

Ж. А. Рупасова¹, А. П. Яковлев¹, Э. И. Коломиец², З. М. Алещенкова³,
Л. Е. Картыжова³, П. Н. Белый¹, С. П. Зимич¹, М. Н. Вашкевич¹, А. А. Лешков¹,
К. А. Добрянская¹, Н. Н. Вечер⁴

¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: rupasova@basnet.by

²ГНПО «Химический синтез и биотехнологии Национальной академии наук Беларуси»,
Минск, Беларусь

³Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

⁴Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СЕЗОННУЮ ДИНАМИКУ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОРНЕОБИТАЕМОЙ ЗОНЕ ГЕНЕРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНИКЕ ВЕРХОВОГО ТИПА

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования сезонной динамики доступных соединений азота, фосфора и калия в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной в рамках полевых экспериментов с использованием минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) и отечественных биологических удобрений – азотфиксирующего и фосфатмобилизующего микробного «МаКлоР» в 5- и 10%-й концентрациях, а также органо-минерального удобрения «Экогум Комплекс» на выработанных торфяниках верхового типа в центральной и северной агроклиматических зонах республики. В первом случае выявлено определенное сходство в сезонном ходе накопления в субстрате аммонийного азота и подвижного фосфора, с одной стороны, а также нитратного азота и обменного калия, с другой, обусловленное синергическим характером их потребления с корневым питанием и биологическими особенностями развития опытных растений, тогда как во втором случае подобный синергизм обнаружен для доступных соединений фосфора и калия. Показано, что конфигурация накопительных кривых питательных элементов в торфяном субстрате в основном характеризовалась доминированием нисходящих тенденций к окончанию вегетационного периода и определялась видом используемых удобрений, географическим положением района исследований, генотипом культиваров и стадией их сезонного развития.

Ключевые слова: выработанный торфяник, клюква крупноплодная, сорта, генеративные растения, минеральные и биологические удобрения, агрохимические свойства, сезонная динамика питательных элементов, легкогидролизуемый азот, подвижный фосфор, обменный калий

J. A. Rupasova¹, A. P. Yakovlev¹, E. I. Kolomiets², Z. M. Aleschenkova³, L. E. Kartyzhova³,
P. N. Bely¹, S. P. Zimich¹, M. N. Vashkevich¹, A. A. Leshkov¹,
K. A. Dobryanskaya¹, N. N. Vecher⁴

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

²SNPO "Chemical Synthesis and Biotechnology of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, Belarus

³Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

⁴Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

EFFECT OF FERTILIZERS ON THE SEASONAL DYNAMICS OF NUTRIENT ELEMENTS IN THE ROOT ZONE OF GENERATIVE CRANBERRY PLANTS IN CONDITIONS OF DEPLETED HIGH-MOOR PEATLANDS

Abstract. The results of the comparative study of the seasonal dynamics of available nitrogen, phosphorus and potassium compounds in the root zone of generative cranberry plants within the framework of field experiments with the mineral fertilizer Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ kg/ha a. i.) and domestic biological fertilizers – nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microbial MaKloR in concentrations of 5 and 10 %, as well as an organo-mineral fertilizer Ecohum complex on depleted high-moor peatlands in the central and northern agroclimatic zones of the Republic are presented. In the first case, a certain similarity in the seasonal course of the accumulation in the substrate of ammonium nitrogen and mobile phosphorus, as well as nitrate nitrogen and exchangeable potassium, was observed, due to the synergistic nature of their consumption with root nutrition and the biological characteristics of the development of the experimental plants, while in the second case a similar synergy was found for available phosphorus and potassium compounds. It was shown that the configuration of the cumulative curves of nutrients in the peat substrate was mainly characterized by the dominance of downward trends towards the end of the growing season and was determined by the type of fertilizers used, the geographical location of the study area, the genotype of the cultivars and the stage of their seasonal development.

Keywords: exhausted peat bog, large-fruited cranberry, cultivars, generative plants, mineral and biological fertilizers, agrochemical properties, seasonal dynamics of nutrients, easily hydrolyzed nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium

Ж. А. Рупасава¹, А. П. Якаўлеў¹, Э. І. Каламіец², З. М. Алешчанкава³, Л. Я. Картыжова³, П. М. Белы¹, С. П. Зіміч¹,
М. М. Вашкевіч¹, А. А. Ляшкоў¹, К. А. Дабранская¹, М. М. Вечар⁴

¹Цэнтральны батанічны сад Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь, e-mail: rupasova@basnet.by

²ДНВА «Хімічны сінтэз і біятэхналогіі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі», Мінск, Беларусь

³Інстытут мікрабіялогіі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь

⁴Беларускі дзяржаўны аграрны тэхнічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь

УПЛЫЎ УГНАЕННЯЎ НА СЕЗОННУЮ ДЫНАМІКУ ПАЖЫЎНЫХ ЭЛЕМЕНТАЎ У КАРАНЁВАЙ ЗОНЕ ГЕНЕРАТЫЎНЫХ РАСЛІН ЖУРАВІН БУЙНАПЛОДНЫХ НА ВЫПРАЦАВАНЫМ ТАРФЯНІШЧЫ ВЕРХАВОГА ТЫПУ

Анацыя. Прыведзены вынікі параўнальнага даследавання сезоннай дынамікі даступных злучэнняў азоту, фосфару і калію ў каранёвай зоне генератыўных раслін журавін буйнаплодных у рамках палявых эксперыментаў з выкарыстаннем мінеральнага Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) і айчынных біялагічных угнаенняў – азотфіксавальнага і фасфатмобілізуючага мікробнага «МаКлоР» у 5- і 10%-й канцэнтрацыях, а таксама аргана-мінеральнага ўгнаення «Экагум Комплекс» на выпрацаваных тарфянішчах верхавога тыпу ў цэнтральнай і паўночнай агракліматических зонах рэспублікі. У першым выпадку выяўлена пэўнае падабенства ў сезонным ходзе назапашвання ў субстраце аманійнага азоту і рухомага фосфару, з аднаго боку, а таксама нітратнага азоту і абменнага калію, з другога, абумоўленае сінэргічным характарам іх спажывання з каранёвым жыўленнем і біялагічнымі асаблівасцямі развіцця доследных раслін, тады як у другім выпадку падобны сінэргізм выяўлены для даступных злучэнняў фосфару і калію. Паказана, што канфігурацыя назапашвальных крывых пажыўных элементаў у тарфяным субстраце ў асноўным характарызувалася дамінаваннем сыходных тэндэнцый да заканчэння вегетацыйнага перыяду і вызначалася відам выкарыстаных угнаенняў, геаграфічным становішчам раёна даследаванняў, генатыпам культывараў і стадыяй іх сезоннага развіцця.

Ключавыя словы: выпрацаваны тарфянік, журавіны буйнаплодныя, сорт, генератыўныя расліны, мінеральныя і біялагічныя ўгнаенні, аграхімічныя ўласцівасці, сезонная дынаміка пажыўных элементаў, лёгкагідралізуемы азот, рухомы фосфар, абменны калій

Введение. В связи с разработкой технологии фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа на основе создания локальных агроценозов интродуцированных сортов клюквы крупноплодной особого внимания заслуживают вопросы оптимизации минерального питания данной культуры. Для их решения представлялось необходимым дать комплексную оценку влияния на агрохимические свойства субстрата не только традиционно применяемого при ее возделывании полного минерального удобрения Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.), но и экологически безопасных биологических удобрений, разработанных в УП «Белуниверсалпродукт» и в Институте микробиологии НАН Беларуси, – органического («Экогум-комплекс») и бактериального («МаКлоР»), соответствующих биологической природе данного интродуцента. Первый из них представляет собой полностью натуральное гуминовое органическое удобрение нового поколения с повышенной физиологической активностью, созданное на основе вытяжки из торфа с добавлением макро- и микроэлементов. Микробный препарат разработан на основе выделенных из ризосферы растений ассоциативных азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов, с использованием которых созданы микробные инокулянты, существенно повышающие обеспеченность растений азотом и фосфором.

Применение экологически безопасных биологических удобрений, на наш взгляд, является особо актуальным в связи с принятым Законом Республики Беларусь от 9 ноября 2018 г. № 144-З «О производстве и обращении органической продукции», существенно ужесточающим требования к качеству продукции растениеводства, при производстве которой ограничено использование любых химических средств, в том числе минеральных удобрений. В этой связи в 2021 г. на рекультивируемых участках выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа «Радемье-Зеленоборское» в Смолевичском р-не Минской обл. и «Рамжино-Журавлевское» в удаленном на 250 км к северу Докшицком р-не Витебской обл. в рамках однотипных полевых экспериментов с применением минеральных и биологических удобрений выполнены сравнительные исследования сезонной динамики основных питательных элементов – азота, фосфора и калия в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной – раннеспелого сорта Ben Lear и позднеспелого Stevens. Оценка влияния испытываемых агроприемов на изменение содержания основных питательных элементов в корнеобитаемой зоне последних в течение вегетационного периода явилась целью настоящей работы.

Методика и материалы. В вышеуказанных районах два первых летних месяца вегетационного сезона 2021 г. характеризовались весьма жаркой погодой с превышением на 22–43 % средних многолетних температурных показателей, что наиболее выразительно проявилось в Докшицком р-не и сопровождалось существенным дефицитом влаги, особенно в июле. Температурный режим в остальные месяцы оставался близким к средним многолетним значениям при избыточном выпа-

дении осадков, вдвое превышавшим норму в мае и превосходившим ее на 10–64 % в остальной период при наибольших контрастах в северной части Докшицкого р-на.

В обоих районах исследования выполнены в рамках однотипных полевых экспериментов с пяти-вариантной схемой: 1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – припосадочное (в мае) луночное внесение минерального удобрения Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) из расчета 1,5 г под растение; 3 – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения «Экогум-комплекс» в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 75 мл на растение; 4 – припосадочное (в мае) луночное внесение 5%-го раствора препарата «МаклоР» из расчета 0,2 л под растение; 5 – припосадочное (в мае) луночное внесение 10%-го раствора препарата «МаклоР» из расчета 0,2 л под растение. Повторность опытов трехкратная, в каждом варианте высажено по 15 растений каждого сорта клюквы крупноплодной.

Исследование агрохимических свойств торфяного субстрата в полевых экспериментах осуществляли трижды за сезон с определением содержания нитратного азота – по ГОСТ 27894.4-88 [1]; аммиачного азота – по ГОСТ 27894.3-88 [2]; подвижных форм фосфора (в пересчете на P_2O_5) – фотоэлектроколориметрически по ГОСТ 27894.5-88 [3]; обменного калия (в пересчете на K_2O) – методом пламенной фотометрии по ГОСТ 27894.6-88 [4]. Все аналитические определения выполнены в трехкратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Содержание основных элементов питания в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной во всех вариантах опыта варьировалось на протяжении вегетационного периода в весьма широких диапазонах, что указывало на высокую лабильность данного показателя, обусловленную сезонными изменениями размеров их биологического и непродуктивного выносов, а также разной скоростью перевода элементов из органического вещества торфа в доступную растениям форму (таблица).

Диапазоны варьирования содержания доступных форм основных элементов питания в торфяном субстрате под посадками генеративных растений клюквы крупноплодной в начале, середине и конце вегетационного периода в районах исследований, мг/кг сухого вещества

Вариант опыта	N-NH ₄	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Смолевичский район				
Сорт Ben Lear				
1	208,6–393,5	5,3–7,8	74,8–115,0	11,1–72,3
2	274,2–308,8	5,9–7,9	104,4–126,4	17,8–106,6
3	125,7–462,7	6,0–6,4	49,1–130,8	14,2–24,4
4	116,6–487,9	5,9–7,4	63,2–93,9	19,0–37,0
5	251,4–294,2	6,3–8,1	63,5–90,4	25,3–62,6
Сорт Stevens				
1	188,6–456,4	7,4–13,8	88,9–106,2	23,2–127,7
2	236,1–341,6	6,6–14,4	66,4–110,6	23,8–117,8
3	85,6–414,5	6,1–10,5	68,5–132,5	30,7–146,7
4	104,8–353,6	6,6–12,4	74,8–93,9	28,6–96,4
5	213,2–385,1	6,0–20,7	63,5–102,7	25,0–99,1
Докшицкий район				
Сорт Stevens				
1	196,2–313,4	15,5–20,6	58,8–199,1	27,4–83,1
2	246,6–338,9	10,5–14,5	60,6–170,8	30,1–104,8
3	112,3–328,8	7,3–14,1	55,3–111,5	29,8–118,4
4	156,3–335,2	8,3–10,2	57,9–122,8	33,1–116,9
5	215,1–326,0	8,3–10,8	44,8–117,2	29,8–100,6

Анализ сезонной динамики содержания основных питательных элементов в торфяном субстрате под плодоносящими растениями клюквы в Смолевичском р-не, представленной на рис. 1 и 2, показал, что под посадками раннеспелого сорта на фоне почти полного отсутствия во всех вариантах опыта сезонных изменений содержания нитратного азота аналогичный характер динамики установлен и у аммонийного азота в вариантах опыта с внесением минерального удобрения и 10%-го «МаклоРа». При этом использование «Экогум-комплекса» и 5%-го «МаклоРа» приводило к посте-

пенному усилению накопления в субстрате аммонийного азота. Что касается сезонной динамики содержания подвижного фосфора в корнеобитаемой зоне сорта Ben Lear, то в первой половине вегетационного периода в большинстве вариантов опыта наблюдалось постепенное его увеличение, обусловленное незначительным потреблением данного элемента на этапе формирования вегетативных органов растений и наиболее выраженное при использовании «Экогум-комплекса».

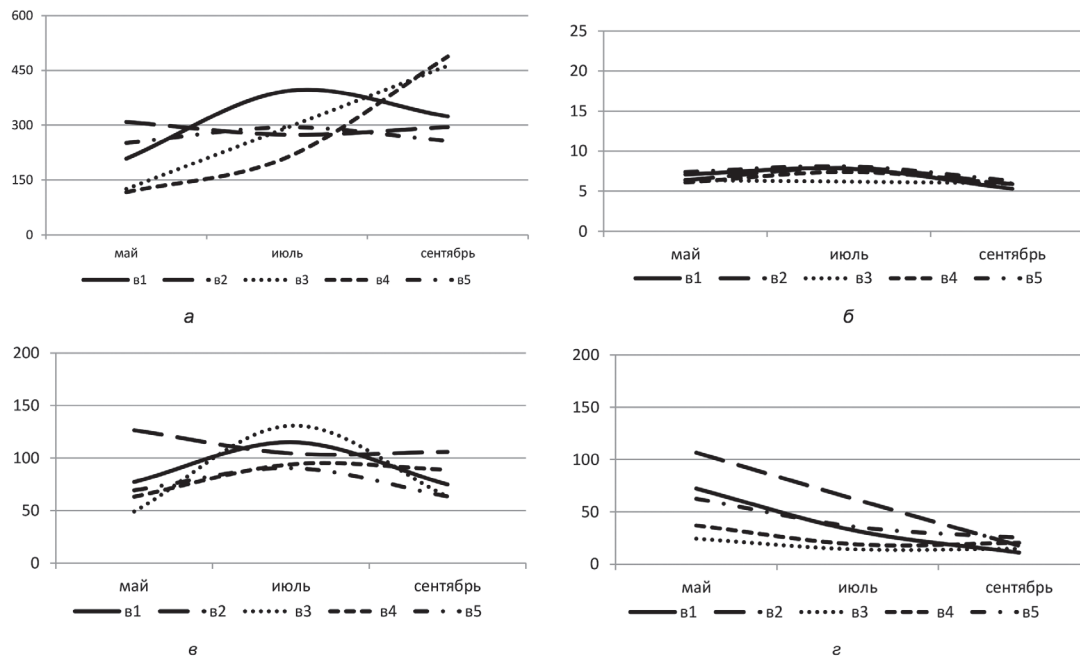


Рис. 1. Сезонная динамика содержания аммонийной (а) и нитратной (б) форм азота, подвижного фосфора (в) и обменного калия (г) в торфяном субстрате под генеративными растениями сорта Ben Lear клюквы крупноплодной в Смолевичском р-не, 2021 г.: v1 – контроль, без внесения удобрений; v2 – припосадочное (в мае) луночное внесение удобрения Basacot Plus 6; v3 – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения «Экогум-комплекс»; v4 – припосадочное (в мае) луночное внесение 5%-го раствора препарата «МаклоР»; v5 – припосадочное (в мае) луночное внесение 10%-го раствора препарата «МаклоР» (здесь и далее на рис. 2, 3 обозначения те же)

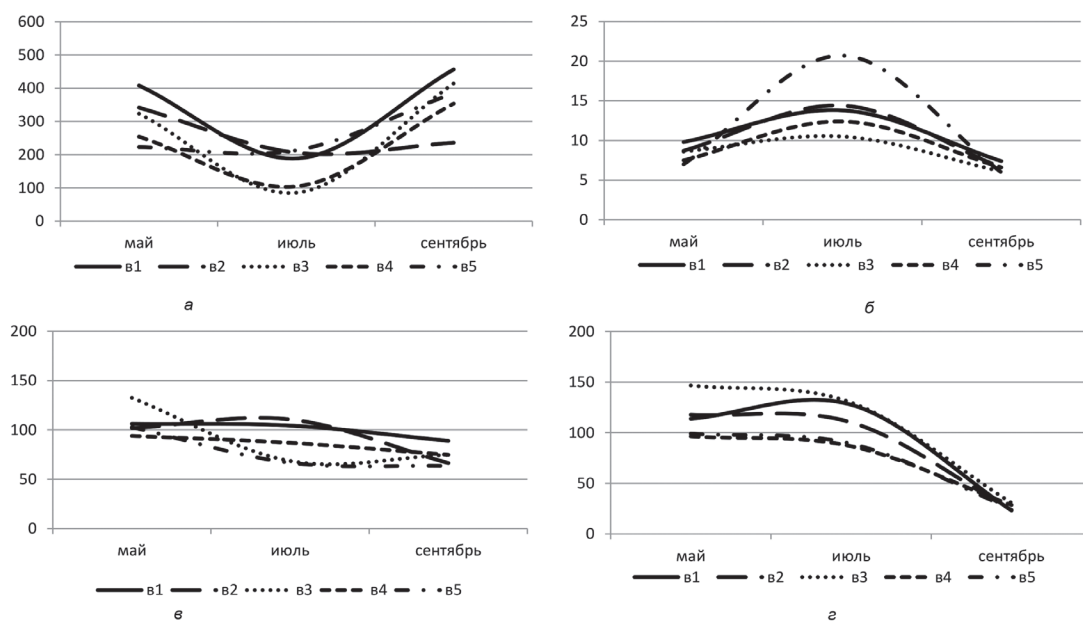


Рис. 2. Сезонная динамика содержания аммонийной (а) и нитратной (б) форм азота, подвижного фосфора (в) и обменного калия (г) в торфяном субстрате под генеративными растениями сорта Stevens клюквы крупноплодной в Смолевичском р-не, 2021 г.

Во второй половине сезона в связи с возрастанием физиологических потребностей культиваров в фосфоре в период плодоношения происходило определенное истощение его запасов в субстрате. Исключением в этом плане явился лишь вариант опыта с внесением минерального удобрения, для которого показано снижение в корнеобитаемой зоне содержания доступных форм элемента в первой половине вегетационного периода с последующей его стабилизацией во второй половине.

Сезонный ход накопления обменного калия в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта Ben Lear во всех вариантах опыта характеризовался преимущественным снижением содержания на протяжении большей части вегетационного периода, наиболее интенсивным в его первой половине с последующей стабилизацией параметров накопления элемента во второй. Лишь в контроле и на фоне внесения минерального удобрения обеднение субстрата доступными соединениями калия имело непрерывный характер до конца сезона. Подобный ход динамики данного элемента свидетельствует о весьма высокой потребности в нем растений раннеспелого сорта не только во время формирования генеративных органов, но и на стадии вегетативного роста, что обусловлено его многосторонней физиологической ролью, благодаря участию в разных метаболических процессах – фотосинтезе, водном, углеводном и белковом обменах, транспорте органических соединений и др., осуществляющихся на протяжении всего жизненного цикла развития растений [5–7].

При исследовании трансформации агрохимического фона торфяного субстрата под посадками позднеспелого сорта Stevens выявлены как определенное сходство, так и заметные различия с динамикой основных питательных элементов под таковыми раннеспелого сорта. Как следует из рис. 1 и 2, наиболее выразительно данные различия проявились в конфигурации накопительных кривых у легкогидролизуемого азота. Так, в контроле и в вариантах опыта с применением биологических удобрений в первой половине вегетационного периода происходило существенное обеднение субстрата аммонийной формой данного элемента, обусловленное интенсивным потреблением для формирования вегетативных органов растений и сменяемое в середине сезона столь же активным пополнением его запасов до исходного уровня. Лишь на фоне внесения минерального удобрения отмечено подобное выявленному под посадками раннеспелого сорта, хотя и менее выраженное спрямление сезонного хода накопления аммонийного азота.

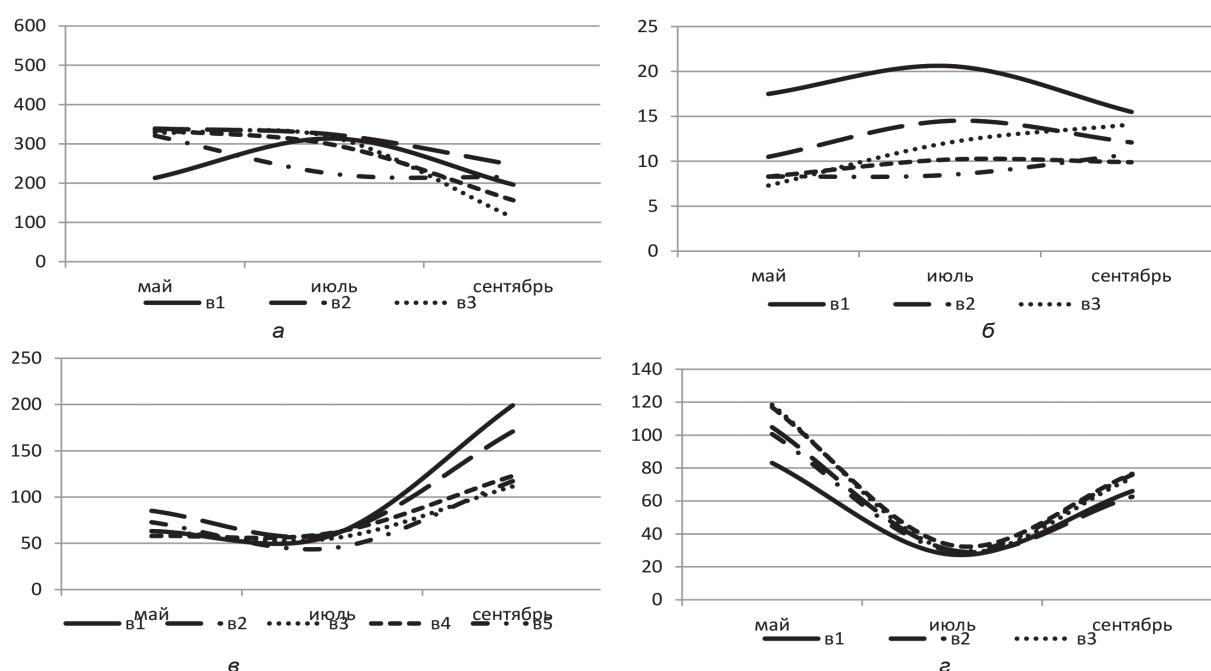


Рис. 3. Сезонная динамика содержания аммонийной (а) и нитратной (б) форм азота, подвижного фосфора (в) и обменного калия (г) в торфяном субстрате

Вместе с тем под посадками позднеспелого сорта клюквы при более значительном, чем под таковыми раннеспелого, содержании в субстрате нитратного азота во всех вариантах опыта в его сезонной динамике прослеживались тенденции, противоположные выявленным для аммонийного азота, которые указывали на существенное пополнение его запасов в первой половине вегетацион-

ного периода и на столь же интенсивное их истощение во второй (см. рис. 2). При этом наиболее выразительно это проявилось на фоне внесения 5%-го «МаКлоРа».

Что касается подвижного фосфора, то сезонный ход его накопления под посадками позднеспелого сорта, как и раннеспелого, отличался малой выразительностью при доминировании в нем нисходящих тенденций к концу вегетационного периода. Заметим, что при относительно стабильном уровне содержания элемента в первой половине сезона наблюдалось его заметное снижение к осени, обусловленное усилением потребления в период плодоношения. Вместе с тем в динамике обменного калия под посадками позднеспелого и раннеспелого сортов клюквы выявлены заметные различия, состоявшие в непрерывном снижении его запасов во втором случае на протяжении всего вегетационного периода (см. табл. 1).

В результате аналогичных исследований агрохимического фона субстрата под посадками генеративных растений сорта Stevens в более северном Докшицком р-не в большинстве вариантов опыта в конфигурации накопительных кривых аммонийного азота, подвижного фосфора и обменного калия установлены тенденции, почти противоположные наблюдавшимся в Смолевичском р-не (рис. 3), что свидетельствовало о преобладающем влиянии на данный процесс географического фактора.

Как видим, несмотря на показанную выше общность доминирующих тенденций в трансформации агрохимического фона корнеобитаемой зоны растений клюквы с разными сроками созревания плодов при использовании удобрений, в сезонной динамике основных питательных элементов установлены заметные генотипические, межвариантные и межрегиональные различия, степень которых определялась воздействием на их накопление совокупности биотических и абиотических факторов.

Выводы. В результате сравнительного анализа сезонной динамики доступных соединений азота, фосфора и калия в корнеобитаемой зоне генеративных растений клюквы крупноплодной в рамках полевых экспериментов с использованием минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) и отечественных биологических удобрений – азотфиксирующего и фосфатмобилизующего микробного «МаКлоР» в 5%- и 10%-й концентрациях, а также органо-минерального «Экогум-комплекс» на выработанных торфяниках верхового типа в центральной и северной агроклиматических зонах республики в первом случае выявлено заметное сходство в сезонном ходе накопления в субстрате аммонийного азота и подвижного фосфора, с одной стороны, а также нитратного азота и обменного калия, с другой, обусловленное синергическим характером их потребления с корневым питанием и под генеративными растениями сорта Stevens клюквы крупноплодной в Докшицком р-не, 2021 г.

биологическими особенностями развития опытных растений, тогда как во втором случае подобный синергизм установлен для доступных соединений фосфора и калия, а также для аммонийного и нитратного азота.

Показано, что конфигурация накопительных кривых питательных элементов в торфяном субстрате в основном характеризовалась доминированием нисходящих тенденций к окончанию вегетационного периода и определялась видом используемых удобрений, географическим положением района исследований, генотипом культиваров и стадией их сезонного развития.

Список использованных источников

1. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения нитратного азота: ГОСТ 27894.4-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 13 с.
2. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения аммиачного азота: ГОСТ 27894.3-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 11 с.
3. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм фосфора: ГОСТ 27894.5-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 8 с.
4. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм калия: ГОСТ 27894.6-88. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 5 с.
5. Прокошев, В. В. Место и значение калия в агроэкосистеме / В. В. Прокошев // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 35–43.
6. Соловьев, А. В. Роль химического элемента калия в питании и жизни растений / А. В. Соловьев, Ю. В. Сидорова // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2022. – Вып. 41 (46). – С. 59–64.
7. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш, П. А. Саскевич, Г. И. Тарануха [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.

Поступила 13.04.2024