем состоятельны, что подтверждает отсутствие альтернативы сбалансированному применению минеральных удобрений [1, 3, 4].

Между содержанием легкообменного, обменного и необменного калия в почвах установлены тесные положительные корреляционные связи, в то же время зависимости

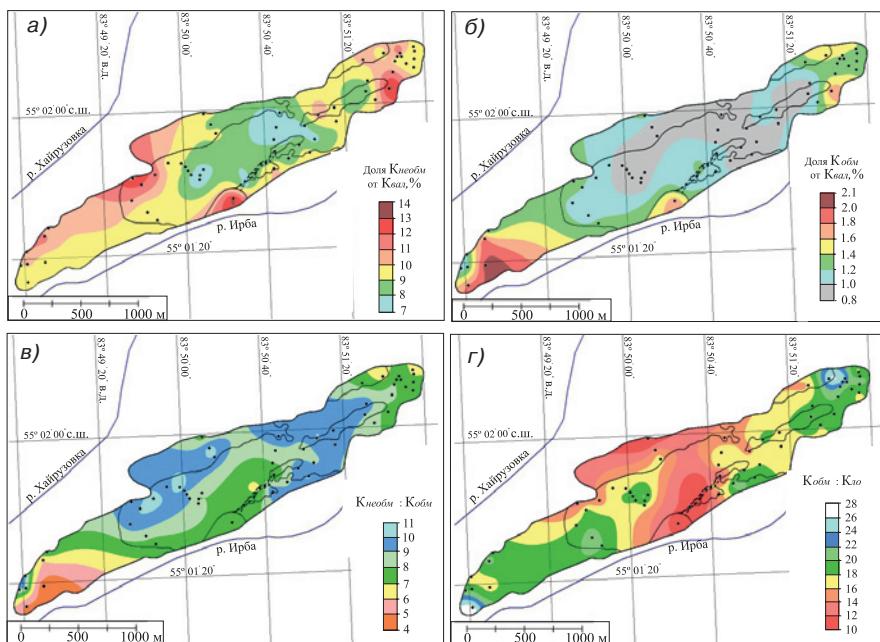


Рис. 3. Необменный (А) и обменный (Б) калий в процентах от валового содержания; подвижность обменного (В) и легкообменного (Г) калия (условные обозначения – см. рис. 1).

2. Коэффициенты корреляции Спирмена между содержанием калия в почвах, растениях и запасами надземной фитомассы (ЗНФ) овсяно-гороховой смеси

Параметр	$K_{вал}$	$K_{необм}$	$K_{обм}$	$K_{ло}$	ЗНФ	$K_{раст}$
$K_{вал}$	–					
$K_{необм}$	X	–				
$K_{обм}$	X	0,48*	–			
$K_{ло}$	X	0,40*	0,68**	–		
ЗНФ	X	-0,34*	X	X	–	
$K_{раст}$	X	X	X	X	X	–

X – корреляции статистически незначимы. * – корреляции заметной и высокой силы связи ($p < 0,01$), ** – умеренной силы связи ($p < 0,01$).

между содержанием валового калия и подвижных форм элемента статистически незначимы (табл. 2). Аналогичные закономерности установлены и в работах других авторов [1, 3, 4, 18].

Различия по ЗНФ овсяно-гороховой смеси на почвах склонового агроландшафта не выявлены (см. табл. 1). Корреляции величин этого показателя с содержанием легкообменного, обменного и валового калия в почвах не установлены. Однако отмечена обратная связь умеренной силы ЗНФ с количеством необменного калия в почвах (см. табл. 2), что вероятно связано с более высоким выносом подвижных форм этого элемента при увеличении продуктивности трав.

Содержание калия в надземной фитомассе травосмеси, отобранной в фазе кущения злакового компонента, было достаточно высоким (2,68...4,08 %) с наибольшими значениями на среднегумусированных агрочерноземах в средней части склона на высотах 260...280 м (см. табл. 1). В то же время в зерне яровой пшеницы на этом участке в условиях экстенсивного землепользования оно было ниже оптимального уровня (0,60 %) [4] и варьировало в пределах 0,41...0,50 % [22]. Значимых корреляционных связей между содержанием калия в растениях и запасами надземной фитомассы травосмеси, а также с параметрами калийного состояния почв склонового агроландшафта не установлено (см. табл. 2).

Выводы. В верхней части эрозионно опасного склона на высотах 280...310 м, где преобладают сильногумусированные агрочерноземы выявлено наибольшее содержание необменной и обменной форм калия в пахотном горизонте. В средней и нижней частях склона на высотах 220...280 и 190...220 м соответственно со среднегумусированными почвами в ряду агрочерноземы → агротемно-серые → агросерые установлено, с одной стороны, постепенное снижение содержания валового калия, с другой – повышение обменного калия. Установлены положительные корреляционные связи между уровнем легкообменного, обменного и необменного калия в почвах.

По содержанию легкообменного и обменного калия в почвах склонового агроландшафта с учетом их тяжелосуглинистого гранулометрического состава обеспеченность культур элементом соответствует неустойчивому и низкому уровням, необменного калия – неустойчивому уровню. Это указывает на снижение

почвенных ресурсов потенциального восполнения подвижных форм калия и необходимость внесения калийных удобрений (на азотно-фосфорном фоне) для эффективного функционирования агроценоза и поддержания плодородия почв.

Различия по запасам надземной фитомассы овсяно-гороховой смеси на сильно- и среднегумусированных почвах склонового агроландшафта не выявлены. Содержание калия в травосмеси, отобранной в фазе кущения злакового компонента, варьировало в пределах 2,68...4,08 %. Значимых корреляционных связей между содержанием калия в растениях и запасами надземной фитомассы травосмеси, а также валового калия и подвижных форм элемента в почвах не установлено.

Инвентаризация почв склонового агроландшафта по их калийному состоянию с составлением карт содержания валового калия и подвижных форм элемента позволила более наглядно определить географическое расположение почв с различной обеспеченностью культур калием и выявить почвенные ареалы, в которых существует наибольшая потребность в улучшении калийного питания растений.

Литература.

- Минеев В. Г. Агрохимия и экологические функции калия. М.: Издательство МГУ, 1999. 332 с.
- Lester G. E., Jifon J. L., Makus D. J. Impact of potassium nutrition on food quality of fruits and vegetables: a condensed and concise review of the literature // Better Crops. 2010. Vol. 94. No. 1. Pp. 18–21.
- Прокошев В. В., Дерюгин И. П. Калий и калийные удобрения. М.: Ледум, 2000. 185 с.
- Якименко В. Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003. 231 с.
- Оценка влияния мезорельефа склона на пространственную изменчивость свойств почвы и характеристики растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли / Н. В. Гопп, Т. В. Нечаева, О. А. Савенков и др. // Исследование Земли из космоса. 2016. № 3. С. 66–74.
- Медведев И. Ф., Губарев Д. И., Графов В. П. Фациальная дифференциация земельных ресурсов как основа повышения экологизации агроландшафта // Земледелие. 2018. № 1. С. 10–15.
- Yakutina O. P., Nechaeva T. V., Smirnova N. V. Consequences of snowmelt erosion: Soil fertility, productivity and quality of wheat on Greyzemic Phaeozem in the south of West Siberia // Agriculture, Ecosystem and Environment. Vol. 200. 2015. Pp. 88–93.
- Танасиенко А. А., Чумбаев А. С., Якутина О. П. Потери талых вод в эродированных почвах расчлененных территорий юга Западной Сибири // Земледелие. 2017. № 6. С. 11–15.
- Красницкий В. М., Шмидт А. Г. Динамика плодородия пахотных почв Омской области и эффективность использования средств его повышения в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 34–37.
- Симакова С. А., Ваганов Е. С., Колмогорова И. В. Состояние плодородия почв на юго-западе Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 1. С. 13–17.
- Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. М.: Колос, 1973. 73 с.
- Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
- Практикум по агрохимии. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
- Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений / Г. П. Гамзиков, В. Б. Ильин, В. М. Назарюк и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1989. 254 с.
- Stav I., Lal R. Variability of soil physical quality and erodibility in a watereroded cropland // Catena. 2011. № 84. Pp. 148–155.
- Губина Д. А. Изменение гранулометрического состава пахотных почв подтаежной зоны Томской области при водной эрозии // Плодородие. 2014. № 6. С. 23–24.
- Середина В. П. Резервы калия в почвах Западно-Сибирской равнины // Вестник ТГУ. Биология. 2013. № 1 (21). С. 7–21.
- Якименко В. Н. Диагностика обеспеченности калием пахотных почв Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 4 (172). С. 15–22.
- Сычев В. Г. Возможности совершенствования градаций содержания «доступного» калия // Агрохимический вестник. 2000. № 5. С. 30–34.
- Barraclough P. B. Modelling K uptake by plant from soil // Development of K-Fertilizer recommendations: Proc. 22 IPI Coll. Soligorsk, USSR. Worblaufen – Bern / Switzerland, IBI. 1990. Pp. 217–230.
- Якутина О. П., Нечаева Т. В., Смирнова Н. В. Изменение плодородия эродированных черноземных почв юга Западной Сибири в зависимости от экспозиции склона // Плодородие. № 5. 2017. С. 39–41.

Potassium Status of the Slope Agricultural Landscape in the South-East of Western Siberia

T. V. Nechaeva, N. V. Gopp,
O. A. Savenkov, N. V. Smirnova

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the RAS, prosp. Akademika Lavrent'eva, 8/2, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Abstract. Potassium state of soils was assessed comprehensively in the Cis-Salair drained plain in the forest-steppe zone of Western Siberia. It was assessed the status of soils with a high humus content (high-SOM soils) at the altitudes of 280–310 m a.s.l. (located in the upper part of the slope) and soils with a medium humus content (medium-SOM soils) at the altitudes of 220–280 and 190–220 m a.s.l. (located in the middle and lower parts of the slope, respectively). The indicators were taken into account which characterized both the quantitative composition of potassium forms and the qualitative state of the system of potassium-selective positions (mobility of exchange and easily exchange potassium). The high-SOM soils, predominantly agrochernozems, were found to have the highest content of non-exchange and exchange potassium. The medium-SOM soils, which changed down the slope from agrochernozems to agricultural dark-grey soil and further to agricultural grey soils, had the total potassium content gradually decreased while exchange potassium content increased. Positive correlations between the amount of easy exchange, exchange, and non-exchange potassium in the soil were established. Crop supply with soil exchange and easily-exchange potassium matched to an unstable or low level, while non-exchange potassium supply could be graded as unstable, altogether indicating the reduction of soil resources for potential restoration of mobile potassium forms. Differences in reserves of the aboveground phytomass of an oat-pea mixture on the soils of the slope agrolandscape were not revealed. Significant correlations of potassium content in plants with the reserves of the aboveground phytomass of the grass mixture, as well as with the content of total and mobile forms of potassium in soils were not established. For an objective assessment of the availability of potassium for crops, it is advisable to use a system of regional scales, taking into account the specificity of the potash fund of the studied soils and their granulometric composition.

Keywords: total potassium; mobile potassium forms; non-exchange potassium; exchange potassium; easy exchange potassium; humus; granulometric composition; phytomass reserves; potassium in plants; altitude.

Author Details: T. V. Nechaeva, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: nechaeva@issa-siberia.ru); N. V. Gopp, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; O. A. Savenkov, Cand. Sc. (Biol.), research fellow; N. V. Smirnova, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow.

For citation: Nechaeva T. V., Gopp N. V., Savenkov O. A., Smirnova N. V. Potassium Status of the Slope Agricultural Landscape in the South-East of Western Siberia. Zemledelije. 2019. No. 1. Pp. 10–14 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10103.