

быстрее выходили из подавленного состояния после засухи и значительно увеличивали размеры поглощения нитратного азота. Отставание по этому показателю варианта с совместным применением Se и Si в данный период, можно объяснить тем, что опытные растения к этому времени практически уже поглотили большую часть внесенного количества азота ^{15}N (25 мг/сосуд). Таким образом, более полное использование экзогенного азота в данном варианте обусловило получение самого высокого урожая зерна ячменя и максимальную биомассу растений при засухе (см. табл. 1).

В заключение можно отметить, что протекторный эффект предпосевной обработки семян селеном и кремнием от негативного воздействия на растения ячменя нарастающей почвенной засухи, может быть объяснен и связан, в частности, с её влиянием на более длительное сохранение во время засухи способности растений к поглощению азота и более быстрой нормализацией их азотного питания после окончания водного стресса.

Литература

1. Авдонин Н.А. Повышение плодородия кислых почв. 2-е Изд. – М.: Колос.-1969. 306 с. 2. Верниченко И.В., Осипова Л.В., Быковская И.А., Яковлев П.А. Влияние селена и цинка на засухоустойчивость растений двух сортов ячменя и их способность нормализовать азотное питание после перенесенной засухи (опыты с ^{15}N) // Агрохимия. – 2015. – № 3. – С. 43-55. 3. Верниченко И.В., Осипова Л.В., Яковлев П.А., Курносоева Т.Л., Литвинский В.А. Изучение устойчивости расте-

ний и ассимиляции ими нитратного азота при действии абиотического стресса как теоретическая основа метода оценки адаптивного потенциала зерновых культур. // Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – № 4. – С. 45-51. 4. Выхрева В.А., Надеждина Е.С. Использование селена для снижения стресса, вызванного тяжелыми металлами, у зерновых культур на ранних этапах онтогенеза // Нива Поволжья. Сельскохозяйственные науки. – 2015. – № 3. – С. 34 – 39. 5. Голубкина Н.А. Селен в питании: растения, животные, человек / Н.А. Голубкина Т.Т. Папазян. – М.: Печатный город, 2006. – С. 254. 6. Курносоева Т.Л., Осипова Л.В., Верниченко И.В., Быковская И.А., Яковлев П.А. Формирование продуктивности растений пшеницы и тритикале на фоне предпосевной обработки селеном, кремнием и цинком в условиях окислительного стресса, вызванного засухой // Проблемы агрохимии и экологии. – 2017. – № 3. – С.13 – 24. 7. Матыченков В.В., Кособрухов А.А., Бочарникова Е.А. Урожайность кукурузы и содержание хлорофилла в растениях при внесении в почву кремниевых удобрений // Агрохимия. – 2013. – № 5. – С. 25-30. 8. Самсонова Н.Е. Влияние соединений кремния и минеральных удобрений на урожайность яровых зерновых культур и содержание в них антиоксидантных ферментов / Н.Е. Самсонова, М.В. Капустина, З.Ф. Зайцева // Агрохимия. – 2013. – №10. – С. 66–74. 9. Серегина И.И., Верниченко И.В., Ниловская Н.Т., Шумилин А.О. Продуктивность и устойчивость яровой пшеницы в условиях окислительного стресса при применении селена // Агрохимия. – 2015. – № 3. – С. 56-63. 10. Сласть И.В., Ложникова В.Н., Кондратьева В.В. Действие водного стресса и соединений кремния на содержание эндогенных фитогормонов и рост ярового ячменя // Агрохимия. – 2013. – №8. – С. 38-48. 11. Шафран С.А., Сычев В.Г., Кондрашов А.Л. Азотное питание. –М.: ЕвроХим, 2013. – 80 с. 12. Hasanuzzaman, M. Exogenous selenium pretreatment protects rapeseed seedlings from cadmium-induced oxidative stress by upregulating antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems / Hasanuzzaman M., Hossain M., Fujita M. // Biological Trace Element Research, 2012 – V. 149. – P. 248–261.

INFLUENCE OF SELENIUM AND SILICON ON THE STABILITY OF BARLEY PLANTS TO DROUGHT AND THE PRESENTS IN THE SOIL OF ALUMINIUM UNDER APPLYING OF LABELLED WITH ^{15}N NITRATE NITROGEN

I.V. Vernichenko¹, L.V. Osipova², T.L. Kurnosova², I.A. Bikovskaya², V.A. Litvinskiy², A.A. Lapushkina¹

¹ RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazeva ul. 49, 127550 Moscow, Russia, E-mail: i.vernichenko@gmail.com

² Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia

In the conditions of vegetative experiment, the influence of using Se and Si biogenic elements applied during presowing seed treatment on resistance of barley plants to soil drought and presence in the soil of Al was studied. The protective effect of seed treatment on the productivity of barley plants was shown, as a result of which the loss of grain yield from soil drought was significantly reduced. Using the method of labeled atoms (compounds enriched with stable nitrogen isotope ^{15}N), it was established that presowing treatment of seeds with Se and Si, as well as their mixture, under optimal conditions increased the rate of absorption for labeled nitrate nitrogen by barley plants under short exposures after its root application. Under soil drought, barley plants, the seeds of which were treated with selenium and silicon, much better tolerated water deficiency and retained the ability to absorb nitrate nitrogen for a longer time, and with the resumption of watering they more quickly emerged from the depressive state and successfully coped with the negative effects of the drought during the period reparations.

Key words: barley, selenium, silicon, soil drought, mobile aluminum, absorption of labeled nitrogen $^{15}\text{NO}_3^-$, short expositions.

УДК 631.417.2 : 631.445.4

ЛАБИЛЬНЫЕ ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА – ОСОБАЯ ГРУППА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

В.Г. Мамонтов, д.б.н., РГАУ-МСХА, Р.А. Афанасьев, д.с.-х.н., ВНИИА,

Е.Л. Соколовская, РГАУ-МСХА

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 127550, г. Москва, Тимирязевская улица, д. 49,

E-mail: soillab@timacad.ru

Установлено, что по данным элементного состава, лабильные гумусовые вещества чернозема обыкновенного заметно отличаются от гумусовых кислот содержанием отдельных элементов. Несходство между лабильными гумусовыми веществами и гумусовыми кислотами в элементном составе дополняется различиями величин атомных отношений, степени окисленности и теплоты сгорания. Предложена классификационная схема органического вещества почвы, в которой предусмотрено выделение лабильных гумусовых веществ на правах самостоятельной группы.

Ключевые слова: лабильные гумусовые вещества, гуминовые кислоты, фульвокислоты, гиматомелановые кислоты, новообразованные гуминовые кислоты, элементный состав, теплота сгорания.

Органическая часть почвы состоит из большого числа разнообразных компонентов, различающихся строением, составом и свойствами. В широко используемой номенклатурной схеме органического вещества почвы [9] выделяются остатки, не утратившие анатомического строения и гумус. В составе гумуса различают неспецифические органические соединения, промежуточные продукты распада и гумификации, а также специфические гуминовые вещества, подразделяющиеся на прогуминовые вещества, гумин и гумусовые кислоты. Гумусовые кислоты – гуминовые кислоты (ГК), фульвокислоты (ФК) и гиматомелановые кислоты (ГМК) представляют собой наиболее специфическую часть гумуса почвы.

Эта схема хорошо зарекомендовала себя при проведении генетических почвенных исследований и сравнительной характеристике органического вещества почв разных типов. Разработанная на ее основе система показателей гумусового состояния почв [10] позволяет получить много ценной информации об особенностях органической части почв и характере ее трансформации под влиянием природных или антропогенных факторов. Однако, в исследованиях почвенно-экологической и агрономической направленности эта схема мало пригодна, поскольку не позволяет охарактеризовать экологические функции и оценить агрономическую ценность гумуса или отдельных его компонентов. В связи с этим возникла необходимость разделения органического вещества почвы на две группы: лабильных и консервативных (инертных) органических веществ [3, 11].

Группа консервативных органических веществ включает гуминовые и гиматомелановые кислоты, их органоминеральные соединения, гумин, частично лигнин и его производные, т.е. соединения, отличающиеся устойчивостью к минерализации и сохраняющиеся в почвах в вековых циклах. Лабильное органическое вещество почвы состоит из двух групп компонентов, существенно различающихся между собой содержанием, составом, свойствами, способами экстрагирования и агроэкологическими функциями. Одна группа представляет собой легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ), вторая – лабильные гумусовые вещества (ЛГВ). Легкоразлагаемое органическое вещество включает растительный опад, детрит, остатки почвенных животных и микроорганизмов, органические удобрения. ЛГВ представляют собой комплекс относительно легко трансформируемых соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков, корневых выделений, продуктов автолиза и метаболизма почвенной биоты. Они включают новообразованные гумусовые кислоты, неспецифические органические соединения, в той или иной мере зрелые гуминовые и фульвокислоты, непрочно связанные с минеральной частью почвы. Эти вещества непосредственно участвуют в динамичных почвенных процессах – агрегировании почвенной массы, проявляют физиологическую активность по отношению к корневым системам растений и микроорганизмам. Они одними из первых подвергаются минерализации и другим процессам и непосредственно участвуют в формировании эффективного плодородия почвы [6].

Несмотря на довольно широкий круг работ, посвященных лабильным гумусовым веществам, их состав и

свойства до настоящего времени еще слабо изучены. Чаще всего исследователи ограничиваются определением общего содержания ЛГВ и значительно реже изучают другие показатели: количество фосфора, азота, гуминовых и фульвокислот в его составе, элементный состав и структурные особенности. При этом сопоставления состава и свойств ЛГВ и других групп гумусовых веществ почвы не проводили. Между тем установление места ЛГВ в сложной системе органических соединений почвы представляет научный и практический интерес.

Одна из важнейших характеристик любых органических соединений – их элементный состав, позволяющий отнести природные органические соединения к классу гумусовых веществ. Поэтому была проведена сравнительная оценка элементного состава ЛГВ и других групп гумусовых кислот. В связи с тем, что в черноземах процесс гумусообразования приводит к образованию преимущественно гуминовых кислот, сопоставили элементный состав ЛГВ также с элементным составом новообразованных ГК.

Методика. Объектом исследования служили ЛГВ чернозема обыкновенного естественно-антропогенного ландшафта Каменной степи [5]. Экстрагирование лабильных гумусовых веществ проводили из смешанных образцов 0,1 н. раствором NaOH без декальцирования почвы, при соотношении почва : раствор равном 1:10 и суточном настаивании. Через 1 сут вытяжку центрифугировали при скорости 6000 об/мин в течение 30 мин. Для более полного освобождения от минеральных примесей вытяжку пропускали через свечу Шамберлена, а в последующем через катионит КУ-23-А в H^+ -форме. После этого вытяжку выпаривали при $t = 40^\circ C$. В полученных препаратах определяли элементный состав на СНН – анализаторе, кислород находили по разности. Теплоту сгорания вычисляли по эмпирической формуле [10]. Сведения об элементном составе других групп гумусовых веществ брали из литературных источников.

Результаты и их обсуждение. По среднему содержанию отдельных элементов ЛГВ в большинстве случаев отличаются от других гумусовых веществ чернозема обыкновенного (табл. 1.)

1. Средний элементный состав гумусовых веществ чернозема обыкновенного и новообразованных ГК, % на сухую беззольную навеску

Объект	C	H	N	O	C : H	C : N	C : O	Авторы
ГК	60,78	3,30	3,64	32,28	18,4	16,7	1,9	4, 9
ФК	43,87	4,08	2,92	49,13	10,8	15,0	0,9	4, 8
ГМК	61,10	6,28	3,79	28,83	9,7	16,1	2,1	2
Новообразованные ГК	54,26	5,58	5,22	34,94	9,7	10,4	1,6	4, 7, 8
ЛГВ	48,29	5,80	4,59	41,32	8,3	10,5	1,2	Авторы данной статьи

ЛГВ содержат меньше углерода по сравнению с новообразованными ГК на 5,97%, по сравнению с ГК и ГМК на 12,49 и 12,81% соответственно, но на 4,42% больше по сравнению с ФК. По содержанию водорода ЛГВ близки к новообразованным ГК и ГМК, но содержат этого элемента в 1,4-1,8 раза больше чем ГК и ФК. Содержание азота в ЛГВ на 12% меньше по сравнению с новообразованными ГК, но на 21-26% больше чем у ГМК и ГК, а по сравнению с ФК больше на 57%.

По содержанию кислорода ЛГВ заметно превосходят новообразованные ГК (на 6,38%), ГК (на 9,04%) и особенно ГМК (на 12,49%), но уступают ФК, которые содержат кислорода на 7,81% больше.

Таким образом, ЛГВ близки к новообразованным ГК по содержанию азота и водорода, но содержат больше кислорода и меньше углерода. От остальных гумусовых кислот ЛГВ заметно отличаются элементарным составом, если не принимать во внимание близкое к ГМК содержание водорода.

ЛГВ отличаются от других групп гумусовых веществ и величиной отношений элементов. У них самые низкие величины отношений С : Н и С : N (за исключением новообразованных ГК), а величина отношения С : О ниже только у ФК.

По мнению Д.С. Орлова [9], использование данных элементарного состава гумусовых веществ в массовых (весовых) процентах не даёт правильное и полное представление о роли отдельных элементов в построении вещества и о тех изменениях, которые происходят с гумусовыми веществами под воздействием природных и антропогенных факторов. Истинное представление можно получить, используя при интерпретации данных элементарного анализа атомные проценты, которые показывают число атомов данного элемента в процентах к общему числу атомов в молекуле вещества. Элементарный состав различных групп гумусовых веществ чернозема обыкновенного в атомных процентах представлен в таблице 2.

2. Средний элементарный состав гумусовых веществ чернозема обыкновенного и новообразованных ГК, атомные %

Объект	С	Н	N	O	H:C	O:C	C:N	ω	Авторы
ГК	47,8	30,7	2,4	19,1	0,64	0,40	19,9	+0,16	4, 5
ФК	33,4	36,7	1,9	28,0	1,10	0,84	17,6	+0,58	4, 8
ГМК	38,0	46,5	2,0	13,5	1,22	0,36	19,0	-0,50	2
Новообр. ГК	33,7	44,7	2,7	18,9	1,33	0,56	12,5	-0,21	1, 4, 7, 8
ЛГВ	31,7	45,3	2,6	20,4	1,43	0,64	12,2	-0,14	Авторы данной статьи

Как следует из приведенных данных, средний элементарный состав ЛГВ, выраженный в атомных процентах, в общих чертах отличается от среднего элементарного состава основных компонентов гумуса, хотя по содержанию отдельных элементов они могут быть близки к той или иной группе гумусовых веществ. По сравнению с ГК ЛГВ содержат на 16,1 ат. % меньше углерода и на 14,6 ат. % больше водорода, хотя по содержанию азота и кислорода они близки между собой. От ФК ЛГВ отличаются более высоким содержанием водорода (на 8,6 ат. %) и азота (на 0,7 ат. %) и меньшим количеством кислорода (на 7,6 ат. %), тогда как по содержанию углерода они близки между собой. ЛГВ и ГМК практически не различаются по содержанию водорода, однако ГМК содержат на 6,3 ат. % больше углерода, на 6,9 меньше кислорода и на 0,6 ат. % – азота.

ЛГВ отличаются от ГК, ФК и ГМК и величиной атомных отношений. Если исходить из величины отношения Н : С, то по сравнению с гумусовыми кислотами ЛГВ имеют более развитую алифатическую часть, которая, судя по отношению С : N, в большей мере обогащена азотсодержащими группировками. По сравнению с ГМК ЛГВ являются более окисленными соеди-

нениями, в то время как степень окисленности ГК и ФК по сравнению с ЛГВ существенно выше.

Очень близок элементарный состав ЛГВ и новообразованных ГК. Некоторые различия между ними проявляются в том, что ЛГВ содержат несколько больше кислорода (на 1,5 ат. %) и меньше углерода (на 2 ат. %). Близкое сходство элементарного состава новообразованных ГК и ЛГВ дополняется и величинами отношения С : N, указывающими на их практически одинаковую обогащенность азотом. Это обусловлено тем, что новообразованные ГК являются, по-видимому, одним из главных компонентов ЛГВ чернозема обыкновенного, куда включаются после того как претерпевают определенные процессы трансформации.

Некоторые различия между ЛГВ и новообразованными ГК отражают и величины атомных отношений Н : С и О : С. Более широкие отношения, присущие ЛГВ, свидетельствуют о том, что в отличие от новообразованных ГК они содержат больше алифатических компонентов и кислородсодержащих группировок. Кроме того, судя по величине степени окисленности, ЛГВ по сравнению с новообразованными ГК являются менее восстановленными соединениями.

Данные элементарного состава позволяют не только установить различия между лабильными гумусовыми веществами почв разных типов, но и по теплоте сгорания с известной долей точности оценить аккумулированное в них количество энергии [10], необходимой для протекающих в почве биологических процессов, химических и физико-химических реакций. При этом наряду с запасами энергии в собственно гумусовых веществах важно оценить и энергетический потенциал тех компонентов органического вещества, который может быть мобилизован в первую очередь и оказать непосредственное влияние на процессы, происходящие в почвах. К таким компонентам органического вещества почвы, несомненно, относятся лабильные гумусовые вещества, энергетическая оценка которых имеет большое теоретическое и практическое значение.

Согласно нашим данным, энергипотенциал ЛГВ составляет 15347 Дж/г и меньше чем у ГК и ГМК на 5196 и 6500 Дж/г соответственно, но на 4733 Дж/г превышает теплоту сгорания фульвокислот. При этом необходимо учитывать, что ГК и ГМК отличаются довольно большой устойчивостью и в значительной степени характеризуют потенциальные запасы энергии, в то время как ЛГВ являются тем источником энергии, который в первую очередь используется живыми организмами. В результате этого они оказывают непосредственное влияние на почвенные процессы и формирование актуального плодородия. Это дает основание полагать, что ЛГВ, помимо прочего, принадлежит важная роль в динамических почвенных процессах, связанных с расходом энергии.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об особом положении ЛГВ в системе органических соединений и дают основание для выделения их на правах самостоятельной группы в классификационных схемах органического вещества почвы эколого-агрономической направленности.

Как одна из возможных нами предлагается схема (рис.), которая может быть использована при агрономической оценке органического вещества почвы.

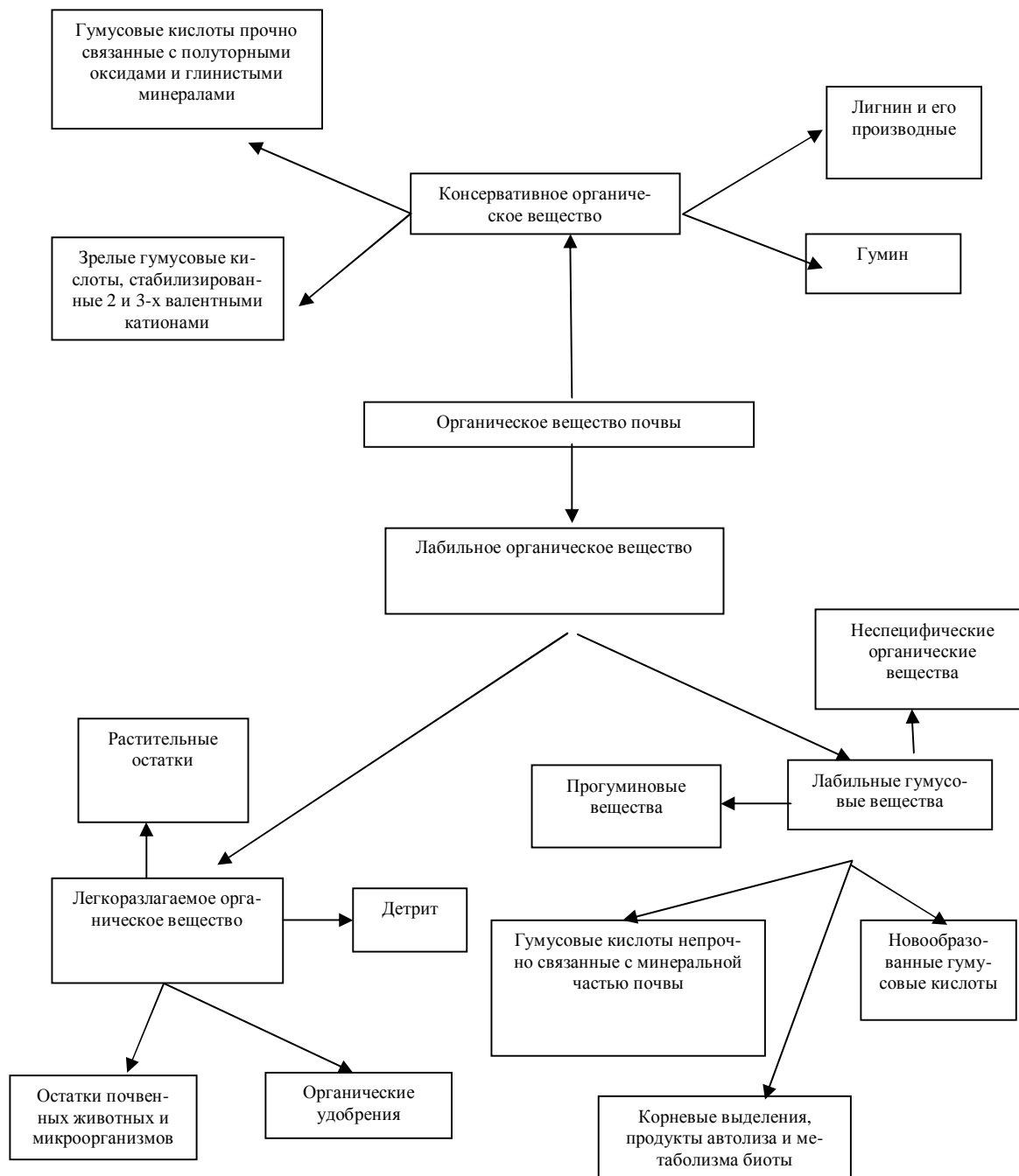


Рис. Агрономическая классификационная схема органического вещества почвы

Выводы. 1. Средний элементный состав ЛГВ заметно отличается от среднего элементного состава гумусовых кислот, а сами ЛГВ характеризуются довольно высоким энергетическим потенциалом, что позволяет считать их самостоятельной группой в составе гумусовых веществ почвы.

2. Предложена классификационная схема органического вещества почвы, в которой предусмотрено выделение лабильных гумусовых веществ на правах самостоятельной группы.

Литература

1. Багаутдинов Ф.Я., Хазиев Ф.Х. Состав, свойства гуминовых кислот целинных и пахотных почв и новообразованных гумусовых веществ // Биологические науки. – 1991. – № 10. – С 136-141. 2. Глебова Г.И.

Гиматомелановые кислоты почв. – М.: МГУ, 1985. – 75 с. 3. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. – М.: МСХА, 1993. – 97 с. 4. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. – М.: АН СССР, 1963. – 314 с. 5. Мамонтов В.Г. Орошаемые черноземы и каштановые почвы: состав, свойства, процессы трансформации. – М.: РГАУ-МСХА, 2013. – 290 с. 6. Мамонтов В.Г., Афанасьев Р.А., Родионова Л.П., Быканова О.М. К вопросу о лабильном органическом веществе почв // Плодородие – 2008. – № 2 (41). – С. 20-22. 7. Назарова А.В. О трансформации гуминовых кислот в почве // Органическое вещество почв и методы его исследования. – Л.: ЛСХИ, 1990. – С. 11-19. 8. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. – М.: МГУ, 1974. – 333 с. 9. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: МГУ, 1990. – 325 с. 10. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: МГУ, 1981. – 272 с. 11. Тейт Р.Л. Органическое вещество почвы. – М.: Мир, 1991. – 349 с.

It is established that according to the elemental composition expressed in both mass and atomic percentages, labile humus substances of common chernozem differ significant from humic acids in the content of individual elements. Differences between labile humus substances and humus acids in the elemental composition are supplemented by differences in the values of atomic relations, the degree of oxidation and the heat of combustion. The classification scheme of organic matter of soil in which the allocation of labile humus substances on the rights of an independent group is provided is offered.

Keywords: labile humic substances, humic acids, fulvic acids, humatomelanic acids, elemental composition, heat of combustion.

УДК 631.83 : 631.46

ПОТРЕБЛЕНИЕ КАЛИЯ И МАГНИЯ КАРТОФЕЛЕМ И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

В.Н. Якименко, д.б.н., ИПА СО РАН

В полевом опыте на серой лесной среднесуглинистой почве лесостепи Западной Сибири выявлена специфика потребления калия и магния картофелем в зависимости от уровня минерального питания. Установлено влияние длительного сельскохозяйственного использования почвы при различной интенсивности применения минеральных удобрений на содержание обменного калия и магния в почвенном профиле. Показано, что уровень калия в почве варьировал в зависимости от калийного баланса в агроценозе, а содержание магния в наибольшей степени зависело от действия вносимых удобрений, прежде всего, аммонийных.

Ключевые слова: агроценоз, калий, магний, почва, картофель, полевой опыт, минеральное питание растений.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.104.06

Калий – один из важнейших элементов минерального питания растений, он выполняет важные агрохимические и экологические функции в агроценозах [1]. Необходимость оптимизации калийного состояния пахотных почв показана в ряде работ [1-4]. Тем не менее, регулированию режима калия в отечественном, особенно западносибирском, земледелии уделяется недостаточное внимание. Обычно это обосновывается высокими валовыми запасами этого элемента в основных пахотных почвах и, соответственно, низкой эффективностью его дополнительного внесения. Однако, неоднократно отмечалось отсутствие корреляции между содержанием в почвах валового калия и его легкоподвижных форм. Исследования показали, что калий может переходить в разряд первого минимума уже через несколько лет после прекращения внесения удобрений (или их невнесения), последствие же калийных удобрений наблюдается в течение 2-4 лет [5, 6]. В этой связи, учитывая многолетний сильнодефицитный баланс калия в земледелии, изучение калийного состояния пахотных почв и выявление путей оптимизации калийного режима в агроценозах весьма актуальны.

Магний, наряду с калием, является важным элементом минерального питания растений. Несмотря на довольно значительные валовые запасы магния в большинстве минеральных почв земледельческой зоны умеренного пояса [7], уже достаточно давно известно о нарастающем истощении запасов магния в агропочвах не только легкого, но и более тяжелого гранулометрического состава [8-12]. Это связывают как с выщелачиванием магния из верхних слоев почвы, обусловленного повышенной миграционной способностью данного катиона, так и с некомпенсируемым выносом элемента урожаями. Процессы эти значительно усиливаются в интенсивных агроценозах при внесении минеральных удобрений. Очевидно, дальнейшее изучение особенностей потребления магния культурами, изменения его

содержания и распределения в профиле почв агроценозов, с учетом региональной специфики почвенно-климатических условий, целесообразно.

Цель наших исследований – изучить в длительном стационарном полевом опыте потребление калия и магния картофелем и изменение содержания их обменных форм в профиле почвы в зависимости от интенсивности применения минеральных удобрений в агроценозе.

Исследования проводили в стационарном полевом опыте, заложенном в 1988 г. на целинном участке серой лесной среднесуглинистой почвы. Опыт расположен на научно-исследовательской станции ИПА СО РАН в лесостепной зоне юга Западной Сибири (Новосибирская обл., Искитимский р-он). Закладку и проведение опыта осуществляли по общепринятой методике; первые годы выращивали овощные культуры в севообороте (капуста, томат, лук, морковь), а с 2000 г. – картофель в монокультуре [13]. Под картофель, согласно схеме опыта, применяли следующие варианты: 1. Без удобрений (контроль), 2. N₁₀₀P₆₀ (фон), 3. NP + K₁ (калий в дозе 30 кг д.в./га), 4. NP + K₂ (60), 5. NP + K₃ (90), 6. NP + K₄ (120), 7. NP + K₅ (150 кг д.в./га). Кроме того, имеется вариант – бессменный пар. Минеральные удобрения вносили ежегодно весной перед посадкой клубней: азот – в форме Наа, фосфор – Рсд, калий – Кх. Повторность опыта – четырехкратная. В опыте учитывали и отчуждали с делянок как основную, так и побочную продукцию выращиваемых культур. Содержание обменных форм калия и магния в почве определяли в вытяжке 1 М CH₃COONH₄ [14], содержание элементов в растительной продукции – после мокрого озоления. Наивысшая урожайность картофеля в полевом опыте получена в вариантах NPK со сбалансированным минеральным питанием (табл. 1).

Урожайность клубней в фоновом варианте несущественно отличалась от контрольного варианта (НСР₀₅ по годам за 2013-2017 гг. колебалась в интервале 42-53