

Изучение динамики подвижных форм азота, фосфора и калия в мерзлотной лугово-черноземной почве Центральной Якутии в полевом опыте со смородиной

О.Г. Захарова

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск
olya.choma@mail.ru*

Аннотация. Представлен опыт по применению органических и минеральных макро- и микроудобрений при возделывании смородины черной на мерзлотной лугово-черноземной почве Центральной Якутии на фоне орошения. Объектом исследования являлся сорт якутской селекции смородины черной – Якутская (Альго). Опыты проводились по следующей схеме: 1) контроль, без удобрений; 2) NPK; 3) NPK + перегной; 4) NPK + микроэлементы. Проведена оценка обеспеченности исследуемой почвы опытного участка подвижными формами азота, фосфора и калия. При этом использовали стандартные методы их определения. Так, нитратный азот определяли с дисульфофеноловой кислотой, аммиачный азот – с реактивом Неслера, подвижный фосфор – по Гинзбург-Артамоновой, обменный калий – по Масловой. Выявлено, что обеспеченность подвижными формами азота и калия исследуемой почвы Центральной Якутии являлась низкой, а подвижным фосфором – высокой. Изучена динамика пищевого режима данной почвы в условиях различного агрофона. Установлено, что среднее содержание доступных форм азота, фосфора и калия в мерзлотной лугово-черноземной почве повысилось во всех удобренных вариантах опыта по сравнению с контролем. Отмечено, что в течение вегетационного периода смородины черной большая потребность в данных питательных элементах увеличивается в фазу созревания ягод.

Ключевые слова: мерзлотные почвы, смородина черная, удобрения, перегной, микроэлементы.

Study of Dynamics of Mobile Forms of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Cryogenic Meadow-Chernozem Soil of Central Yakutia in the Field Experiment with the Currants

O.G. Zacharova

*Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk
olya.choma@mail.ru*

Abstract. In this study, the practice of use of mineral macro and micro fertilizers together with irrigation in culturing of blackcurrant on frozen meadow-chernozemic soils of Central Yakutia has been demonstrated. Object of study is the variety of blackcurrant of Yakutian selection – Yakutskaya. Experiments were carried out under the following scheme: 1) Control, without fertilizer; 2) NPK; 3) NPK + humus; 4) NPK + microelements. We used the standard methods of investigation in this experiments. The content of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium in studied soil has been estimated. We used the standard methods of investigation in this experiments. So, nitrate nitrogen was determined with phenoldisulfonic acid, ammonia nitrogen – with the Nesler reagent, mobile phosphorus – by the Ginsburg-Artamonova, exchange potassium – by the Maslov. It was revealed, that the content of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium in studied soil of Central Yakutia is low, but mobile phosphorus – high. The dynamics of nutrition regime of the soil in conditions of different soil fertility values was studied. It was found that the average content of available forms of nitrogen, phosphorous and potassium in frozen meadow-chernozemic soil was increased in all fertilized variants as compared to control samples. It was noted that during blackcurrant vegetation period the higher demand in these elements was observed during the ripening phase.

Key words: frozen soils, black currant, fertilizer, humus, microelements.

Введение

Самой популярной и доступной ягодной культурой в Республике Саха (Якутия) является смородина черная, пищевая и лекарственная ценность которой хорошо известны. В связи с необходимостью обеспечения качественного и сбалансированного питания северян, и в частности якутян, остро стоит проблема производства скоропортящихся ягод в местных условиях и разработки научных основ ягодоводства в мерзлотной области.

Согласно районированию сельскохозяйственных районов Центральной Якутии [1], пригородная часть г. Якутска входит в состав так называемой центральной подзоны Приленской зоны общей площадью 70,5 тыс. км². Основу агрометеорологического фонда здесь составляют мерзлотные черноземы совокупно с черноземовидными почвами – лугово-черноземными и черноземно-луговыми, которые характеризуются как высокоплодородные. Мерзлотные лугово-черноземные почвы осваиваются под овощные и картофель при орошении, зерновые и кормовые, а в нашем случае и ягодные культуры. Мерзлотные лугово-черноземные почвы наряду с черноземами являются основными объектами орошаемого земледелия [2].

Почвы Якутии бедны азотом и его подвижными соединениями [3]. Г.П. Гамзиков и др. [4] отмечают, что в мерзлотных лугово-черноземных почвах интенсивность мобилизации азотных соединений сдерживается слабой активностью биологической жизни и коротким периодом благоприятных гидротермических условий. Одним из наиболее значимых и наиболее действенных приемов улучшения азотного режима лугово-черноземных почв являются азотсодержащие органические и минеральные удобрения [5].

Черная смородина – фосфоролюбивая культура и по выносу фосфора занимает первое место среди ягодников [6]. Поэтому внесение фосфора должно в 2–3 раза превышать его вынос [7]. Однако коэффициент использования ею фосфора из минеральных удобрений по сравнению с азотом и калием более низкий. Использование фосфора увеличивается при улучшении питания растений другими элементами, особенно азотом [6].

Растения смородины используют питательные вещества не только на создание урожая текущего года, но и на формирование будущего [8]. Важно создать для растения в течение вегетации такие условия, которые способствовали бы накоплению большого количества питательных веществ в запасающих тканях. В любую фазу развития смородины необходимо сбалансированное азотно-фосфорное и калийное пита-

ние [6]. За счет повышения агрофона и улучшения питания смородины черной возможно получение прибавки урожая на 20–50 % [9]. Но в то же время просто количественным увеличением удобрений этого достичь невозможно. Для эффективного расхода азота, фосфора и калия на создание как урожая, так и биомассы куста в целом нужно сбалансированное минеральное питание.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные работы проводились в 2008–2010 гг. на территории плодово-ягодного участка Якутского ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН в условиях полевого опыта [10] с органическими и минеральными макро- и микроудобрениями на фоне орошения. Объектом исследования являлся сорт якутской селекции ЯНИИСХ смородины черной – Якутская (Альго), произрастающей на мерзлотной лугово-черноземной почве. Опыты проводились по следующей схеме: 1) контроль, без удобрений; 2) NPK; 3) NPK + перегной; 4) NPK + микроэлементы. Повторность опытов трехкратная. Возраст кустов 7–9 лет. Вегетационные поливы опытных растений в годы наблюдений осуществлялись с I декады июня по I декаду августа в 3–4 приема (общая норма около 1000 м³/га).

Дозы минеральных удобрений составили (кг/га): в 2008 г. – N₉₀P₆₀K₆₀, в 2009 г. – N₉₀P₁₅K₆₀, а в 2010 г. – N₁₂₀P₆₀K₉₀. Комплексное микроудобрение вносилось в дозе (кг/га): бор – 1,0, цинк – 20,0, медь – 5,0, кобальт – 1,0, марганец – 10,0, молибден – 1,0. Перегной вносился в 2008 г. из расчета дозы 60 т/га. При этом макроудобрения вносились с учетом оценки обеспеченности исследуемой почвы подвижными формами азота, фосфора и калия. В качестве минеральных удобрений использовали мочевину с содержанием N – 46 %, аммофос – P₂O₅ – 52 % и N – 12 %, а также сульфат калия – K₂O – 53 %. Макроудобрения вносились вразброс, а микроудобрения – в виде раствора на поверхность почвы. Расчетная площадь корневого питания одного куста смородины составляла 2,25 м² (1,5 × 1,5 м).

Подвижные формы азота, фосфора и калия в слое 0–20 см мерзлотной лугово-черноземной почвы изучали по стандартным методикам [11]. При этом нитратный азот определяли с дисульфидной кислотой, аммиачный азот – с реактивом Неслера, подвижный фосфор – по Гинзбург-Артамоновой, обменный калий – по Масловой. Отбор почвенных проб проводили 1 раз в месяц и 4 раза в течение вегетационного периода (20.06–20.09).

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ

Результаты и обсуждение

Нами была изучена динамика подвижных форм азота, фосфора и калия в исследуемой почве опытного участка в течение вегетационных периодов 2008–2010 гг. (табл. 1–4). В целом за годы наблюдений выявлено, что содержание подвижного азота, оцененное по градациям [12], являлось очень низким, а обеспеченность подвижными фосфатами по Гинзбург-Артамоновой характеризовалась как средняя и высокая [11], в то время как доступным калием по Масловой – как преимущественно низкая [13]. Среднее содержание доступных форм данных элементов в мерзлотной лугово-черноземной почве повысилось во всех удобренных вариантах опыта по сравнению с контролем.

В 2008 г. содержание аммиачного азота в исследуемой почве во всех удобренных вариантах по сравнению с контролем увеличилось (табл. 1), причем в конце вегетации концентрация его сократилась, что связано с выносом данного элемента из почвы в процессе его поглощения

растениями. Так как в это время листья еще не опали, фотосинтез идет активно и накапливаемые листом подвижные формы азота направляются на формирование устойчивости тканей смородины черной. В 2009 г. содержание аммиачного азота на данном опытном участке, так же как и в прошлом году, по сравнению с контролем повысилось. Причем, если в конце вегетационного периода 2008 г. отмечалось, как правило, понижение концентрации данного элемента в почве, то в следующем году в начале вегетации – повышение, что связано с внесением азотного удобрения. В начале созревания ягод (20.07) на удобренном варианте с внесением перегной на фоне полного минерального удобрения NPK было отмечено максимальное содержание аммиачного азота (1,8 мг/100 г). Далее в конце вегетационного периода 2009 г. также наблюдалось понижение его концентрации почти во всех вариантах опыта.

В 2010 г. в целом среднее содержание аммиачного азота во всех вариантах опыта, включая

Таблица 1

Содержание аммиачного азота в почве (в слое 0–20 см) опытного участка в вегетационные периоды 2008–2010 гг.

Вариант	Содержание аммиачного азота, мг/100 г почвы				$\frac{X_{min}-X_{max}}{X}$ *
	20.06	20.07	20.08	20.09	
2008 г.					
Контроль, без удобрений	0,8	1,3	0,9	0,2	$\frac{0,2-1,3}{0,8}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,2	1,1	1,7	0,9	$\frac{0,9-1,7}{1,2}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + перегной	1,3	1,1	1,1	1,3	$\frac{1,1-1,3}{1,2}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + микроэлементы	1,1	1,3	1,2	1,3	$\frac{1,1-1,3}{1,2}$
2009 г.					
Контроль, без удобрений	0,7	0,8	0,5	0,5	$\frac{0,5-0,8}{0,6}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀	1,4	1,5	0,4	0,5	$\frac{0,4-1,4}{0,9}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀ + перегной	1,7	1,8	0,7	0,6	$\frac{0,6-1,8}{1,2}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀ + микроэлементы	1,3	1,5	0,5	0,7	$\frac{0,7-1,5}{1,0}$
2010 г.					
Контроль, без удобрений	0,3	0,4	0,4	0,2	$\frac{0,1-0,4}{0,3}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	0,5	0,5	0,3	0,3	$\frac{0,3-0,5}{0,4}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + перегной	0,4	0,6	0,3	0,4	$\frac{0,3-0,6}{0,4}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + микроэлементы	0,4	0,5	0,4	0,5	$\frac{0,3-0,5}{0,4}$

* Здесь и далее над чертой – пределы изменения; под чертой – среднее значение.

Содержание нитратного азота в почве (в слое 0–20 см) опытного участка в вегетационные периоды 2008–2010 гг.

Вариант	Содержание нитратного азота, мг/100 г почвы				$\frac{X_{min}-X_{max}}{\bar{X}}$
	20.06	20.07	20.08	20.09	
2008 г.					
Контроль, без удобрений	0,2	0,2	0,2	0,1	$\frac{0,1-0,2}{0,2}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,4	0,3	0,3	0,2	$\frac{0,2-0,4}{0,3}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + перегной	0,3	0,3	0,3	0,3	$\frac{0,3-0,3}{0,3}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + микроэлементы	0,3	0,3	0,3	0,3	$\frac{0,3-0,3}{0,3}$
2009 г.					
Контроль, без удобрений	0,1	0,2	0,1	0,2	$\frac{0,1-0,2}{0,2}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀	0,4	0,6	0,1	0,2	$\frac{0,1-0,6}{0,3}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀ + перегной	0,2	0,3	0,1	0,2	$\frac{0,1-0,3}{0,2}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀ + микроэлементы	0,6	0,2	0,2	0,2	$\frac{0,2-0,6}{0,3}$
2010 г.					
Контроль, без удобрений	0,2	0,2	0,3	0,2	$\frac{0,2-0,3}{0,2}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	1,3	0,3	0,2	0,2	$\frac{0,2-1,3}{0,5}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + перегной	0,5	0,3	0,4	0,2	$\frac{0,2-0,5}{0,4}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + микроэлементы	0,7	0,3	0,2	0,2	$\frac{0,2-0,7}{0,4}$

Содержание подвижного фосфора в почве (в слое 0–20 см) опытного участка в вегетационные периоды 2008–2010 гг.

Вариант	Содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы				$\frac{X_{min}-X_{max}}{\bar{X}}$
	20.06	20.07	20.08	20.09	
2008 г.					
Контроль, без удобрений	30,9	30,9	27,2	28,8	$\frac{27,2-30,9}{29,5}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	39,4	37,1	39,1	40,6	$\frac{37,1-40,6}{39,0}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + перегной	40,3	36,1	38,0	43,3	$\frac{36,1-43,3}{39,4}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + микроэлементы	39,4	38,9	39,8	33,6	$\frac{33,6-39,8}{37,9}$
2009 г.					
Контроль, без удобрений	23,6	23,8	22,6	22,0	$\frac{22,0-23,8}{23,0}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀	26,9	28,1	27,4	26,6	$\frac{26,6-28,1}{27,2}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀ + перегной	27,4	27,1	26,1	25,4	$\frac{25,4-27,4}{26,5}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀ + микроэлементы	26,6	27,4	25,3	27,1	$\frac{25,3-27,4}{26,6}$
2010 г.					
Контроль, без удобрений	27,5	28,9	27,1	29,5	$\frac{25,0-29,5}{27,6}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	33,4	31,5	30,9	30,5	$\frac{30,5-33,4}{31,6}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + перегной	30,9	30,4	25,4	29,5	$\frac{25,4-32,6}{29,8}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + микроэлементы	30,5	30,8	32,1	28,9	$\frac{28,9-30,8}{30,5}$

Содержание подвижного калия в почве (в слое 0–20 см) опытного участка в вегетационные периоды 2008–2010 гг.

Вариант	Содержание подвижного калия, мг/100 г почвы				$\frac{X_{\min}-X_{\max}}{\bar{X}}$
	20.06	20.07	20.08	20.09	
2008 г.					
Контроль, без удобрений	10,9	10,1	10,2	11,0	$\frac{10,1-11,0}{10,5}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	11,8	11,2	10,5	12,1	$\frac{10,5-12,1}{11,4}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + перегной	13,1	13,6	12,9	16,1	$\frac{12,9-16,1}{13,9}$
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + микроэлементы	11,0	11,7	10,1	12,0	$\frac{10,1-12,0}{11,2}$
2009 г.					
Контроль, без удобрений	9,6	9,0	8,5	8,9	$\frac{8,5-9,6}{9,0}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀	10,2	8,8	10,6	9,7	$\frac{8,8-10,6}{9,8}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀ + перегной	10,2	10,4	9,8	12,6	$\frac{9,8-12,6}{10,8}$
N ₉₀ P ₁₅ K ₆₀ + микроэлементы	9,8	10,8	9,1	11,3	$\frac{9,1-11,3}{10,3}$
2010 г.					
Контроль, без удобрений	10,5	10,7	11,9	12,4	$\frac{11,2-12,4}{11,3}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	11,0	10,9	11,0	13,2	$\frac{10,9-13,2}{11,6}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + перегной	12,2	12,8	11,0	13,8	$\frac{11,0-14,3}{12,8}$
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ + микроэлементы	11,2	9,6	10,1	13,9	$\frac{9,6-13,9}{11,7}$

и контрольный, было ниже, чем в предыдущие годы, что, по-нашему мнению, связано с повышенным выносом аммиачного азота из почвы с урожаем смородины черной [14]. Максимальное значение (0,6 мг/100 г) отмечалось в середине вегетационного периода в начале созревания ягод на удобренном варианте с внесением перегноя на фоне NPK.

Содержание нитратного азота в исследуемой почве в течение вегетационного периода 2008 г. было намного меньше, чем количество аммиачного азота (табл. 1–2). Причем значения концентраций данного элемента лежат, как правило, в одних пределах. После внесения азотного удобрения в начале вегетации 2009 г. содержание нитратов почти во всех удобренных вариантах опыта по сравнению с контролем незначительно повысилось. При этом в фазе созревания ягод наблюдалось уменьшение их содержания.

В 2010 г. содержание нитратного азота в исследуемой почве в начале вегетации повысилось

на всех вариантах опыта по сравнению с предыдущими годами, что связано с внесением повышенной дозы азотных удобрений (120 кг/га). Максимальное значение концентрации нитратов (1,3 мг/100 г почвы) отмечалось на удобренном варианте NPK.

В 2008 г. содержание подвижного фосфора в почве в начале вегетации было высоким (табл. 3). И, как правило, в конце вегетационного периода наблюдалось понижение его содержания. В 2009 г. концентрация подвижного фосфора значительно уменьшилась по сравнению с прошлым годом, так как в этом году фосфорное удобрение в опыте вносилось в меньшем количестве (15 кг/га) ввиду высокого содержания подвижных фосфатов в исследуемой почве. Вероятно, это также может быть связано и с тем, что 2009 г. был более влажный за счет обильной весенней влагозарядки [15], и подвижный фосфор частично выносился в нижележащие почвенные горизонты. В этом году во всех удоб-

ренных вариантах опыта также повысилась концентрация данного элемента по сравнению с контролем. Во время созревания ягод количество подвижного фосфора понизилось.

В 2010 г. концентрация подвижного фосфора в исследуемой почве повысилась на всех удобренных вариантах по сравнению с прошлым годом, что связано с внесением повышенной дозы (60 кг/га) фосфорного удобрения. Максимальное содержание данного элемента (33,4 мг/100 г) отмечалось на удобренном варианте NPK в начале вегетации.

Также максимальное среднее содержание подвижного фосфора в течение вегетационных периодов исследуемых лет наблюдалось в удобренном варианте NPK с добавлением перегноя.

В 2008 г. среднее содержание доступного калия в почве повысилось во всех удобренных вариантах опыта по сравнению с контролем (табл. 4). При этом максимальное значение концентрации данного элемента отмечалось на удобренном варианте с внесением перегноя на фоне NPK. В период созревания ягод также наблюдалось уменьшение его количества.

В 2009 г. содержание подвижного калия в почве было ниже, чем в прошлом году, несмотря на внесение калийных удобрений. Видимо, это связано с накоплением аскорбиновой кислоты в ягодах смородины черной, а также с увеличением их урожайности в этом году почти в двукратном размере, т.е. с повышенным выносом данного элемента [14]. В 2010 г. после внесения повышенной дозы калийного удобрения в исследуемой почве опытного участка содержание подвижного калия повысилось во всех удобренных вариантах по сравнению с таковыми в прошлом году. Анализ динамики содержания подвижного калия показал аналогичную закономерность прошлых лет. Вынос доступного калия смородиной черной на всех вариантах опыта, включая и контроль, был больше, чем в предыдущие годы, что, вероятно, также связано с увеличением урожайности смородины в данном году [14].

Выводы

1. В проведенном опыте установлено, что обеспеченность подвижными формами азота и калия исследуемой мерзлотной лугово-черноземной почвы Центральной Якутии являлась низкой, а подвижным фосфором – высокой.

2. Выявлено, что среднее содержание доступных форм азота, фосфора и калия в данной

почве повысилось во всех удобренных вариантах опыта по сравнению с контролем.

3. Показано, что в течение вегетационного периода смородины черной большая потребность в азоте, фосфоре и калии увеличивается в фазу созревания ягод.

Литература

1. *Еловская Л.Г.* Почвы земледельческих районов Якутии и пути повышения их плодородия. Якутск: Кн. изд-во, 1964. 76 с.
2. *Еловская Л.Г.* Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. 172 с.
3. *Черткова М.А.* Плодово-ягодные культуры в Якутии. Якутск: Кн. изд-во, 1974. 88 с.
4. *Гамзиков Г.П., Мангатаев Ц.Д., Пугарева Н.Н.* Азотный и фосфатный режим лугово-черноземных мерзлотных почв Витимского плоскогорья // Биологические проблемы Севера: Тезисы X Всесоюзного симпозиума. Ч.1. Магадан, 1983. С. 282.
5. *Gamzikov G.P.* Nitrogen agrochemistry in Siberian meadow-chernozemic soils // Eurasian Soil Science. 2004. V. 37, № 1. P. 69–77.
6. *Северин В.Ф.* Черная смородина в Сибири: технология выращивания, заготовка и переработка. М.: Росагропромиздат, 1988. 93 с.
7. *Fleischel H.* Phosphatdüngung im Obstbau // Phosphorsäure. 1963. Н. 23, № 3. S. 166–178.
8. *Черткова М.А., Готовцева Л.П.* Плодово-ягодные культуры в Якутии. Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние Якут. НИИСХ, 2004. 160 с.
9. *Волкова Н.К.* Сад и ягодник. Алма-Ата: Изд-во ЦК Компартии Казахстана, 1988. 223 с.
10. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
11. *Агрохимические* методы исследования почв. М.: Наука, 1985. 496 с.
12. *Оценка* плодородия мерзлотных почв земледельческих районов Якутии по содержанию гумуса и нитратного азота (рекомендации). Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1987. 8 с.
13. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
14. *Горохова О.Г., Чевычелов А.П., Коробкова Т.С.* Влияние удобрений на урожайность и содержание аскорбиновой кислоты в ягодах смородины черной, произрастающей в Якутии // Садоводство и виноградарство. 2010. №1. С. 39–43.
15. *Горохова О.Г., Чевычелов А.П., Коробкова Т.С.* Влияние почвенно-климатических условий на качество ягод смородины черной // Сибирский вестник с.-х. науки. 2012. № 6. С. 52–59.

Поступила в редакцию 14.02.2017