

ницы по клеверу 1-го г.п. –  $N_{90} - 13,0$  кг,  $P_{90} - 12,7$ ,  $K_{90} - 13,1$  кг/кг. Сложившаяся в опыте эффективность азотных удобрений несколько выше, чем базовая, установленная в среднем для дерново-подзолистых почв [1, 2, 4] и близка по уровню окупаемости для пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии. При этом окупаемость фосфорных и калийных удобрений в опыте существенно выше базовой.

Окупаемость удобрений на ячмене составляла для  $N_{80} - 17,5$  кг/кг,  $P_{60} - 20,5$ ,  $K_{80} - 14,6$  кг/кг, на овсе, соответственно, 13,7, 12,8 и 11,5 кг/кг.

На почве повышенной степени окультуренности (оп. СШ-8) окупаемость удобрений урожаем на озимой пшенице по травам была сравнительно невысокой: по  $N_{90} - 5,7$  кг/кг,  $P_{100} - 4,2$ ,  $K_{130} - 8,8$  кг/кг. На озимой пшенице по раннему картофелю – значительно выше по азоту и фосфору –  $N_{90} - 20,0$  кг/кг,  $P_{100} - 8,9$ ,  $K_{130} - 8,8$  кг/кг.

Окупаемость удобрений на ячмене также была достаточно высокой по азоту  $N_{80} - 14,9$  кг/кг и незначительной по фосфору и калию, где при  $P_{100} - 2,4$  кг/кг,  $K_{100} - 3,3$  кг/кг.

На почве высокой степени окультуренности (оп. СД-1) эффективность азотного и калийного удобрений из схемы опыта не вычленяется. Влияние фосфора на озимой пшенице – слабо положительное; окупаемость при  $P_{60} - 3,0$  кг/кг; на ячмене – слабо отрицательное – минус 4,2 кг/кг.

**Заключение.** Исследование влияния минеральных удобрений на урожайность и окупаемость урожаем зерновых культур в севооборотах на дерново-подзолистой суглинистой почве разной степени окультуренности показало:

- на почве среднего уровня окультуренности урожайность озимой пшеницы, ячменя и овса повышалась под влиянием азотных, фосфорных и калийных удобрений, в

парных и тройных сочетаниях доз под озимую пшеницу  $N_{90}$ ,  $P_{90}$ ,  $K_{90}$ , под ячмень и овес  $N_{80}$ ,  $P_{60}$ ,  $K_{80}$ . В среднем за 3 года оплата 1 кг удобрений урожаем озимой пшеницы составляла 8-9 кг, ячменя – 10-11 и овса – 7-8 кг. В отдельные наиболее урожайные годы окупаемость НРК по последдействию навоза достигала 11-13 кг/кг по пшенице, 14-16 – по ячменю и 12-15 кг/кг – по овсу;

- на почве повышенного уровня окультуренности при умеренных дозах  $N_{70,90}$ ,  $P_{80,100}$ ,  $K_{80,130}$  и достаточно высоком уровне урожайности озимой пшеницы по многолетним травам и раннему картофелю на контроле оплата удобрений не превышала, соответственно, 3,5-5,5 кг/кг и 6,4-7,5, в отдельные годы – до 7,3-9,3 кг/кг при дозах  $N_{60,80}$ ,  $P_{70,100}$ ,  $K_{70,100} - 32-33$  ц/га. По ячменю при дозах  $N_{60,80}$ ,  $P_{70,100}$ ,  $K_{70,100}$  и сочетаниях НР и НК – в среднем 8,3 и 8,8 кг/кг, по НРК – 6,5 и 7,1, в отдельные годы – по НК и НР – до 12,1 – 16,5, по НРК – 11,5 – 11,6 кг/кг;

- на почве высокой степени окультуренности по озимой пшенице, по викоовсу при дозе  $N_{90}K_{90}$  (фосфорное удобрение не эффективно) окупаемость удобрений составила 7,5 кг/кг, в отдельный год повышалась до 14,7 кг/кг. По ячменю при дозе  $N_{60}K_{90} - 7,8$  кг/кг, в наиболее урожайном году повышалась до 16,1 кг/кг.

#### Литература

1. Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., Завалин А.А. и др. Прогноз потребности и платежеспособного спроса сельского хозяйства Российской Федерации на минеральные удобрения до 2020 года. – М.: ВНИИА, 2011. – 52 с.
2. Сычев В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2013. – 296 с.
3. Трофимов С.Н., Коваленко А.А. Фосфорное состояние и изменение плодородия дерново-подзолистой почвы в длительных полевых опытах // Агрохимия. – 2017. – №8. – С. 3-15.
4. Шафран С.А. Влияние агрохимических свойств почв России на эффективность минеральных удобрений. // В сб. Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий. – М.: ВНИИА, 2011. – С 31-46.

## INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON YIELD AND PAYBACK INCREASE IN GRAIN CROPS

A.A. Kovalenko, T.M. Zabugina

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia,  
E-mail: kovalhud@mail.ru, tanzab58@mail.ru.

*The results of the study of the influence of mineral fertilizers on the yield and payback of fertilizers by the grain crop yield in the case of organic-mineral and mineral fertilizer systems in crop rotation on sod-podzolic soil of the Moscow region of different degrees of cultivation are presented. The most effective fertilizer systems, in terms of grain yield and paying for fertilizers with crop, have been established, depending on the level of cultivation of the soil.*

*Key words: crop rotation, soil cultivation, fertilizer system, crop fertilizer payback*

## КАЛИЙНЫЙ ФОНД ЧЕРНОЗЕМОВ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ

А.А. Лукманов, к.б.н., Центр агрохимической службы «Татарский»,  
420059, г.Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 120, e-mail: [agrohim\\_16\\_1@mail.ru](mailto:agrohim_16_1@mail.ru)

Дана оценка во временном ряду (1970-2017 г.) Буинского муниципального района Республики Татарстан содержания калия по каналам поступления и отчуждения относительно его валовых запасов в пахотном горизонте черноземов. В балансовых расчетах доля минеральных удобрений составляет 1,20% от валовых запасов калия пахотного горизонта, доля органических удобрений – 0,95%. В статье расходов калия ведущая роль принадлежит отчуждению его в составе урожая – 4,5%. На повышение плодородия пахотного горизонта до 30 см расходуется 0,20% калия. В начале наблюдения содержание обменного калия равно 0,62% от валовых его запасов, а в конце наблюдения – 0,72%. Отрицательный баланс калия под яровой пшеницей составляет 1660,1 кг/га, что означает ежегодное использование калия из необменного фонда 10 мг/кг калия.

Ключевые слова: водорастворимый, обменный, фиксированный калий, выветривание пород и минералов, необменный фонд калия, баланс, оценка, чернозем.

Сельскохозяйственные культуры используют в основном водорастворимый и обменный калий [1-9]. Первичным источником этих двух форм доступного для корневой системы растений элемента является содержащийся в составе горных пород и минералов калий, сосредоточенный в твердой фазе почв. По данным А.П. Виноградова [10], среднее содержание калия в земной коре равно 2,60 %, а в почвах – 1,37%. Калий сосредоточен в многочисленных минералах, их количество достигает 109 %, до 75% которых формируется в условиях гипергенеза, преобладающих на земной поверхности. Калий содержится в основном в частицах диаметром более 0,001-0,002 мм.

К первичным калийсодержащим минералам относятся полевые шпаты, содержащие 10-12% этого элемента, калийные слюды с трехслойной структурой (мусковит – 10%, биотит – 8% и др.). В процессе выветривания и почвообразования они неустойчивы в условиях земной поверхности, являются основой для вторичных глинистых минералов диаметром менее 0,001 мм, обладающих большой емкостью поглощения, наряду с гумусом они служат источником поступления минеральных элементов питания [11]. К ним относятся минералы ряда каолинита, гидрослюда, монтмориллонита, смешанослойных групп и хлорита. Так, полевые шпаты при выветривании проходят через ряд стадий, последовательно превращаясь в серицит, гидрослюды, монтмориллонит, каолинит [1]. Аналогична трансформация: слюды (10% калия) – гидрослюды (6-8%) – иллит – (4-6%) – смешанослойные минералы (3%) – монтмориллонит, вермикулит (менее 1%) [4].

Водорастворимый и обменный калий селективно используется корневой системой растений; внедряется в почвенный поглощающий комплекс; переходит в обменный фонд, внедряясь в межпакетные, тетра- и октаэдрические структуры глинистых минералов [1]. Скорость этих процессов определяется природными условиями, что включает содержание калия в земной коре и почвах, химические свойства, состояние окружающей среды (почва, климат, растительность и др.) и особенности хозяйственной деятельности [2, 5, 6]. Подвижность соединений калия в водной среде обеспечивает их мобильность, способность внедрения и обмена с почвенной коллоидной системой, а его биофильность определяет условия быстрого захвата катионов калия корневой системой растений, что создает стабильное состояние его содержания и относительно слабую потерю на земной суше [12].

Калий в почвах России содержится в значительном количестве – до 2-3%, что позволяет говорить о высокой обеспеченности наших почв его валовыми формами. В действительности песчаные и супесчаные разновидности содержат  $1,20 \pm 0,14\%$  калия, а тяжелосуглинистые и глинистые –  $2,23 \pm 0,10\%$  от валового калия. По мере движения на юг обеспеченность зональных почв этим элементом возрастает и сероземы содержат его  $2,29 \pm 0,09\%$ . В красноземах (Западная Грузия) содержание калия уменьшается до  $0,70 \pm 0,11\%$ , что связано, безусловно, с достаточно высокой скоростью выветривания горных пород [1].

Скорость процесса выветривания горных пород зависит от обеспеченности теплом, влагой и условий

аэрации, а выраженность этого процесса служит критерием оценки почвенного плодородия. В связи с этим R.E. Storie [13] разделяет почвы по содержанию невыветрелых горных пород: более 5% и менее 5%.

Мобильность данного элемента также определяет количество осадков и влажность почвенного профиля. Так, отмечают [5] перемещение калия как при положительном, так и при отрицательном балансе этого элемента в нижние иллювиальные горизонты почв. Степень подвижности калия также зависит от гранулометрического состава, pH вытяжки и емкости поглощения.

Наряду с мобильностью этого элемента наблюдается иммобилизация, т.е. переход водорастворимого и обменного калия в менее подвижные формы, что именуется как трансформация подвижных форм калия в «необменное фиксированное» состояние и, в благоприятных условиях, обратно – в водорастворимые и обменные формы. Все исследователи калия отмечают наличие этого процесса, особенно в обрабатываемых почвах [1-6, 10, 14]. Размер выноса калия (мобилизация) из необменного его фонда В.Г. Сычев и Л.В. Никитина [14] оценивают в 39,5-61,6 кг/га, или в 89-98% от общего его выноса. В условиях орошения такая ежегодная мобилизация возрастает до 144 кг/га.

В земледелии обычно используют органические (преимущественно навоз) и калийсодержащие минеральные удобрения, что представляет дополнительный источник водорастворимой и обменной форм этого элемента [3, 6].

Краткий анализ показывает сложность и многофакторность обеспеченности почв доступным калием, установленных на основе анализа опытных площадок. Некоторые ученые [5] содержание обменного калия в пахотных почвах не считают «надежным показателем», адекватно отражающим состояние почвенного плодородия относительно калия.

Цель наших исследований – оценить влияние источников биофильного элемента калия в производственных условиях на примере пахотных почв Буинского муниципального района. Это необходимо для грамотного управления почвенным плодородием по отношению к калию при разработке научно обоснованной технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

**Методика.** Объектом исследований служат валовая и обменная формы калия в пахотных почвах Буинского муниципального района Республики Татарстан. Общая площадь сельскохозяйственных угодий района 119 481 га, среди них пахотные угодья занимают 114,5 тыс. га. В составе сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни, площадь черноземов составляет 76,8 %, среди которых преобладает подтип выщелоченных, доля лугово-черноземных почв – 4,9%. Субдоминантный тип серых лесных почв имеет площадь 10,8%, с высокой долей темно-серых лесных почв, площадь дерново-подзолистых почв менее 1%, остальную площадь – 6,6 % занимают дерново-карбонатные и аллювиальные почвы. Таким образом, состав почв представлен черноземами лесостепными и близкими к ним почвами, что позволяет пахотные почвы района рассматривать в качестве лесостепных черноземов.

Целями исследований являются также определение валового калия в пахотных почвах [15-17] и обменного калия во время мониторинга агрохимического состоя-

ния пахотных почв Центральной агрохимической станцией («ЦАС «Татарский»), получение данных о применении минеральных и органических удобрений. К анализу привлечены фактическая урожайность яровой пшеницы и ее скользящие средние. Информация охватывает 1970-2017 г., что представляет долгосрочный опыт на уровне муниципального района.

Основным методом является сравнительный (обобщение многочисленной информации временного ряда с применением математической статистики), где природные показатели (содержание валовых и обменных форм) зональных черноземов лесостепи сравнивают с факторами хозяйственной деятельности – насыщенностью пашни минеральными и органическими удобрениями.

Лабораторные определения валового калия выполнены методом спекания почв по Л. Смиту с последующими химическими методами (Аринюшкина, 1970), [19], обменного калия – методом Чирикова в модификации ЦИНАО ГОСТ 26204-91.

Данные многолетнего временного ряда обработаны методом математической статистики с применением компьютерной прикладной программы «Statistica».

**Результаты и их обсуждение.** Субстратом формирования для всех зональных почв муниципального района являются четвертичные отложения в основном делювиального происхождения. Пахотные почвы республики содержат в среднем 1,79-1,93% оксида калия. Его содержание дифференцируется в зависимости от типовой принадлежности почв и четко прослеживается повышение его концентрации по мере продвижения с севера на юг (1,46-2,83%), согласуясь с распределением атмосферных осадков в этом направлении (табл. 1).

**1. Статистические параметры содержания валового калия тяжелосуглинистых разновидностей зональных пахотных почв\*, % (по [18])**

Почвы, горизонт	n	Min.	Max.	M	$\sigma$	$\pm m$	C
Дерново-подзолистые, $A_{пах}$	6	1,46	2,35	1,79	0,178	0,073	10,0
Серые лесные, $A_{пах}$	12	1,47	2,83	1,87	0,359	0,104	19,2
Черноземы лесостепные, $A_{пах}$	8	1,57	2,35	1,93	0,247	0,087	12,8
Все почвы, $A_{пах}$	26	1,46	2,83	1,84	0,214	0,042	11,6

\* n, Min., Max., M,  $\pm m$ ,  $\sigma$ , C – означают, соответственно, число вариантов, минимальные и максимальные значения содержания валового калия, среднюю ошибку арифметической средней, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации.

По В.В. Добровольскому [12], осадочные породы содержат в среднем 2,0% калия. Последующее его содержание в почвах определяется скоростью процесса выветривания (разложения) горных пород. В лесостепной зоне этот процесс несколько замедлен из-за умеренной обеспеченности теплом и атмосферными осадками, что обуславливает значительное количество невыветренных пород и минералов в минеральной части зональных почв.

Несмотря на элиминирование влияния гранулометрического состава (анализируются суглинистые и глинистые разновидности), наблюдается дифференциация зональных почвенных типов по содержанию калия, которое выше в черноземах, чем в дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Это согласуется с географией

распределения почв на местности и с коэффициентом их увлажнения.

По [1] калий в почвах представлен в следующих формах: водорастворимый, обменный, труднообменный, или резервный, а также фиксированный, необменный, нерастворимый алюмосиликатов, калий органической части почвы (микробы, органические остатки).

Среди этих форм калия наиболее изменчивы водорастворимые и обменные формы, они служат основой питания культур и соответственно больше отчуждаются ими из почвы. К тому же в современных условиях при выращивании сельскохозяйственных культур используют органические и минеральные удобрения, что является дополнительным элементом минерального питания.

Несмотря на постоянное отчуждение этого макроэлемента, в экстенсивном земледелии, по данным первого тура обследования, в пахотных почвах преобладает высокая степень обеспеченности калием, которая за годы наблюдений варьирует в диапазоне 31,1-59,8%. Группа почв с повышенным его содержанием составляет 15,9-37,7%, а с очень высокой обеспеченностью этим элементом – 2,2-30,6% от общей площади пашни. Доля остальных групп обеспеченности калием небольшая. Средневзвешенное содержание обменного калия колеблется от 120,4 до 141,8 мг/кг почвы с тенденцией к небольшому росту к последнему туру (табл. 2).

Для последующего анализа за эталон содержания валового калия принято его содержание в пахотном горизонте (0-30 см) черноземов, где оно составляет 66585 кг/га, или 19300 мг/кг почвы. Такое количество  $K_2O$  достаточно для формирования 2663,4 т яровой пшеницы.

В масштабе района за изучаемый период (1970-2017 гг.) на каждый гектар пашни внесли 3993,2 кг д.в. минеральных удобрений, в составе которых 20% калийных [20], или 798,7 кг д.в. калия. По отношению к эталону доля калийных минеральных удобрений составляет 1,2% (табл. 3).

**2. Динамика средневзвешенного содержания обменного калия, мг/кг почвы, в пахотных почвах Буинского муниципального района РТ, % от площади пашни**

Тур обследования, год площадь, тыс. га	Очень низкое	Низкое	Среднее	Повышенное	Высокое	Очень высокое	Ср. взвешенное $K_2O$
I – 1965 – 103,4	0,1	3,4	5,9	16,2	59,8	14,6	136,8
II – 1970 – 114,5	0,3	6,7	8,2	28,6	54,0	2,2	120,4
III – 1980 – 114,3	0,0	1,0	5,8	15,9	56,5	20,8	141,7
IV-1987- 114,1	0,0	1,2	11,4	37,7	37,7	12,0	123,0
V- 1992 – 113,2	0,0	0,3	8,0	33,7	40,5	17,5	130,8
VI – 1998- 113,1	0,0	0,5	6,8	31,0	31,1	30,6	136,9
VII – 2004 – 89,5	0,1	0,4	6,4	25,5	46,6	21,0	137,1
VIII – 2009 -97,8	0,1	0,9	3,4	22,9	47,8	24,9	141,8
IX – 2014 -103,0	0,0	0,1	5,6	26,8	43,3	24,2	138,8

Одновременно в качестве традиционного органического удобрения используют навоз. Отсюда, каждый гектар пашни получил 126,5 т навоза, в составе которого в почву внесено 632,5 кг д.в. этого элемента (из расчета 5 кг калия в 1 т), что составляет лишь 0,95 % от эталонных данных. Таким образом, приходная статья калия в пахотные почвы в составе минеральных и органических удобрений равна 1431,2 кг д.в./га, что составляет 2,15% от эталона.

Все формы калия в пахотных почвах находятся в постоянной динамике, расходные его статьи представле-

ны отчуждением с урожаем яровой пшеницы, водной эрозией, расходами на повышение почвенного плодородия. За данный период выращено 1296,3 ц/га зерна, в составе которого отчуждено из почвенных запасов 3000,8 кг д.в/га калия, или 5,51% от эталона.

Другими статьями расхода калия из почвы является удаление его обменной части в составе почвенной суспензии и мелкозема, выносимого водной эрозией. Из эродированной площади пашни (10 т/га мелкозема при эрозии и в расчете на всю площадь пашни) отчуждено 27,0 кг д.в/га калия, что составляет 0,06 % от эталона.

Состояние обеспеченности обменным калием динамично, как отмечалось, оно имеет общую тенденцию к повышению. С 1970 г. к последнему туру обследования содержания обменного калия повысилось на 18,4 (138,8-120,4) мг/кг почвы, или на 63,5 кг/га. На такое повышение обменного калия в пахотном горизонте расходы составляют 0,10% от эталона (табл. 3).

**3. Сравнительная оценка содержания калия в пахотном горизонте черноземов (0-30 см) (в среднем за 1970-2017 г.)**

Показатель	Содержание K <sub>2</sub> O		
	кг/га	мг/1000 г	%
Валовой K <sub>2</sub> O	66585	19300	100
Положительная статья баланса:			
минеральные удобрения	798,7	232	1,20
органические удобрения	632,5	183	0,95
Сумма	1431,2	415	2,15
Расходная статья баланса:			
отчуждение с урожаем	3000,8	869,8	4,51
водная эрозия	27,0	8,1	0,04
Повышение плодородия почв в слое:			
0-20 см	42,3	184	0,10
20-30 см	21,2	184	0,10
Сумма	3091,3	1245,9	4,75
Обменный K <sub>2</sub> O:			
в начале обследования	415,4	120,4	0,62
в конце обследования	478,9	138,8	0,72
Баланс, ±	-1660,1	481,2	-2,49

Доля обменного калия в пахотном горизонте черноземов в конце наблюдения повысилась. Такое изменение концентрации обменного калия является характерной чертой в условиях перехода от экстенсивной системы земледелия к интенсивной, даже на его начальной стадии.

**Заключение.** Основным источником фонда обменного калия в черноземах служат почвообразующие породы, при выветривании минералов которых происходит выделение подвижных форм калия. Обеспеченность обменным калием пахотных почв улучшается за счет применения удобрений, среди которых ведущее место занимают минеральные, их доля равна 1,20%, затем органические с долей до 0,95%. Однако, доля обменного калия возрастает незначительно – от 0,62 до 0,72%.

В расходных статьях баланса основное место принадлежит отчуждению калия в составе урожая яровой пшеницы. В этом процессе роль водной эрозии относительно низкая, она может заметно возрастать по мере усиления интенсивности эрозии почв и обеспеченности их этим макроэлементом.

Сравнительный анализ статей положительного баланса обменного калия (исходное состояние содержания калия, внесение удобрений – минеральных, органических) и расходных его статей (отчуждение с урожа-

ем культур, водной эрозией, расход удобрений до современного состояния и при оптимизации мощности пахотного горизонта) позволяет оценить роль каждого из них. При этом выявляется доля расходов обменного фонда калия на увеличение мощности пахотного горизонта, что ранее не рассматривалось в проведенных расчетах.

За изучаемый период баланс калия отрицательный: –1660,1 кг/га, или 48,12 мг/100 г, что составляет 2,49% от валовых его запасов. Ежегодная отрицательная расходная статья составляет 10,025 мг/100 г почвы, или округленно 10,0 мг/кг. Повышение обменного фонда калия при отрицательном хозяйственном балансе указывает на источник пополнения обменного калия при выветривании горных пород.

Изложенный материал побуждает к проведению дополнительных исследований для обоснования внесения изменений в отбор образцов и корректировки методики агрохимических обследований пахотных почв до 30 см вместо принятых 20 см в Российской Федерации.

#### Литература

1. Пчелкин В. У. Почвенный калий и калийные удобрения / В. У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – 336 с.
2. Петербургский А. В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / А. В. Петербургский. – М.: Наука, 1979. – 168 с.
3. Минеев В. Г. Агрохимия и экологические функции калия / В. Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 332 с.
4. Прокошнев В. В. Калий и калийные удобрения / В. В. Прокошнев, И. П. Дерюгин. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
5. Сычев В. Г. Возможности совершенствования градаций содержания доступного калия / В. Г. Сычев // Агрохимический вестник. – 2000. – № 5. – С.30-34.
6. Сычев В. Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В. Г. Сычев. – М.: ЦИНАО, 2003. – 228 с.
7. Якименко В. Н. Калий в агроценозах Западной Сибири / В. Н. Якименко. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 231 с.
8. Аканова Н. И. Потери питательных элементов растений / Н. И. Аканова, И. А. Шильников, А. Х. Шеуджен. – М.: LAP LAMBERT, 2015. – 502 с.
9. Ивойлов А. В. Эффективность удобрения и известкования выщелоченных черноземов / А. В. Ивойлов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2015. – 264 с.
10. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 240 с.
11. Почвоведение. В 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1: Почва и почвообразование / Г. И. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина [и др.]. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.
12. Добровольский В. В. Основы биогеохимии / В. В. Добровольский. – М.: Академия, 2006. – 398 с.
13. Storie R. E. An index for rating the agricultural value of soils / R. E. Storie // Calif. Agr. Exp. Stat. Bull. Berkeley. – 1933. – № 556. – Р. 44.
14. Сычев В. Г. Трансформация калия в почвах агроценозов без применения удобрений / В. Г. Сычев, Л. В. Никитина // Плодородие. – 2017. – № 6. – С.5-7.
15. Почвы Татарии / М. А. Винокуров, А. В. Колоскова, А. Ш. Фаткуллин [и др.]; общ. ред. проф. М. А. Винокурова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1962. – 419 с.
16. Колоскова А. В. Агрофизическая характеристика почв Татарии / А. В. Колоскова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968. – 386 с.
17. Калий в почвах Волго-Камской лесостепи / Под ред. А. В. Колосковой. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1985. – 112 с.
18. Давлятшин И. Д., Лукманов А. А. Агрохимические факторы, атмосферные осадки и урожайность яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья (на примере Пестречинского муниципального района Республики Татарстан) / Под ред. А. В. Ивойлова. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2016. – 200 с.
19. Ариунушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е издание. – М.: МГУ, 1970. – 488 с.
20. Якушкин Н. М. Аграрный сектор Татарстана в условиях рыночной экономики / Н. М. Якушкин, В. П. Васильев, Р. Н. Минниханов / Под ред. Д. И. Файзрахманова. – Казань: Изд-во КТСХА, 1997. – 316 с.

A.A. Lukmanov

Center of Agrochemical Service «Tatarskiy, Orenburgskiy trakt 120, 420059 Kazan, Russia, E-mail: [agrohimi\\_16\\_1@mail.ru](mailto:agrohimi_16_1@mail.ru)

*In the time series for 1970–2017, the Buinsky municipal district of the Republic of Tatarstan assesses the potassium content through the income and alienation channels relative to its gross reserves of the arable horizon of chernozem. In balance calculations, the share of mineral fertilizers is 1.20% of the gross potassium reserves of the arable horizon, the share of organic fertilizers is 0.95%. The expense item contains 4.5%. To increase the fertility of the arable horizon to 30 cm consumed 0.20% potassium. At the beginning of the observation, the content of exchangeable potassium is 0.62%, and at the end of the observation – 0.72%. The negative balance of potassium under iodine wheat is 1660.1 kg / ha, which means using potassium from non-exchange reserves of 10 mg / kg of potassium.*

*Keywords: water-soluble, exchangeable, fixed potassium, weathering of rock and minerals, non-exchangeable fund of potassium, balance, assessment.*

УДК 631.811.98

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПШЕНИЦЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С КОМПЛЕКСОМ АМИНОКИСЛОТ

*А.С. Пономарева, А.А. Коршунов, Т.Ю. Вознесенская,  
ФГБНУ ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, e-mail: [elgen@mail.ru](mailto:elgen@mail.ru)*

*Представлены результаты регистрационных испытаний органоминеральных удобрений на основе комплекса аминокислот на озимой и яровой пшенице в условиях Нижегородской и Ульяновской областей в 2016-2017 гг. Они показали, что применение этих удобрений для подкормки растений в период вегетации способствует повышению устойчивости к неблагоприятным факторам среды, увеличению урожайности и улучшению качества зерна. Прибавка урожая яровой пшеницы в зависимости от вида удобрения составила 4,5-11,1% в Нижегородской области, озимой пшеницы – 3,1-10,7% в Ульяновской области. Исследования разных комплексов новых инновационных форм удобрений с одинаковым набором и соотношением микроэлементов в условиях Нижегородской области на посевах пшеницы озимой в 2018 г. показали, что самая высокая продуктивность получена при использовании комплекса микроэлементов с аминокислотами в дозах 1,5 и 3,0 л/га. Прибавка урожая составила 0,45 и 0,43 т/га, или 7,8 и 7,4%, соответственно. Аналогичный результат получен при использовании аминокислот в дозе 2,0 л/га, урожайность составила 3,03 т/га при данных на контроле 2,59 т/га.*

*Ключевые слова: яровая пшеница, озимая пшеница, комплекс микроэлементов с аминокислотами, органоминеральные удобрения на основе комплекса аминокислот, урожайность, прибавка и качество урожая.*

DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.04

В последние два года Россия стала одним из крупнейших экспортеров зерна в мире, по итогам 2018 г. экспорт составил 43 млн т. В настоящее время пшеница не только стратегический продукт питания, но и главный экспортный потенциал страны. Важно сконцентрировать все современные достижения науки для повышения урожайности и качества зерновых культур. Большое значение приобретают технологические приемы, направленные на стабилизацию ростовых процессов в неблагоприятных погодных условиях, так как большинство регионов находятся в зонах рискованного земледелия, оптимизацию минерального питания растений с обязательным использованием микроэлементов.

Один из наиболее эффективных приемов возделывания зерновых культур – некорневые листовые подкормки специальными водорастворимыми комплексами удобрений, содержащими микроэлементы с аминокислотами – аминокселятами. Такие подкормки особенно эффективны в критические периоды развития, когда потребность растений в микроэлементах высока [1-4]. Аминокислоты являются одними из самых активных составляющих метаболизма, участвуя в разнообразных биохимических процессах, в синтезе белковых и ростовых веществ, определяют скорость и интенсивность процессов роста растения [5]. Использование их в комплексных удобрениях – один из самых перспективных

способов повышения полифункциональности удобрений и придания им свойства биостимулирующего потенциала, которым они сами обладают. Последние исследования, проводимые во многих странах, доказывают высокую активность аминокислот как регуляторов роста растений [6].

Динамика внесения подобных удобрений в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» свидетельствует о повышенном к ним интересе. На сегодняшний день зарегистрировано 48 подобных продуктов. Но вопросы сравнительной оценки эффективности разных форм полифункциональных удобрений на основе комплекса аминокислот и микроэлементов, в том числе с минеральными солями микроэлементов, требуют более тщательного научного подхода.

**Методика.** В рамках регистрационных испытаний в 2016-2017 гг. были проведены исследования на яровой и озимой пшенице в условиях Нижегородской и Ульяновской областей. В 2018 г. во ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова на базе ФГБУ ЦАС «Нижегородский» исследовали разные формы полифункциональных удобрений на основе комплекса аминокислот и микроэлементов, с минеральными солями микроэлементов.