

**ВЛИЯНИЕ КАРТФЕЛЬНО-КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТОВ НА
УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ И НА ПЛОДОРОДИЯ
МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЯКУТИИ**

**INFLUENCE POTATO-FODDER CROP ROTATIONS ON YIELD AND
QUALITY OF POTATOES AND ON THE FERTILITY OF PERMAFROST
SOILS OF YAKUTIA**



УДК 631.874.2:635.21:631.559.2

DOI:10.24411/2588-0209-2019-10108

Борисова Дария Васильевна, аспирант, ФГБУН ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова» (677001, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7666-5207>, dariya.borisova.92@mail.ru.

Николаева Февронья Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии и оборудования лесного комплекса», ФГБУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия» (677007, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Сергеляхское шоссе, 3 км, дом 3), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5709-2012>, yad250673@mail.ru.

Охлопкова Полина Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник ФГБУН ЯНЦ СО РАН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова» (677001, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0007-5359-6299>.

Dariya V. Borisova, graduate student, FRC YaSC SB RAS M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture (23/1, Bestuzheva-Marliskogo str., Yakutsk city, Republic of Sakha (Yakutia), 677001, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7666-5207>, dariya.borisova.92@mail.ru

Fevronia V. Nikolaeva, candidate of agricultural sciences, associate professor Technologies and equipment of the forest complex FSBI of HE Yakut State

Agricultural Academy (h. 3, 3 km Sergelyakhskoe highway, Yakutsk city, Republic of Sakha (Yakutia), 677001, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5709-2012>, yad250673@mail.ru.

Polina P. Okhlopkova, doctor of agricultural sciences, chief researcher fellow FRC YaSC SB RAS M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture (23/1, Bestuzheva-Marliskogo str., Yakutsk city, Republic of Sakha (Yakutia), 677001, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0007-5359-6299>.

Аннотация

Представлены результаты научных исследований по влиянию заправки кормовых культур (овес, горохоовсяная смесь, викоовсяная смесь) на урожайность, качество клубней картофеля районированного сорта Якутянка, и на агрохимический состав (гумус, общий азот, фосфор и калий) и биологическую активность мерзлотных почв в условиях Центральной Якутии. Полевые опыты проводились в 2015 – 2017 гг. на орошаемом стационаре «Бэлэнтэй» Центрально-Якутской низменности Республики Саха (Якутия). Почва опытного участка мерзлотно черноземно-лугово легкосуглинистая солончаковатая; содержание гумуса в пахотном слое почвы перед закладкой опыта (2015 г.) составляло 3,2%, P_2O_5 – 125,0 мг/кг, K_2O – 292,0 мг/кг, $N_{общ.}$ – 0,31%. Заправка кормовых культур проводилась в 2015 году. Выявлено, что на мерзлотно черноземно-лугово легкосуглинистых солончаковатых почвах заправка кормовых культур увеличивала содержание основных питательных элементов почвы по сравнению возделывания картофеля в монокультуре. Установлено, положительное влияние на урожайность клубней картофеля отмечено по звену севооборота горохоовсяной смеси, с прибавкой урожайности в 2,3 т/га (картофель-монокультура – 11,0 т/га). Повышение содержания крахмала в клубнях картофеля отмечено при заправке овса и викоовсяной смеси. Изучение динамики численности почвенных микроорганизмов показало, что в почвах опытного участка содержание общей численности микроорганизмов существенно меняется. Численность их достигает своего максимума в июле, составляя в среднем за годы исследований от 209,96 до 777,3 млн. КОЕ/гр. почвы, и уменьшается в сентябре на 1,5 раза.

Summary

Presents the results of research on the influence of the plowing of forage crops (oats, peas-oat mixture, vetch-oat mixture) on yield, quality of tubers of released varieties Yakutyanka, and the agrochemical composition (humus, total nitrogen, phosphorus

and potassium) and biological activity of permafrost soils in conditions of Central Yakutia. Field experiments were conducted in 2015 - 2017 on the irrigated area "Belentei" in Central Yakutia of the Republic of Sakha (Yakutia). The soil of the experimental site is permafrost black soil-meadow saline; humus content in the arable soil layer before laying the experiment (2015) was 3.2%, P_2O_5 – 125.0 mg/kg, K_2O – 292.0 mg/kg, N – 0.31%. Forage crops were ploughed in 2015. It is revealed that on permafrost Chernozem-meadow saline soils the plowing of forage crops increased the content of the main nutrients of the soil in comparison with the cultivation of potatoes in the monoculture. It was established that the positive effect on the yield of potato tubers was noted by the link of the crop rotation of the pea-oat mixture, with an increase in yield of 2.3 t/ha (potatoes-monoculture – 11.0 t/ha). The increase in the content of starch in potato tubers has been observed when the smell of oats and vetch-oat mixture. The study of the dynamics of the number of soil microorganisms showed that in the soils of the experimental site the content of the total number of microorganisms change significantly. Their number reaches its maximum in July, averaging over the years of research from 209.96 to 777.3 million CFU/gr. soil, and decreases in September by 1.5 times.

Ключевые слова: картофель, кормовые культуры, урожайность, мерзлотные почвы, питательные вещества, биологическая активность.

Key words: potatoes, fodder crops, productivity, permafrost soils, nutrients, biological activity.

В продукции растениеводства Якутии, производимой для питания населения, картофель занимает лидирующее положение. В настоящее время площадь под картофелем составляет около 7,3 тыс. га, около 60 %, из которых находятся в частной собственности. Урожайность в республике по годам и отдельным хозяйствам колеблется от до 10 т/га и более. [9, 13]

Одной из главных проблем мелких хозяйств является ограниченность земельных участков, приводящая к вынужденному многолетнему бессменному возделыванию картофеля на одном и том же месте. В результате почва односторонне истощается, в ней накапливаются возбудители различных болезней, вредители, семена сопутствующих сорняков. Картофель, возможно, выращивать в монокультуре, но в большинстве случаев при нарушении агротехники мероприятий наблюдается через несколько лет быстрое снижение урожайности, ухудшение качества продукции, и уменьшаются запасы валовых форм питательных веществ, что приводит к снижению биологической активности почвы и ее плодородию.

Для решения проблемы существенного повышения урожайности картофеля, необходима разработка дифференцированных, максимально приближенных к местным условиям технологий, составной частью которых является проектирование короткоротационных

картофельных севооборотов, которые могут себе позволить небольшие хозяйства, ограниченные недостатком пахотных земель. Применение таких севооборотов позволит обеспечить высокую продуктивность всех культур при сохранении и повышении плодородия почвы.

Цель исследований: Изучить влияния картофеле-кормовых севооборотов на урожайность и качество клубней картофеля, и плодородие мерзлотных почв.

Условия, материалы и методы исследований. Полевые опыты проводили на орошаемом стационаре «Бэлэнтэй» в 2015–2017 гг., расположенном на территории Центрально-Якутской низменности, второй надпойменной террасе р. Лена, в Хангаласском улусе (районе) Республики Саха. Почва опытного участка мерзлотно черноземно-лугово солончаковатая, по гранулометрическому составу среднесуглинистая. Объекты исследований: районированный сорт картофеля Якутянка, мерзлотные почвы.

Схема опыта включала 4 вида севооборотов:

1. Картофель- монокультура;
2. Овес – картофель - картофель
3. Горохоовсяная смесь – картофель – картофель;
4. Викоовсяная смесь – картофель – картофель;

Ежегодно каждый севооборот имел полное количество полей, которые развернуты во времени. Общая площадь делянки – 300 м², учетной делянки – 252 м².

Запашка кормовых культур проводилась в 2015 году. В качестве сидеральных культур горохоовсяной смеси использовались семена овса сорта Покровский-9, гороха посевного Мелкосемянный с общей нормой высева овса – 50 кг/га, гороха – 150 кг/га. Викоовсяной смеси высевались семена вики посевной (яровой) Ленская 15 – 80 кг/га, овса – 200 кг/га.

Подготовка почвы и уход за посадками картофеля общепринятые для данного региона. Минеральные удобрения в форме азофоски вносили в варианте картофель – монокультура перед вспашкой в дозе (NPK)₄₆. Посадку проводили в соответствии с указанными сроками. Все учеты и наблюдения проводили согласно Методике исследований по культуре картофеля [5, 10].

Биохимический состав клубней определяли: содержание сухого вещества – весовым методом, крахмала – методом Эверса, витамина С – по Мурри, сахаров – по методу Бертрана, нитратов – количественным ионометрическим методом.

Агрохимический состав почвы определяли стандартными методами: гумус – по Тюрину; N – по Кьельдалю, P₂O₅ ГОСТ 26209-89, K₂O ГОСТ 26208-84, pH – потенциометрические ГОСТ 26423-85 [1, 2, 3, 4].

Для микробиологического анализа почвы проведен отбор почвенных образцов в мае до внесения удобрений, июле и сентябре после уборки урожая, анализ выполнен по стандартной методике [8, 11]. Микробиологические анализы по выделению микроорганизмов из почвы проводили методом посева на плотные питательные среды [6]. Вегетационный период 2016 г. характеризовался ранней, холодной, продолжительной весной, с обильными осадками в июле, августе, затяжной осенью. Сумма осадков за вегетационный период составила 165,5 мм, при норме 127,0 мм. Метеорологические

условия вегетационного периода 2017 г. характеризовался близким к норме среднесуточными температурами воздуха, засушливым маем, июнем и августом, переувлажненным июлем (83,4 мм) и сентябрем (73,0 мм), что составляет на 181,3-278,8% выше среднемноголетней нормы.

Результаты и их обсуждение. Важнейшими показателями плодородия почвы является наличие гумуса, реакции почвенной среды, запасы доступного азота, фосфора и обменного калия. От содержания и состава органического вещества почвы в прямой зависимости находятся практически все свойства почвы.

По данным Л.Г. Еловской, А.К. Коноворовского (1978) почвы Центральной Якутии бедны минеральными формами азота и подвижной формой фосфора. Однако, для них характерно сравнительно высокое содержание калия. Малое содержание минерального азота объясняют следствием замедленных темпов разложения органического вещества, слабой микробиологической деятельностью, холодностью почв и коротким периодом их прогревания за летний период [7].

Почва опытного участка мерзлотно черноземно-лугово солончаковатая; содержание гумуса в пахотном слое почвы перед закладкой опыта (2015 г.) составляло 3,2%, P_2O_5 – 125,0 мг/кг, K_2O – 292,0 мг/кг, $N_{общ.}$ – 0,31%.

Содержание общего азота в почвах на опытном участке в слое 0-20 см увеличивалось во всех вариантах севооборота кормовых культур (табл. 1).

За годы исследований прослеживалось увеличение питательных веществ в почве под сидеральными культурами. В целом содержание общего азота составляло 0,34-0,35%, обменного калия – 164,36-277,09 мг/кг, фосфора – 184,78-199,42 мг/кг. При возделывании картофеля в монокультуре содержание общего азота уменьшалось до 0,28%, а обменного калия до 254,3 мг/кг.

Таблица 1 – Содержание основных питательных веществ почвы в пахотном слое 0-20 см (среднее за 2015 - 2017 гг.)

Варианты	Показатели		
	Азот общий, %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг
Исходное (2015 г.)	0,31	125,0	262,0
Картофель – монокультура	0,28	162,5	254,33
Овес – картофель – картофель	0,34	199,42	264,36
Горохоовсяная смесь – картофель – картофель	0,35	195,46	271,25
Викоовсяная смесь – картофель – картофель	0,34	184,78	277,09

Таким образом, на мерзлотно черноземно-лугово солончаковатых почвах запашка кормовых культур приводят к повышению содержания основных питательных веществ почвы.

Влияние запашки кормовых культур на урожайность картофеля наблюдалась некоторая тенденция к увеличению урожая по всем вариантам. Урожайность картофеля в монокультуре с применением минеральных удобрений в форме азофоски (NPK)₄₆ составила 11,0 т/га. Наибольшая урожайность отмечена по звену севооборота горохоовсяная смесь-картофель-картофель – 13,3 т/га, при товарности 75,0% (Табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность картофеля сорта Якутянка, т/га (среднее за 2015-2017 гг.)

Варианты	Урожайность, т/га	Товарность, %	Прибавка к контролю	
			т/га	%
Картофель – бессменно (ср. 2015-2017 гг.)	11,0	68,0	-	-
Овес – картофель – картофель (ср. 2016-2017 гг.)	12,7	75,0	+1,7	18,5
Горохоовсяная смесь – картофель – картофель (ср. 2016-2017 гг.)	13,3	75,0	+2,3	20,9
Викоовсяная смесь – картофель – картофель (ср. 2016-2017 гг.)	12,4	72,0	+1,4	12,7
НСР ₀₅	2,1			

Таким образом, на урожайность картофеля сорта Якутянка существенное влияние оказал предшественник горохоовсяная смесь, прибавка урожайности составила 2,3 т/га, при товарности 75%.

На опытах содержание сухого вещества в клубнях картофеля составляет от 20,0-23,5%, крахмала – 17-18%. Некоторое повышение содержания крахмала в клубнях картофеля отмечено при запашке овса и викоовсяной. Содержание нитратов в клубнях во всех вариантах ниже ПДК, и составляет 36,0-45,0 мг/кг (табл. 3).

Таблица 3 – Биохимический состав клубней картофеля в среднем за 2015-2017 гг.

Вариант	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Нитраты, мг/кг
Картофель – бессменно (ср. 2015-2017 гг.)	20,0	17,0	40,0
Овес – картофель – картофель (ср. 2016-2017 гг.)	23,5	18,0	36,0
Горохоовсяная смесь – картофель – картофель (ср. 2016-2017 гг.)	23,0	17,5	45,0
Викоовсяная смесь – картофель – картофель (ср. 2016-2017 гг.)	22,0	18,0	41,0

НСП ₀₅	0,8
-------------------	-----

Разложение растительной массы в почве является важнейшим процессом, формирующим плодородие почвы. По результатам учета численности микроорганизмов на исследуемом участке севооборота, можно заметить, что запашка кормовых культур благоприятно влияют на биологическую активность почвы. Наибольшее количество микроорганизмов, использующие органические формы азота, обнаружено на варианте севооборота включением бобовых культур, а именно викоовсяной смеси и составляет в среднем в 2016 г. – 643,67 млн. КОЕ/гр. почвы, а в 2017 г. – их количество сократилось до 543 млн. КОЕ/гр. почвы. Все варианты превосходят по количеству аммонифицирующих микроорганизмов вариант картофель – монокультура в среднем 2-3 раза.

Численность микроорганизмов минерализующие органическое вещество достигает от 6,53-6,62 млн. КОЕ/гр. почвы, превышая на 1,3 раза варианта картофель – монокультура. В 2017 г. наибольшее количество нитрифицирующих микроорганизмов обнаружена в звене севооборота горохоовсяной смеси – 11,47 млн. КОЕ/гр. почвы, превышая на 1,9 раза варианта картофель-монокультура (табл. 4).

Таблица 4 – Численность микроорганизмов, использующие органические формы азота и участвующие в минерализации органического вещества в среднем за 2016-2017 гг., млн. КОЕ/гр. почвы.

Вид севооборота	Микроорганизмы, использующие органические формы азота		Микроорганизмы, участвующие в минерализации органического вещества	
	Первый год действия (2016 г.)	Второй год действия (2017 г.)	Первый год действия (2016 г.)	Второй год действия (2017 г.)
Картофель - монокультура	281,67	214,43	4,85	5,99
Овес – картофель – картофель	421,10	308,67	5,39	6,61
Горохоовсяная смесь – картофель - картофель	609,00	482,20	6,53	11,47
Викоовсяная смесь картофель - картофель	643,67	531,10	6,62	10,63
НСП ₀₅	33,60	28,30	1,16	1,17

В севооборотах преобладают бактерии около 87,1%, грибы – 7,2% и актиномицеты – 9,8%. Бактерии представлены группой споровых бактерий, как *Bacillus agglomeratus*, *Bac. idosus*, *Bac. mycoides* и *Bac. subtilis*. Из неспоровых встречаются бактерии рода *Pseudomonas*, в состав которых входят флюоресцирующие (*Pseudomonas fluorescens*) и желтопигментные

(*Pseudomonas herbicola*). Актиномицеты представлены видами *Actinomuces album*. Грибы представлены несколькими родами, среди которых доминируют *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor*, реже *Aspergillus*, *Alternaria*.

Изучение динамики численности почвенных микроорганизмов показало, что, в почвах опытного участка, находящихся в экстремальных условиях, содержание общей численности микроорганизмов в течение вегетационного периода существенно меняется. Их численность достигает своего максимума в июле, составляя в среднем за годы исследований от 209,96 до 777,3 млн. КОЕ/гр. почвы, и уменьшается в сентябре на 1,5 раза, что связано с особенностями гидротермического режима исследуемой почвы (рис. 1).

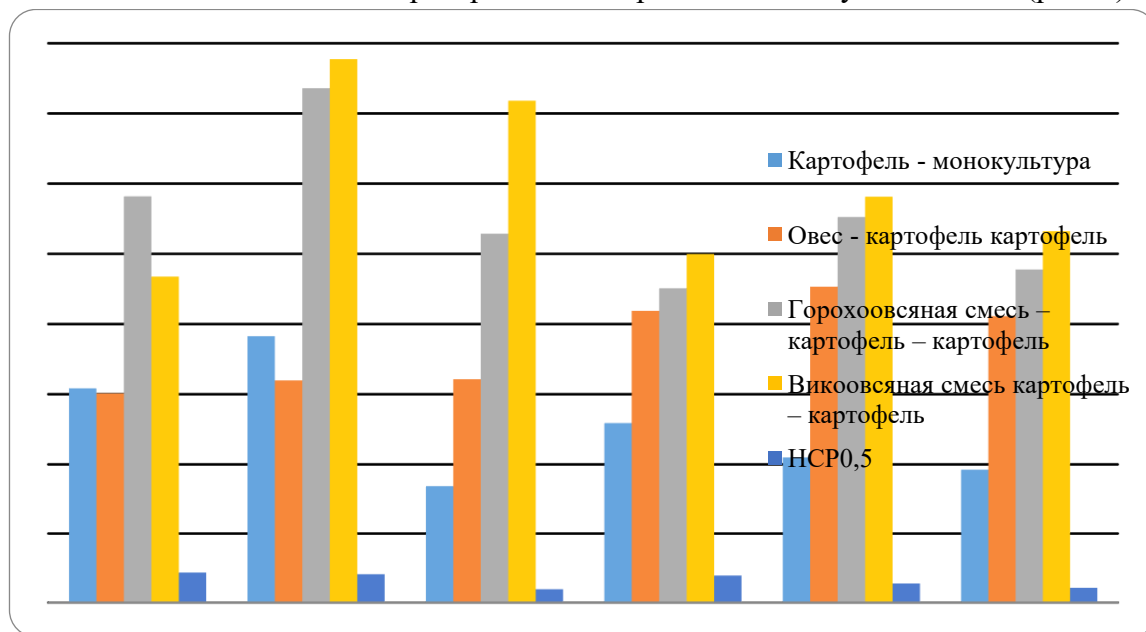


Рисунок 1 – Общее количество почвенных микроорганизмов, млн. КОЕ/гр. почвы

Выводы. Таким образом, на основании полученных данных положительное влияние на урожайность клубней картофеля отмечено по звену горохоовсяная смесь – картофель – картофель с достоверной прибавкой урожайности в 2,3 т/га. Между тем сидеральные культуры в последствии не оказывают существенного влияния на содержание сухого вещества и крахмала в клубнях. Содержание нитратов в клубнях во всех вариантах ниже ПДК. Введение картофельно-кормового севооборота в условиях Центральной Якутии на мерзлотно черноземно-лугово солончаковатой почве приводят к повышению содержание основных питательных элементов почвы, и повышается численность почвенных микроорганизмов, как микроорганизмы, использующие органические формы азота, так и микроорганизмы, участвующие в минерализации органического вещества, а возделывание картофеля в монокультуре снижает их численность.

Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. С. 268-285.
2. Ежов Г.И. Руководство к практическим занятиям по сельскохозяйственной микробиологии. Новосибирск, 1974. С. 156–160.

3. Еловская Л.Г., Коноровский А.К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. АН СССР, СО Якут. фил. Ин-т биологии. - Новосибирск: Наука СО, 1978. 175 с.
4. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1991. 304 с.
5. Коршунов А.В. Управление урожаем и качеством картофеля. М.: 2001. С. 3-21.
6. Методика исследований по культуре картофеля. М., 1967. 262 с.
7. Методы почвенной микробиологии: Методические рекомендации. Новосибирск, 1991. С. 14–32
8. Николаева Ф. В. К Микробиологической активности мерзлотно-лугово-черноземных засоленных почв // Роль сельскохозяйственной науки в стабилизации и развитии агропромышленного производства Крайнего Севера: сборник материалов науч.-практ.конф., посвящ. 45-летию Якутского НИИ РАСХН и 85-летию со дня рождения доктора ветеринарных наук, профессора, заслуженного ветеринарного врача ЯАССР, директора Якутского НИИСХ (1960-1988 гг.) М.Г. Сафронова. М., 2003. С. 115–116.
9. Охлопкова, П.П. Картофель Якутии. Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. С. 3-4

Literatura

1. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromzidat, 1985. S. 268-285.
2. Ezhov G.I. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po sel'skohozyajstvennoj mikrobiologii. Novosibirsk, 1974. S. 156–160.
3. Elovskaya L.G., Konorovskij A.K. Rajonirovanie i melioraciya merzlotnyh pochv YAkutii. AN SSSR, SO YAkut. fil. In-t biologii. - Novosibirsk: Nauka SO, 1978. 175 s.
4. Zvyaginцев D.G. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii. M.: MGU, 1991. 304 s.
5. Korshunov A.V. Upravlenie urozhaem i kachestvom kartofelya. M.: 2001. S. 3-21.
6. Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelya. M., 1967. 262 s.
7. Metody pochvennoj mikrobiologii: Metodicheskie rekomendacii. Novosibirsk, 1991. S. 14–32
8. Nikolaeva F. V. K Mikrobiologicheskoy aktivnosti merzlotno-lugovo-chernozemnyh zasolennyh pochv // Rol' sel'skohozyajstvennoj nauki v stabilizacii i razvitii agropromyshlennogo proizvodstva Krajnego Severa: sbornik materialov nauch.-prakt.konf., posvyashch. 45-letiyu YAkutskogo NII RASKHN i 85-letiyu so dnya rozhdeniya doktora veterinarnyh nauk, professora, zaslužennogo veterinarnogo vracha YAASSR, direktora YAkutskogo NIISKH (1960-1988 gg.) M.G. Safronova. M., 2003. S. 115–116.
9. Ohlopkova, P.P. Kartofel' YAkutii. YAkutsk: YAF GU «Izd-vo SO RAN», 2004. S. 3-4