

## ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ КАЛИЯ В ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

*И.Н. Донских<sup>1</sup>, д.с.-х.н., Мустафа Маихур Исра<sup>1</sup>, к.с.-х.н., Н.Г. Мязин<sup>2</sup>, д.с.-х.н., Ашрам Мазен Джумах<sup>1</sup>, к.с.-х.н., 1. Санкт-Петербургский ГАУ, 2. Воронежский ГАУ*

*Показано, что содержание валового калия в целинном черноземе изменяется по профилю от 1,5 до 2,5 %. Использование чернозема без удобрений привело к незначительному снижению содержания калия, а длительное применение удобрений ощутимо увеличило его. Доля мобильных соединений калия (обменный и необменный катионы) в составе калийного фонда изменяется в целинном черноземе от 2,71 до 4,67 % с максимумом в слое 0-20 см. Более высокая доля этих соединений калия (5,0-7,5 %) обнаружена в почвах контрольного и фоновых вариантов. Длительное применение органо-минеральных систем и дефеката привело к значительному снижению этого показателя.*

*Ключевые слова: выщелоченный чернозем, системы удобрения, валовое содержание калия, обменный катион калия, необменный катион калия, Центрально-Черноземный район.*

Содержание калия в черноземных почвах колеблется от 2,11 до 2,8%  $K_2O$  к массе почвы. Поступая в почву, биогенный калий не вымывается в силу своего сродства к глинистым минералам, а фиксируется ими «на месте». Этим объясняется повышенное содержание калия в гумусовых горизонтах черноземных почв (Пивоварова, 2005). Наблюдается определенная зависимость содержания валового калия от гранулометрического состава почв: в тяжелосуглинистых почвах его больше (2,32-2,43%), чем в средне- и легкосуглинистых (2,08-2,32%) разновидностях. В черноземах ЦЧЗ влияние гранулометрического состава на валовое содержание калия не обнаружено (Адерихин, Беляев, 1973). В черноземах различных регионов России отмечаются специфические особенности в распределении калия по гранулометрическим фракциям. Так, в почвах Центрально-Черноземного района (Адерихин, Беляев, 1971; Перевалов, Поддубный, 1974; Пивоварова, 2005), Томской области (Середина, 1984) валовое содержание калия уменьшается с ростом размера фракций. В черноземах Бурятии (Загузина, 1977) зависимость обратная – максимальное количество калия сосредоточено в песчаной фракции почв, а в дисперсных фракциях его содержание значительно ниже из-за специфичности минералогического состава почвообразующих пород.

Максимальное количество калия в илистой фракции. При этом в отдельных работах отмечается более высокая обеспеченность калием ила верхних гумусированных горизонтов, чем ила материнских пород. При этом происходит фиксация калия глинистыми минералами при трансформации смектитовых структур в гидрослюды (Чижикова и др., 1974).

Соотношение форм соединений калия в почве может в значительной степени изменяться в результате систематического внесения удобрений (Пчелкин, 1966; Перевалов, Поддубный, 1977; Шевчук, Степанов, Долгополов, 1979; Кононова, Бутякин, 1995).

Аммонийные соединения, находящиеся в больших количествах в почвах, способствуют накоплению необменного катиона  $K^+$ . Нитратные соединения увеличивают количество гидролизуемых форм соединений калия (Пивоварова, 2005). Также, в настоящее время выявлена отчетливая закономерность трансформации необменных и гидролизуемых соединений калия в обменное состояние (Якименко, 2003; Прокошев, 2004).

Цель исследований - изучить влияние длительного применения различных систем удобрения на изменение форм соединений калия.

**Методика.** Исследования проводили на основе длительного стационарного опыта, заложенного на опытном поле кафедры агрохимии Воронежского ГАУ в 1987 г. Опыт состоит из 15 вариантов. В программу исследований включено 6 вариантов: 1 – контроль; 2 – фон – 40 т/га навоза за ротацию; 3 – фон +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ежегодно; 4 – фон +  $N_{120}P_{120}K_{120}$  ежегодно; 5 – фон + дефекат, 28 т/га за ротацию; 6 – дефекат +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ежегодно. Кроме того, для сравнения исследовалась целинная черноземная почва, участок которой непосредственно примыкает к опытному полю кафедры. Опыт заложен в четырехкратной повторности. В опыте возделывали следующие культуры в севообороте: пар чистый – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – викоовсяная смесь (однолетние травы) – озимая пшеница – ячмень. Опыт развернут во времени и в пространстве. Площадь делянки – 90 м<sup>2</sup>.

Все сельскохозяйственные культуры в севообороте возделывали с учетом агротехнических требований в Воронежской области. Минеральные удобрения вносили ежегодно в соответствующих дозах НРК. Применяли аммонийную селитру, двойной суперфосфат, калий хлористый. Навоз и дефекат вносили один раз в шесть лет в чистом пару под озимую пшеницу. С 1987 г. прошло 18 лет. Отбор образцов для исследований производили в 2004-2005 гг.

Подвижные (обменные) соединения калия определяли по методу Чирикова, в качестве экстрагента применяли 0,5 н  $CH_3COOH$ . Для определения ближнего резерва калия (по Горбунову) или необменного катиона калия (по Пчелкину) использовали 2 н. раствор  $HCl$ . Непосредственное определение калия проводили на пламенном фотометре.

Почва – выщелоченный чернозем, характеризуется типичными для этого подтипа свойствами. Средняя мощность гумусового горизонта 65 см. По гранулометрическому составу почва тяжелосуглинистая, крупнопылевато-иловатая с содержанием ила по профилю 33-35%. Она характеризуется средне- и слабокислой реакцией.

**Результаты и их обсуждение.** Данные о валовом содержании калия в почвах исследуемых вариантов опыта представлены в таблице 1. Как видно из таблицы, валовое содержание калия в целинном черноземе изменяется по профилю от 1,5 до 2,5%. При этом в пределах 60-сантиметровой толщи исследуемые слои 0-20, 20-40 и 40-60 см содержат 2%  $K_2O$ . В слое 60-80 см количество калия уменьшается до 1,5%, а обеспеченность этим элементом самого нижнего слоя 80-100 см достигает 2,5%. В почве контрольного варианта содержание калия по всем изучаемым слоям профиля было существенно ниже (1,0-1,2%), чем в целинном черноземе.

В фоновом варианте испытывали одно органическое удобрение (навоз). Содержание калия и в почве данного варианта также ниже показателей, отражающих валовое содержание калия в целинном черноземе. В верхнем 20-сантиметровом слое оно равно 1,2%, в слоях 20-40, 40-60 и 60-80 см количество данного элемента увеличилось до 1,5%.

1. Валовое содержание калия  $K_2O$  в выщелоченном черноземе при длительном применении удобрений, %

Глубина поч-вы, см	Цели-на	Конт-роль	Фон-навоз, 40 т/га	Фон + $N_{60}P_{60}K_{60}$	Фон + $N_{120}P_{120}K_{120}$	Фон + де-фекат	Дефе-кат + $N_{60}P_{60}K_{60}$	НСР <sub>05</sub>
0-20	2,0	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	3,0	0,11
20-40	2,0	1,0	1,5	2,0	2,5	2,0	3,0	0,21
40-60	2,0	1,2	1,5	2,5	2,5	2,0	3,0	0,16
60-80	1,5	1,0	1,5	2,5	2,5	2,5	3,0	0,10
80-100	2,5	1,5	1,2	2,5	2,5	3,0	2,5	0,12
НСР <sub>05</sub>	0,25	0,20	0,10	0,21	0,10	0,24	0,12	

Длительное применение органоминеральных систем удобрения способствовало ощутимому возрастанию валового содержания калия в исследуемых слоях почв вариантов. Как видно из таблицы 1, содержание калия в верхнем 20-сантиметровом слое почвы варианта фон +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  равно 1,2%. В слое 20-40 см оно возросло до 2,0%. Вся нижележащая толщина профиля данной почвы характеризуется очень высокой степенью обеспеченности этим элементом – 2,5%. Существенное уменьшение валового содержания калия связано с потреблением этого элемента возделываемыми сельскохозяйственными культурами и элювированием калия вместе с истыми и коллоидными частицами.

Аналогичная, еще более выраженная картина высокой аккумуляции калия наблюдается в почве варианта фон +  $N_{120}P_{120}K_{120}$ . Здесь в самом верхнем 20-сантиметровом слое содержание калия снижено до 2,0%, а во всех нижележащих слоях профиля данной почвы валовое содержание калия 2,5%. Таким образом, в почвах вариантов, в которых применяли совместно органические и минеральные удобрения, произошло ощутимое накопление соединений калия. Аккумуляция более высокого количества калия способствовали процессы аградации (достройка кристаллической решетки) глинистых минералов в почвах, в которые систематически вносят высокие дозы калийных удобрений (Чижикова, 1991).

2. Запасы калия в выщелоченном черноземе при длительном применении удобрений, т/га

Глубина поч-вы, см	Цели-на	Конт-роль	Фон-навоз, 40 т/га	Фон + $N_{60}P_{60}K_{60}$	Фон + $N_{120}P_{120}K_{120}$	Фон + дефе-кат	Дефе-кат + $N_{60}P_{60}K_{60}$
0-20	48	29	29	29	48	48	72
20-40	50	25	38	50	63	50	75
40-60	52	31	39	65	65	53	78
60-80	40	40	40	68	68	68	81
80-100	70	42	34	70	70	84	70
0-50	124	70	86	112	144	124	186
0-100	260	167	180	282	314	303	376

В почвах вариантов, в которых испытывали дефекат, валовое содержание калия зависит от того, с каким удобрением вносили дефекат. Применение дефеката на фоне навоза способствовало возрастанию содержания валовой формы калия в пределах всего почвенного профиля в сравнении с фоновым вариантом. Так, в пределах 60-сантиметровой толщи количество калия составляет 2%  $K_2O$ . В слоях 60-80 и 80-100 см наблюдается возрастание содержания валовой формы этого элемента до 2,5-3,0%. Такое высокое количество элемента в нижних горизонтах можно объяснить только процессами иллювиального накопления ила в более глубоких слоях почвенного профиля. В почве варианта дефекат +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  содержание калия наиболее высокое – 3,0%, в слое 80-100 см оно снижалось до 2,5%. Такие существенные различия в валовом содержании калия можно объяснить только процессами почвообразования, при которых в одних почвах усиливались хозяйственный вынос калия и нисходящая миграция калийных соединений за пределы метровой толщи. В других почвах, наоборот, протекали такие процессы, при которых наблюдалась аккумуляция соединений калия в пределах метровой толщи.

В соответствии с неодинаковым валовым содержанием калия, в этих почвах различались и запасы данного элемента (табл.2). Как видно из таблицы 2, послойные запасы калия в 60-сантиметровой толще целинного чернозема изменяются от 48 до 52 т/га  $K_2O$ . В слое 60-80 см они снижены до 40 т/га и были наиболее высокими (70,0 т/га  $K_2O$ ) в слое 80-100 см. Суммарные запасы этого элемента в метровом слое равнялись 260 т/га. Особенно низкий уровень аккумуляции калия в почве контрольного варианта. В профиле этой почвы послойные запасы изменяются с глубиной от 28,8 т/га  $K_2O$  в слое 0-20 см до 42 т/га в слое 80-100 см. Суммарные запасы калия в слое 0-100 см составили всего лишь 167,5 т/га  $K_2O$ . В почве фонового варианта запасы калия примерно такие же, как и в почве контрольного варианта.

Очень высокие послойные запасы калия сосредоточены в почвах вариантов, в которых испытывали органоминеральные системы удобрения. Так, в почве варианта фон +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  при низком уровне аккумуляции калия запасы его в слое 0-20 см составили 29 т/га, в слое 20-40 см они возросли до 50,0 т/га, а в более глубоких слоях почвы этого варианта – 65-70 т/га  $K_2O$ . Суммарные запасы этого элемента в метровом слое этой почвы 282 т/га  $K_2O$ . Еще более выраженное накопление калия наблюдается в почве другого варианта, в котором испытывали более насыщенную органоминеральную систему удобрения. В этой почве практически все исследованные слои профиля имеют высокий уровень аккумуляции калия. Начиная со слоя 20-40 см, послойные запасы калия в этой почве изменяются с глубиной от 63 до 70,0 т/га, обеспечивая наиболее высокий уровень аккумуляции этого элемента в метровой толще – 314,0 т/га  $K_2O$ .

Использование дефеката на фоне как органических, так и минеральных удобрений, обусловило формирование высокого уровня аккумуляции калия. Так, в почве варианта фон + дефекат при суммарном запасе калия в метровой толще, равном 303 т/га, послойные запасы в толще 80 см изменялись с 48,0 т/га в слое 0-20 см до 68 т/га  $K_2O$  в слое 60-80 см. Самые высокие запасы калия сосредоточены в почве варианта дефекат +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 376 т/га  $K_2O$ .

Наряду с определением общего уровня аккумуляции калия, нас интересовало как идут процессы мобилизации калийных соединений почв под действием применяемых удобрений и дефеката. Для этого применяли два метода: метод Мачигина, в котором использовали в качестве вытеснителя 1%-ный раствор карбоната аммония при соотношении почва : раствор = 1 : 20, и метод Чирикова, в котором в качестве экстрагента применяли 0,5 н.  $CH_3COOH$  при соотношении почва : раствор = 1 : 25.

### 3. Содержание основных групп соединений калия в выщелоченном черноземе, мг $K_2O/100$ г почвы

Глубина поч-вы, см	Це-лина	Кон-троль	Фон-навоз, 40т/га	Фон + $N_{60}P_{60}K_{60}$	Фон + $N_{120}P_{120}K_{120}$	Фон + дефека-т	Дефекат + $N_{60}P_{60}K_{60}$	НСР <sub>05</sub>
<i>Подвижные (обменные) соединения калия (метод Мачигина)</i>								
0-20	24,4	20,0	20,0	19,4	22,4	21,6	24,4	3,05
20-40	18,4	17,0	17,6	17,6	17,0	17,0	18,4	2,50
40-60	17,0	16,6	17,0	15,4	16,4	15,4	17,0	1,95
60-80	15,4	15,4	16,6	15,4	15,4	11,6	15,4	1,78
80-100	14,6	15,4	16,6	12,6	13,8	9,8	14,6	1,81
НСР <sub>05</sub>	3,06	2,46	2,83	2,23	1,78	1,91	1,87	
<i>Подвижные (обменные) соединения калия (метод Чирикова)</i>								
0-20	15,7	21,0	13,2	23,7	21,0	19,2	15,7	2,31
20-40	10,0	10,0	11,2	18,2	14,0	14,0	11,0	1,87
40-60	8,2	11,2	12,0	13,2	13,2	13,2	12,0	1,54
60-80	10,0	11,2	10,0	13,2	12,0	12,0	12,0	1,67
80-100	10,0	10,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	1,93
НСР <sub>05</sub>	1,26	2,01	1,59	2,31	2,09	2,10	2,29	
<i>Гидролизующие (необменные) соединения калия (2 М HCl, метод Пчелкина)</i>								
0-20	71	69	64	80	73	82	71	13,43
20-40	66	55	61	71	71	69	63	11,45
40-60	66	61	61	64	71	66	65	12,82
60-80	60	61	64	64	71	64	65	12,32
80-100	58	61	66	61	63	55	60	12,78
НСР <sub>05</sub>	15,21	15,10	11,57	12,59	12,0	11,97	12,35	

Как видно из таблицы 3, содержание подвижных соединений калия (метод Мачигина) в почвах изучаемых вариантов изменяется в зависимости от применяемых удобрений незначительно. Если проанализировать количество этих соединений в слое 0-20 см, то несколько больше их только в почве варианта фон +  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , а также в почве вариантов, в которых испытывали дефека-т. Содержание подвижных (обменных) соединений калия, извлекаемых углекислотной вытяжкой, здесь колеблется от 22,4 до 24,4 мг/100 г. Отсутствие существенных различий в содержании данных соединений калия по вариантам опыта можно объяснить высоким потреблением калия возделываемыми культурами, а также возможной фиксацией катионов калия минералами с расширяющейся кристаллической решеткой. В слое 20-40 см содержание данной группы соединений калия снижено до 17 мг  $K_2O/100$  г. При этом количество соединений К в зависимости от применяемых удобрений практически не изменилось. Этот метод использовали потому, что в отдельные годы восходящая миграция карбонатов кальция может достигать горизонта 40-60 см.

В настоящее время для определения подвижных (обменных) соединений калия в выщелоченных черноземах рекомендуют метод Чирикова, в котором растворителем калийных соединений является 0,5 М раствор уксусной кислоты. Данные о содержании подвижных (обменных) соединений калия, определенных по методу Чирикова, представлены в таблице 3.

Из таблицы видно, что количество подвижных (обменных) соединений калия по группе обеспеченности (метод Чирикова) характеризует почвы всех вариантов как с повышенным и высоким содержанием в них соединений калия. В слое почвы

0-20 см в контрольном варианте содержание подвижных (обменных) соединений калия высокое (21 мг  $K_2O/100$  г), в то время как в этом же горизонте в фоновом варианте оно снизилось до 13,2 мг  $K_2O/100$  г. Такую разницу в показателях содержания данной группы калийных соединений можно объяснить тем, что в почве контрольного варианта калий почвенных запасов не мог использоваться в значительном количестве из-за получения низких урожаев возделываемых сельскохозяйственных культур. При использовании навоза в фоновом варианте урожайность культур повышалась, возрастал и хозяйственный вынос этого элемента. Однако, вносимый с навозом калий в меньшей степени закреплялся минеральными частицами из-за обволакивания последних пленками гумусовых веществ, образованных из навоза.

Применение минеральных удобрений, в составе которых были и калийные, способствовало существенному увеличению содержания подвижных (обменных) соединений калия в слоях 0-20 и 20-40 см по сравнению с содержанием данных соединений калия в этих горизонтах почвы фонового варианта. Накопление подвижных соединений калия в данных горизонтах почв рассматриваемых вариантов опыта связано с постоянным ежегодным внесением калийных удобрений. Применение дефека-та привело к тому, что содержание подвижных соединений калия в слое 0-20 см уменьшилось, особенно в почве варианта дефека-т +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (15,7 мг  $K_2O/100$  г). Причина такого уменьшения количества соединений калия очевидно связана с тем, что кальций дефека-та мог вытеснять катионы К из обменного состояния. В почве целинного участка содержание подвижных (обменных) соединений калия также ниже, чем на удобренных вариантах.

Гидролизующие соединения калия определяли по методу В.У. Пчелкина (1966), используя в качестве кислотного гидролизата 2 М HCl. В данную группу соединений калия входит калий, находящийся в межпакетных пространствах глинистых минералов, имеющих лабильную кристаллическую решетку (Горбунов, 1978). Рано или поздно, прямо или косвенно в процесс питания растений вовлекаются все формы соединений почвенного калия. Поэтому при характеристике калийного состояния почв нужно учитывать не только легкоподвижные, но и условно подвижные соединения калия. Они служат резервом пополнения обменного катиона калия в почве, а также определяют способность почв к восстановлению катиона калия из резервных соединений.

Данные по содержанию необменного (гидролизующего) катиона калия так же приведены в таблице 3. Как видно из этой таблицы, содержание необменного катиона калия в почвах изучаемых вариантов высокое. Оно колеблется в верхних горизонтах от 64 до 82 мг  $K_2O/100$  г почвы. Более высокое оно в почве вариантов фон +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и фон + дефека-т - 80-82 мг  $K_2O/100$  г. В почве других вариантов количество этих соединений калия изменяется незначительно (64-71 мг  $K_2O/100$  г). В горизонте 20-40 см содержание необменного катиона калия ниже на 3-13 мг  $K_2O/100$  г. В нижеследующих горизонтах обеспеченность этой группой соединений калия находится на том же уровне, что и в горизонте 20-40 см.

Для выявления относительного суммарного содержания подвижных (метод Чирикова) соединений калия и необменного катиона калия определяли доли этих соединений в валовом содержании калия в почвах изучаемых вариантов (табл. 4).

### 4. Относительная доля суммарного содержания подвижных соединений калия (метод Чирикова) и необменного катиона, % от валового содержания калия

Глубина поч-вы, см	Целина		Контроль		Фон - навоз, 40т/га		Фон + $N_{60}P_{60}K_{60}$		Фон + $N_{120}P_{120}K_{120}$		Фон + дефека-т		Дефека-т + $N_{60}P_{60}K_{60}$	
	мг/100 г	%	мг/100 г	%	мг/100 г	%	мг/100 г	%	мг/100 г	%	мг/100 г	%	мг/100 г	%
0-20	86,7	4,3	90,0	7,5	77,2	6,4	127,5	10,6	94,0	4,7	101,2	5,1	86,7	2,9
20-40	76,0	3,8	65,0	6,5	72,2	4,8	89,2	4,5	85,0	3,4	83,0	4,2	74,0	2,5
40-60	74,2	3,7	72,2	6,0	73,0	4,9	77,2	3,1	84,2	3,4	79,2	4,0	77,0	2,6
60-80	70,0	4,7	72,2	4,8	74,0	4,9	77,2	3,1	83,0	3,3	76,0	3,0	77,0	2,6
80-100	68,0	2,7	71,0	4,7	78,0	6,5	73,0	2,9	75,0	3,0	67,0	2,2	72,0	2,9

Как видно из таблицы 4, в целинном черноземе доля наиболее мобильных соединений калия, представляющих близкий резерв калия для потребления растений, колеблется по изучаемым слоям от 2,7 до 4,7 %. При этом можно отметить, что доля этих соединений в самом верхнем 0-20 см слое почвы более высокая (4,3 %), а в слое 80-100 см – самая низкая (2,7 %). Такие различия в относительной обеспеченности данной группой калийных соединений в целинном черноземе связаны с неодинаковым содержанием валового калия в разных горизонтах почвы.

Содержание наиболее подвижных соединений калия в почве контрольного и фоновых вариантов возросло, что связано с существенным уменьшением в почвах данных вариантов валового содержания этого элемента. При этом отчетливо видна зависимость, при которой доля мобильных соединений калия (близкий резерв) в самых верхних слоях более высокая – 6,4-7,5 %.

Длительное применение органоминеральных систем удобрения обеспечило, как показано ранее, достаточно высокие запасы калия. В этой связи, относительная доля мобильных соединений калия, несмотря на их возрастание, снизилась в преобладающей части профиля этих почв до 3,0-4,5 %. Исключение представляет слой почвы 0-20 см варианта фон +  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , в котором доля близкого резерва калийных соединений была наиболее высокой – 10,6 %. В почве варианта фон + дефекат доля мобильных соединений калия изменяется по профилю от 5,1 % в самом верхнем 20-сантиметровом слое до 2,2 % в слое 80-100 см. В связи с очень высокими валовыми запасами калия в почве варианта фон +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  относительная доля этой группы соединений калия, определяющих близкий резерв калия в почве, изменяется по профилю почвы от 2,9 до 2,5 %. Это самые низкие относительные показатели участия мобильных соединений калия в общем фонде калийных соединений данной почвы.

**Выводы.** Содержание калия в целинном черноземе изменяется по профилю от 1,5 до 2,5 %. Использование чернозема без удобрений привело к снижению валового содержания калия, а длительное применение удобрений ощутимо увеличивало его. Содержание обменного катиона калия (метод Мачигина) в почвах изучаемых вариантов изменяется незначительно. Более существенные изменения наблюдаются в содержании подвижных соединений калия, определенных по методу Чирикова. Применение органоминеральных систем удобрения способствовало увеличению данной группы со-

единений калия. Содержание необменного катиона калия в почвах исследуемых вариантов высокое – 64-82 мг  $K_2O/100$  г почвы. Более высокое оно в почвах вариантов фон +  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , фон +  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , фон + дефекат – 80-82 мг  $K_2O/100$  г почвы.

Доля мобильных соединений калия (обменный и необменный катионы) в составе калийного фонда изменяется в целинном черноземе от 2,7 до 4,3% с максимумом в слое 0-20 см. Доля этих соединений в общих запасах калия более высокая в почвах контрольного и фоновых вариантов (4,7-7,5 %), чем в целинном черноземе. Длительное применение органоминеральных систем удобрения и дефеката привело к значительному снижению этого показателя (2,3-3,4 %).

#### Литература

- Пивоварова Е.Г. Калийное состояние почв и его моделирование в условиях Алтайского края. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 160 с.
- Адерихин П.Г., Беляев А.Б. Калий, его содержание, формы и распределение в почвах Центрально-Черноземных областей // Почвоведение. – 1973. – №10. – С. 99-106.
- Адерихин П.Г., Беляев А.Б. Запасы калия в почве ЦЧО и выделенных из них фракциях. // Научные доклады высшей школы (Биологические науки), 1971. – № 3. – С. 112-115.
- Перевалов М.И., Поддубный Н.Н. Формы калия в гранулометрических фракциях черноземов Саратовской области // Доклады ТСХА, 1974, вып. 198. – С. 93-97.
- Перевалов М.И., Поддубный Н.Н. Запасы и распределение калия в дерново-подзолистой и черноземной областях // Известия ТСХА. – 1974.
- Середина В.П. Калий в автоморфных почвах на лессовидных суглинках. – Томск: Изд-во ТГУ, 1984. – 215 с.
- Загузина Н.А. Содержание и формы соединений элементов питания в целинных и пахотных почвах Бурятии // Автореф. дисс. к. с.-х. н. – Л. – Пушкин, 1977. – 17 с.
- Чижикова Н.П., Градусов Б.П., Травникова Л.С. Минералогический состав глинистого материала. // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т. 1: Биогеоценология и их компоненты. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 159-163.
- Пчелкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения. – М.: Колос, 1966. – 366 с.
- Шевчук В.Е., Степанов А.Г., Долгополов А.А. Содержание подвижного калия в почвах юго-востока Центральной области и факторы его определяющие // Почвы Восточной Сибири и повышение их плодородия: Сб. научн. трудов. – Иркутск, 1979. – С.125-134.
- Кононова Г.М., Бутякин В.В. Термодинамическая оценка калийного состояния дерново-подзолистых супесчаных почв Теньгушевского района республики Мордовия. // 24-е Огаревские чтения. – Саранск, 1995. – С. 168-169.
- Прокошев В.В. Калий и некоторые проблемы экологии // Почвы – национальное достояние России: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. Кн. 1, 2004. – 286 с.
- Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – С. 61-68.
- Горбунов Н.И. Минералы и плодородие почв // Агрохимия. – 1965. – № 7.

## POTASSIUM FORMS IN LEACHED CHERNOZEM OF THE CENTRAL CHERNOZEMIC ZONE UNDER LONG-TERM USE OF DIFFERENT FERTILIZING SYSTEMS

I.N. Donskih<sup>1</sup>, Mustafa Mashhoor Isra<sup>1</sup>, N.G. Myazin<sup>2</sup>, Ashram Mazen Jumah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe sh. 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601 Russia

<sup>2</sup>Voronezh State University, pl. Universitetskaya 1, Voronezh, 394006 Russia

The total potassium content in virgin chernozem was found to vary from 1.5 to 2.5%. The use of chernozem without fertilization resulted in an insignificant decrease in the content of potassium, and the long-term use of fertilizers increased it. The portion of mobile (exchangeable and unexchangeable) forms in the potassium pool varied in virgin chernozem from 2.71 to 4.67% with a maximum in the 0- to 20-cm layer. Higher proportions of these K compounds (5.0-7.5 %) were found in the soils of the control and background treatments. The long-term application of organo-mineral fertilizers and defecation residues significantly decreased this parameter.

Keywords: leached chernozem, fertilizing system, total potassium, exchangeable potassium, unexchangeable potassium, Central Chernozemic zone.