

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.368-377>  
УДК 631.174:631.8



## Продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности подвижным фосфором и степени кислотности

© 2019. И. В. Лыскова<sup>1</sup>✉, Т. В. Лыскова<sup>1</sup>, Ф. А. Попов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», п. Фаленки, Кировская обл., Российская Федерация,

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В условиях Кировской области на дерново-подзолистой почве, сформированной на покровных суглинках, в длительном стационарном опыте (год закладки 1971) изучено влияние последодействия минеральных удобрений и извести, с учетом содержания в почве подвижного фосфора, на продуктивность клевера лугового сорта Дымковский. Исследования проводили в 2008...2018 гг. на почвенных фонах с различной кислотностью и обеспеченностью подвижным фосфором: без внесения извести (рН 3,68, АІ – 11...17 мг/100 г почвы, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 142...291 мг/кг почвы) и известкованном (рН 5,5, АІ – не выявлен, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 120 ... 232 мг/кг). В вариантах без внесения фосфорных удобрений обеспеченность подвижным фосфором на кислом фоне была в пределах 77...84 мг/кг, на известкованном – 66...89 мг/кг. Средняя урожайность зеленой массы клевера в 2012 г. на кислом фоне составила 17,24 т/га и 30,77 т/га – на известкованном, повышение от известкования достигло 78,4%; в 2018 г. – 13,0 т/га, 28,3 т/га, 118% соответственно. Выявлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы (рН и Н<sub>2</sub>) с урожайностью зеленой массы клевера,  $r = 0,76$  и  $r = -0,79$  соответственно. Влияние содержания подвижного фосфора в почве на урожайность клевера было несущественным. На содержание сырого протеина в сухой массе клевера оказали влияние погодные условия в годы исследований: в 2012 г. в среднем этот показатель варьировал от 11,92 до 12,74%, в 2018 г. от 17,47 до 19,88% соответственно на кислом и известкованном фонах.

**Ключевые слова:** полевой опыт, известкование, агрохимические свойства, урожайность, сбор сырого протеина

**Благодарности:** научное исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема №0767-2019-0100).

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Лыскова И. В., Лыскова Т. В., Попов Ф. А. Продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности подвижным фосфором и степени кислотности. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):368-377. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.368-377>

Поступила: 25.03.2019 Принята к публикации: 25.07.2019 Опубликована онлайн: 30.08.2019

## Productivity of meadow clover on sod-podzolic soil with various content of mobile phosphorus and degree of acidity

© 2019. Irina V. Lyskova<sup>1</sup>✉, Tatiana V. Lyskova<sup>1</sup>, Fedor A. Popov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Falenki breeding station – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, v. Falenki, Kirov region, Russian Federation,

<sup>2</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation

The influence of after-effect of mineral fertilizers and lime on productivity of meadow clover 'Dymkovsky' with regard to the content of mobile phosphorus in the soil have been studied in a long stationary trial (established in 1971) on sod-podzolic soil developed on clay loam mantle in the Kirov region. The study was conducted in 2008-2018 on soil backgrounds with various acidity and mobile phosphorus sufficiency: without lime application (pH 3.68, AI 11-17 mg/100g of soil, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 142-291 mg/kg of soil) and with lime application (pH 5.5, AI was not revealed, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120-232 mg/kg). In variants without application of phosphoric fertilizers the mobile phosphorus sufficiency was 77-84 mg/kg against acid background, and 66-89 mg/kg against limed background. The average yield of clover green mass in 2012 was 17.24 t/ha against acid background and 30.77 t/ha against limed background; the increase due to lime application was 78.4%, in 2018 – 13.0 t/ha, 28.3 t/ha, 118%, respectively. Reliable correlation links have been revealed between the degree of soil acidity (pH and Hh) and productivity of clover green mass,  $r = 0.76$  and  $r = -0.79$ , respectively. The effect of the content of mobile phosphorus in the soil on clover productivity was insignificant. Weather conditions during the research influenced the content of crude protein in clover dry mass: in 2012 this indicator varied from 11.92 to 12.74% on the average, in 2018 – from 17.47 to 19.88% against acid and limed background, respectively.

**Key words:** field trial, liming, agrochemical properties, productivity, crude protein harvest

*Acknowledgement:* scientific work was performed in the framework of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme 0767-2019-0100).

*Conflict of interest:* the authors stated that there was no conflict of interest.

*For citation:* Lyskova I. V., Lyskova T. V., Popov F. A. Productivity of meadow clover on sod-podzolic soil with various content of mobile phosphorus and degree of acidity. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East.2019;20(4):368-377. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.368-377>.

Received: 25.03.2019

Accepted for publication: 25.07.2019

Published online: 30.08.2019

Дерново-подзолистые суглинистые почвы, сформированные на покровных суглинках восточной части европейской территории России (куда входит Кировская область), имеют ряд особенностей по питательному, водному и температурному режимам, которые следует учитывать при разработке систем земледелия [1, 2, 3]. Длительные опыты с удобрениями (изучение различных доз и соотношений элементов питания) дают возможность глубоко изучить закономерности их действия на плодородие почвы [4, 5, 6], продуктивность и качество культур зернопаротравяного севооборота [7, 8].

Возделывание клевера лугового в полевых севооборотах – важный фактор увеличения сбора высокобелкового корма с пашни, повышения плодородия пахотных земель за счет поступления органического вещества и питательных элементов с растительными остатками и накопления биологического азота за счет азотфиксации клубеньковыми бактериями из атмосферы [9, 10]. Клевер луговой при урожае 20 т/га зеленой массы накапливает до 160 кг биологического азота в надземной массе и 40 кг в корнях. При использовании клевера лугового на сидерат почва обогащается органическим веществом в количестве эквивалентном внесению 30-35 т/га стандартного подстилочного навоза [11, 12]. В свою очередь, одним из условий получения высокой урожайности клевера на кислых дерново-подзолистых почвах является известкование [13, 14, 15]. Клевер, благодаря развитой корневой системе в глубину, может усваивать фосфаты нижних слоев почвы, что служит одним из основных условий вовлечения в биологический круговорот фосфатов материнской породы [2].

Научные исследования при изучении вопросов эффективности удобрений на продуктивность клевера лугового чаще всего посвящены изучению различных доз и их сочетаний, способов внесения, форм удобрений, как без учета почвенной разности, так и с учетом разной степени известкования [16, 17]. В связи с этим наши исследования о влиянии фосфатных фонов и различной степени

кислотности дерново-подзолистой почвы на продуктивность клевера в почвенно-климатических условиях Кировской области являются актуальными при разработке научно обоснованных принципов применения агрохимических средств.

**Цель исследований** – изучить влияние последствий минеральных удобрений и извести на продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности подвижным фосфором и степени кислотности.

**Материал и методы.** Исследования проводили в условиях длительного стационарного опыта, заложенного в 1971 г. под руководством А.И. Калинина на опытном поле Фалёнской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (восточный агропочвенный район центральной климатической зоны Кировской области), в 2008...2018 гг. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на покровных суглинках. Агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта (1971 г.): рН<sub>KCl</sub> 4,2...4,5; Нг 5,4...6,7 мг-экв/100 г; содержание подвижных фосфора и калия 71...73 и 90...116 мг/кг соответственно. Опыт проводили в зернопаротравяном севообороте: чистый пар, озимая рожь, яровая пшеница с подсевом клевера, клевер 1 года пользования (г.п.), клевер 2 г.п., яровая пшеница, овёс. Общая площадь делянки 40,25 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная.

Варианты длительного стационарного опыта различаются по содержанию подвижного фосфора в почве, за счет ранее внесенного фосфорного удобрения согласно схеме опыта (табл. 1).

Опыт расположен на двух почвенных фонах – без внесения извести и известкованном (по 1 г.к.). Известкование проводили периодически в 1971, 1979, 1987 и 2009 гг. Удобрения под клевер вносили под покровную культуру в трехкратной дозе. Образцы почвы по вариантам опыта отбирали после уборки с.-х. культур с двух несмежных повторностей в слое почвы 0-20 см в трех точках ручным буром.

Таблица 1 – Схема опыта /  
Table 1 – Experiment plan

№ варианта / No of the variant	1971...1975 гг.	2008...2014 гг.	2015...2018 гг.	Условное обозначение вариантов / Symbolic notation of variants
1	Контроль, без удобрений / control without fertilizers			0
2	N90	N90	N90	N
3	N90P90K90	N90P50K90	N90P50K90	NP1K
4	N90P180K90	N90P100K90	N90P50K90	NP2K
5	N90P270K90	N90P150K90	N90P50K90	NP3K
6	N90P360K90	N90P200K90	N90P50K90	NP4K

Определение  $pH_{KCl}$  проводили потенциометрически на иономере ЭВ-74 (ГОСТ 26483-85), гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), суммы поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011), обменной кислотности и подвижного алюминия по А.В. Соколову<sup>1</sup>. Учет урожая зеленой массы проводили весовым методом с учетных площадок. Определение общего азота по методу Кьельдаля в модификации Сереньева, с пересчетом на сырой протеин (коэффициент 6,25). Статистическую обработку проводили, используя дисперсионный и корреляционный анализы с помощью пакета программ AGROS – версия 2.07. Энергетическую эффективность рассчитывали по методике НИИСХ Северо-Востока<sup>2</sup>.

Метеорологические условия в годы исследований различались по температурному режиму и количеству осадков.

Весенне-полевые работы в 2010 г. начались в оптимальные сроки, чему способствовала теплая и сухая погода. Посев яровой пшеницы сорта Ирень и клевера сорта Дымковский был проведен 7 мая. Предпосевной период отличался малым количеством осадков. За весь апрель выпало лишь 13% от нормы, в первую декаду мая – 29%. Основная влага в почве на момент посева была только от таяния снега. При этом температура воздуха была выше средней многолетней нормы за 1 декаду на 5,7°C. Такой характер погоды сохранился до конца месяца. ГТК в период от всходов до кущения (по пшенице) составил 0,6. Последующий период вегетации от куще-

ния до трубкования характеризовался как избыточно увлажненный с неравномерным выпадением осадков (1 декада июня 258%, 2 – 129% от нормы), ГТК этого периода – 2,5. Следующие периоды вегетации характеризовались очень жаркой (аномальной) и сухой погодой. Последние осадки выпали 19 июня. Влажность почвы 6 июля в слое почвы 0-20 см составила 6,8-8,3%. За весь июль выпало 13% осадков от нормы. Среднесуточная температура июля в последней декаде находилась в пределах 25...28°C. Влажность почвы в фазу восковой спелости пшеницы в слое 0-10 см составляла 4,6%, в слое 10-20 см – 6,6...7,0%. Период от фазы выхода в трубку до молочной спелости покровной культуры является наиболее критическим для клевера, т.к. растения имеют слабо развитую корневую систему. Осадки, выпавшие в августе - октябре, не смогли компенсировать недостаток влаги при высокой температуре в ранний период, поэтому посевы клевера к началу зимовки были изрежены.

Зимний период 2010-2011 гг. отличался холодной погодой в декабре и феврале – на 3,6...6,2°C ниже нормы. При снежном покрове (декабрь – 33, февраль – 55 см) отрицательного действия на растения такое понижение не оказало. Условия перезимовки 2011-2012 гг., 2017-2018 гг. были вполне благоприятными для растений. Глубина промерзания почвы колебалась от 20 до 60 см, при высоте снежного покрова 50 и более см, что вполне достаточно, чтобы предохранить растения от резких колебаний зимних температур. Весенняя вегетация в 2011 г. началась в 3-ей декаде апреля, что соответствовало среднемноголетним нормам, в 2012 г. – раньше обычного на 9 дней (18 апреля).

<sup>1</sup>Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.

<sup>2</sup>Методическое пособие по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока европейской части РФ. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 1997. 62 с.

Весенне-летний период характеризовался теплой и влажной погодой, что позволило растениям клевера сформировать хорошую вегетативную массу, ГТК за май-август составил 2,1. В 2018 г. отрастание клевера сорта Дымковский зафиксировано 1 мая. Весенне-летний период характеризовался влажной погодой при недостатке тепла, что не позволило растениям клевера сформировать хорошую вегетативную массу к моменту цветения. Начало цветения отмечено 9...13 июля, что на 7...10 дней позже среднесезонных сроков. Гидротермический коэффициент вегетационного периода (май-август) составил 1,4.

**Результаты и их обсуждение.** Систематическое применение удобрений в севообороте оказало существенное влияние на агрохимические свойства почвы (табл. 2). Как показали результаты агрохимических анали-

зов почвы за 2011 г., внесение извести по полной величине гидролитической кислотности в 2009 г. обеспечило поддержание показателя  $pH_{KCl}$  в слое почвы 0-20 см на уровне от 6,05 до 6,70 (в среднем по фону 6,47). Тогда как на фоне без извести в почве наблюдали стабилизацию кислотности в пределах  $pH_{KCl}$  3,85...3,95 (в среднем по фону 3,90), без существенной разницы по вариантам опыта. На фоне без извести гидролитическая кислотность выше (7,34 мг-экв/100 г в варианте без удобрений, в вариантах с внесением удобрений 7,54...8,85 мг-экв/100 г), чем на известкованном фоне (0,62...1,96 мг-экв/100 г). При внесении удобрений идет дополнительное подкисление почвы. Обменная кислотность под действием известкования также снизилась в среднем с 1,38 до 0,02 мг-экв/100 г почвы.

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (2011 г.) /

Table 2 – Agrochemical parameters of arable layer of sod-podzolic middle loamy soil (2011)

Вариант (фактор В) / Variant (factor B)	$pH_{KCl}$	Н обм. / $H^+$ exchangeable	S	$H_2 / H^+$ hydrolytic	Обмен. Al, мг/100 г / Exchangable Al, mg/100 g	Подвижный / Mobile	
						$P_2O_5$	$K_2O$
						мг/кг почвы / mg/kg of soil	
Фон (фактор А) – без извести / Background (factor A) – without lime application							
0	3,95	1,13	9,57	7,34	9,55	82	98
N	3,92	1,27	9,90	7,76	10,82	70	85
NP1K	3,93	1,37	9,62	7,54	11,82	105	144
NP2K	3,87	1,55	10,03	8,23	13,45	190	147
NP3K	3,85	1,51	9,66	8,58	13,09	230	150
NP4K	3,86	1,48	10,02	8,25	12,45	284	164
Среднее (А) / Average (A)	3,90	1,38	9,80	7,94	11,86	160	131
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity							
0	6,65	0,02	15,40	0,62	-	92	77
N	6,49	0,02	16,18	1,35	-	82	70
NP1K	6,05	0,02	15,44	1,96	-	180	107
NP2K	6,46	0,02	16,56	1,56	-	237	116
NP3K	6,70	0,02	15,86	1,38	-	255	110
NP4K	6,44	0,02	14,89	1,77	-	273	108
Среднее (А) / Average (A)	6,47	0,02	15,72	1,43	-	187	98
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	A = 2,10	A = 0,27 AB = 0,21 B = 0,07	A = 1,35	A = 2,00	2,33	B = 45	A = 16 B = 11

Примечание: приведена HCP<sub>05</sub>, где  $F_{факт.} > F_{теор.}$  / Note: LSD<sub>05</sub> is given where  $F_{fact} > F_{theoretic}$

Одним из главных факторов, определяющих отрицательное действие кислых почв на растения, является наличие в них больших

количеств подвижных форм алюминия. В наших исследованиях содержание подвижного алюминия на фоне при pH 3,90 колебалось

от 9,55 до 13,45 мг/100 г почвы в слое 0-20 см. На известкованном фоне алюминий по методу А.В. Соколова не был выявлен. При длительном (более 40 лет) сельскохозяйственном использовании дерново-подзолистой почвы без применения удобрений (вариант «без удобрений») и одностороннем применении N90 обеспеченность подвижными формами фосфора составила 70...82 мг/кг на кислом фоне, на известкованном – 82...92 мг/кг почвы. В почве по вариантам опыта сохранилась существенная разница по содержанию подвижного фосфора с учетом ранее внесенного: на известкованном фоне содержание подвижного фосфора составило от 180 до 273 мг/кг, на кислом фоне – от 105 до 284 мг/кг почвы.

Обеспеченность почвы подвижным калием после внесения в дозе 90 кг/га д.в. в почву составила от 144 до 164 мг/кг почвы на фоне без извести и от 107 до 116 мг/кг на известкованном фоне. Благодаря тому, что калий закрепляется в почве в доступной для растений форме, он хорошо используется растениями. Существенно ниже содержание подвижного калия в вариантах, где его не вносили (70...98 мг/кг почвы).

Применение фосфорных удобрений имеет большое значение в засушливые годы, т.к. растения берут питательные вещества не из сухих, а из влажных слоев почвы. В засушливых условиях растения плохо используют фосфаты почвы и более нуждаются в фосфоре удобрений. Фосфаты способствуют росту корневой системы и ускоряют развитие растений [18]. Условия увлажнения и температура воздуха в течение вегетационного периода оказывали влияние на формирование урожая клевера лугового сорта Дымковский. Сложившиеся погодные условия в период вегетации 2010 г., когда у растений клевера 1 года жизни еще недостаточно развита корневая система, и высокая концентрация удобрений в почве оказали отрицательное действие на его рост и развитие во всех вариантах опыта. Клевер, как и большинство бобовых трав, хорошо реагирует на известкование кислых почв. Наилучшие условия для развития бобовых трав создаются при pH 6-7. Средняя урожайность зеленой массы клевера сорта Дымковский в 2012 г. по фону «без извести» составила 17,24 т/га, по фону «известь по 1 г.к.» – 30,77 т/га (табл. 3), прибавка 13,53 т/га, или 78,4%.

**Таблица 3 – Урожайность и качество клевера сорта Дымковский (2012 г.) / Table 3 – Productivity and quality of clover cultivar 'Dymkovsky' (2012)**

Вариант (фактор B) / Variant (factor B)	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы (2011 г.) / content of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg of soil (2011)	Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass yield, t/ha	Сбор сухого вещества, т/га / Dry mass yield, t/ha	Содержание сырого протеина, % / Content of crude protein, %	Сбор сырого протеина, кг/га / Yield of crude protein, kg/ha
Фон (фактор A) – без извести / Background (factor A) – without lime application					
0	82	24,75	6,08	9,81	694
N	70	19,56	4,81	12,25	685
NP1K	105	18,75	4,61	13,56	727
NP2K	190	12,12	2,98	11,88	411
NP3K	230	11,32	2,78	12,31	398
NP4K	284	16,94	4,16	11,69	566
Среднее (A) / Average (A)		17,24	4,24	11,92	414
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity					
0	92	30,06	7,39	11,81	1014
N	82	31,25	7,68	13,00	1161
NP1K	180	31,69	7,79	15,18	1374
NP2K	237	33,00	8,11	11,56	1090
NP3K	255	30,19	7,42	12,88	1112
NP4K	273	28,44	6,99	12,00	976
Среднее (A) / Average (A)		30,77	7,56	12,74	1120
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		A = 5,43 AB = 6,56	-	-	-

Примечание: приведена HCP<sub>05</sub>, где F<sub>факт.</sub> > F<sub>теор.</sub> / Note: LSD<sub>05</sub> is given where F<sub>fact</sub> > F<sub>theoretic</sub>

Как видно из данных таблицы 3, в варианте «без удобрений» на кислом фоне урожайность зеленой массы выше, чем в остальных вариантах. Клевер, по причине сильно развитой корневой системы в глубину почвенной толщи, способен использовать высокие природные запасы фосфатов, включая материнскую породу, поэтому клевер слабо отзывается на содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте и дополнительное внесение фосфорных удобрений. В связи с этим нет существенной разницы по урожайности, но отмечена тенденция к ее снижению на кислом фоне относительно варианта «без удобрений». В среднем сбор сухого вещества составил 4,24 и 7,56 т/га соответственно на фоне без извести и извести по 1 г.к.

Важным показателем качества клевера, как кормовой культуры, является содержание сырого протеина. Максимальное содержание сырого протеина в сухой массе клевера 13,56 и 15,18% отмечено в варианте NP1K с содержанием подвижного фосфора в почве 105 и 180 мг/кг на обоих фонах (табл. 3). Минимальные значения на фоне без извести в варианте без удобрений – 9,81%. При этом на произвесткованном фоне его содержание выше, чем на кислом. Сбор сырого протеина составил 414 кг на фоне «без извести» и 1120 кг на произвесткованном.

Несмотря на то, что сбор сырого протеина определяется в большей степени уровнем урожайности, максимальный сбор был отмечен в вариантах с высоким содержанием протеина.

Закономерности, характеризующие связь свойств почв с величиной урожайности сельскохозяйственных культур, являются основой для оценки плодородия почв, выявления наилучших условий возделывания культур, прогнозирования продуктивности растений. В ходе наших исследований выявлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы (рН и Нг) с урожайностью зеленой массы клевера  $r = 0,76$  и  $r = -0,79$  соответственно. Доля влияния содержания подвижного фосфора в почве на урожайность клевера была несущественной, объясняется данный факт тем, что клевер имеет хорошо развитую корневую систему и способен использовать питательные вещества с более глубоких почвенных горизонтов, где доступность фосфора выше [2].

Максимальная урожайность зеленой массы клевера в 2018 г. получена в варианте «без удобрений» как на кислом – 25,0 т/га, так и произвесткованном фоне – 41,8 т/га (табл. 4). Надо отметить, что такая тенденция была отмечена и в прошлые годы (2012 г.). Урожайность на произвесткованном фоне выше в среднем по вариантам на 118%, чем на кислом.

Таблица 4 – Урожайность и качество клевера сорта Дымковский (2018 г.) / Table 4 – Productivity and quality of clover cultivar 'Dymkovsky' (2018)

Вариант (фактор В) / Variant (factor B)	Содержание $P_2O_5$ , мг/кг почвы (2017 г.) / content of $P_2O_5$ , mg/kg of soil (2017)	Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass yield, t/ha	Сбор сухого вещества, т/га / Dry mass yield, t/ha	Содержание сырого протеина, % / Content of crude protein, %	Сбор сырого протеина, кг/га / Yield of crude protein, kg/ha
Фон (фактор А) – без извести / Background (factor A) – without lime application					
0	58	25,0	7,14	17,97	1283
N	60	9,0	2,57	16,47	423
NP1K	75	13,5	3,86	17,68	682
NP2K	108	10,5	3,00	18,40	552
NP3K	132	10,0	2,86	16,78	480
NP4K	141	9,8	2,80	17,50	490
Среднее (А) / Average (A)		13,0	3,71	17,47	652
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity					
0	68	41,8	11,94	19,25	2298
N	66	26,0	7,43	19,40	1441
NP1K	80	28,8	8,23	20,28	1669
NP2K	107	28,5	8,14	21,16	1722
NP3K	150	27,5	7,86	20,63	1622
NP4K	156	17,0	4,86	18,53	900
Среднее (А) / Average (A)		28,3	8,08	19,88	1609
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> A = 1,2; B = 2,1; AB = 2,9			-	-	-

Примечание: приведена НСР<sub>05</sub>, где  $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$  / Note: LSD<sub>05</sub> is given where  $F_{\text{fact}} > F_{\text{theoretic}}$

Максимальное содержание сырого протеина в сухой массе клевера в 2018 г. – 18,40 и 21,16% отмечено в вариантах с содержанием фосфора в почве 107 и 108 мг/кг соответственно на обоих фонах (табл. 4). При этом на произвесткованном фоне содержание протеина в клевере выше, чем на кислом. Установлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы (рН и Нг) с содержанием сырого протеина в сухой массе клевера  $r = 0,87$  и  $r = -0,86$  соответственно. Доля влияния содержания подвижного фосфора в почве на содержание протеина в растениях была незначительной. Сбор сырого протеина составил

в среднем 652 кг на фоне без извести и 1609 кг на произвесткованном. Максимальный сбор был отмечен в варианте «без удобрений» (1283 и 2298 кг соответственно по фонам), т.к. сбор сырого протеина определяется в большей степени уровнем урожайности.

Анализ энергетической эффективности возделывания клевера (при применении удобрений под покровную культуру) на дерново-подзолистой почве показал, что наибольший коэффициент энергетической эффективности получен на произвесткованной почве как в 2012 г. (27,6...29,0), так и в 2018 г. (26,8...31,0) (табл. 5).

*Таблица 5 – Энергетическая эффективность возделывания клевера лугового сорта Дымковский (2012, 2018 гг.) /*

*Table 5 – Energy effectiveness of cultivation of meadow clover cultivar 'Dymkovsky' (2012, 2018)*

<i>Вариант / Variant</i>	<i>Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass yield, t/ha</i>	<i>Затраты энергии, ГДж / Energy cost, GJ</i>	<i>Содержание обменной энергии в урожае, ГДж / Content of exchangeable energy in yield, GJ</i>	<i>Коэффициент энерг. эффект. / Coefficient of energetic effectiveness</i>
2012 г.				
Без извести / Without lime application				
0	24,75	9,5	250,0	26,3
N	19,56	8,2	197,6	23,9
NP1K	18,75	8,0	189,4	23,5
NP2K	12,12	6,4	122,4	19,0
NP3K	11,32	6,2	114,3	18,3
NP4K	16,94	7,6	171,1	22,5
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity				
0	30,06	10,8	303,6	28,1
N	31,25	11,1	315,6	28,5
NP1K	31,69	11,2	320,0	28,6
NP2K	33,00	11,5	333,3	29,0
NP3K	30,19	10,8	304,9	28,2
NP4K	28,44	10,4	287,2	27,6
2018 г.				
Без извести / Without lime application				
0	25,0	9,5	252,5	26,4
N	9,0	5,7	90,9	16,0
NP1K	13,5	6,8	136,4	20,1
NP2K	10,5	6,1	106,1	17,5
NP3K	10,0	5,9	101,0	17,0
NP4K	9,8	5,9	98,9	16,8
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity				
0	41,8	13,6	422,2	31,0
N	26,0	9,8	262,6	26,8
NP1K	28,8	10,5	290,9	27,7
NP2K	28,5	10,4	287,8	27,6
NP3K	27,5	10,2	277,8	27,3
NP4K	17,0	7,6	171,7	22,5

**Выводы.** Внесение извести по полной величине гидролитической кислотности в 2009 г. обеспечило поддержание показателя  $pH_{KCl}$  в слое почвы 0-20 см в 2011 г. на уровне от 6,05 до 6,70, в среднем по фону 6,47. Тогда как на фоне без извести в почве наблюдается стабилизация кислотности в пределах  $pH_{KCl}$  3,85...3,95 (в среднем по фону 3,90), без существенной разницы по вариантам опыта.

Увеличение урожайности клевера лугового сорта Дымковский за счет известкования зависело от условий года и составило в среднем в 2012 г. 78,4%, или 13,53 т/га, в 2018 г. – 118%, или 15,3 т/га, при содержании подвижного фосфора в почве 100...200 мг/кг.

Выявлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы ( $pH$  и  $Hg$ ) с урожайностью зеленой массы клевера  $r = 0,76$  и  $r = -0,79$  соответственно. Доля влияния содержания подвижного фосфора в почве на урожайность клевера была несущественной.

Установлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы ( $pH$  и  $Hg$ ) с содержанием сырого протеина в сухой массе клевера  $r = 0,87$  и  $r = -0,86$  соответственно.

Наибольший коэффициент энергетической эффективности при возделывании клевера сорта Дымковский получен на произвесткованной почве: в 2012 г. – 27,6...29,0, в 2018 г. – 26,8...31,0.

### Список литературы

1. Тюлин В. В. Почвы Кировской области. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отд., 1976, 288 с.
2. Калинин А. И. Агрохимические свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность растений. Киров, 2004. 220 с.
3. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области. Земледелие. 2016;(8):16-18. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pahotnyh-kirovskoy-oblasti-pochv>
4. Лыскова И. В. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(6(61)):35-40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32375869>
5. Лыскова И. В., Рылова О. Н., Веселкова Н. А., Лыскова Т. В. Влияние удобрений и извести на агрохимические показатели и фосфатный режим дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(2(45)):27-32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23113615>
6. Edmeades D. C. The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: a review. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 2003;66:165-180. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023999816690>
7. Абашев В. Д., Светлакова Е. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур зерно-травяного севооборота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(2(45)):37-43. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23113617>
8. Пасынков А. В., Светлакова Е. В., Котельникова Н. В., Абашев В. Д., Пасынкова Е. Н., Садакова Г. Г., Баландина С. А., Дуняшева Г. И., Рублева Н. В., Татарина М. С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, продуктивность севооборота и качество зерна. Агрехимия. 2016;(10):38-47. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27169477>
9. Мингалев С. К., Лаптев В. Р. Влияние многолетних бобовых трав и способов их использования на урожайность культур севооборота. Аграрный вестник Урала. 2013;(6):4-5. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20264777>
10. Постников П. А., Попова В. В. Продуктивность клевера в полевых севооборотах. Пермский аграрный вестник. 2014;(2(6)):29-34. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21616939>
11. Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистой почве Верхневолжья. Земледелие. 2016;(1):14-16. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-biologizirovannyh-sevooborotov-v-izmenenii-soderzhaniya-gumusa-v-derново-podzolistyh-pochvah-verhnevolzhya>
12. Семешкина П. С., Мазуров В. Н., Бурлуцкий В. А., Стятюгина Н. М. Продуктивность севооборотов в зависимости от системы внесения минеральных удобрений. Вестник ОрелГАУ. 2017;(4(67)):57-61. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29866388>
13. Steiner J. J., Alderman S. C. Red clover seed production: VI. Effect and economics of soil pH adjusted by lime application. Crop Science. 2003;43(2):624-630. URL: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/43/2/624>
14. Онучина О. Л., Корнева И. А. Устойчивость сортов клевера лугового к стрессовым факторам кислой дерново-подзолистой почвы. Сельское хозяйство. 2018;(2):1-8. DOI: <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2018.2.28120>
15. Камнева О. П. О комплексном использовании извести и минеральных удобрений при выращивании клевера лугового. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2016;(4(48)):105-111. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28290163>

16. Кирпичников Н. А., Бижан С. П. Эффективность известковых и фосфорных удобрений при выращивании клевера лугового (*Trifolium pretense* L.) на дерново-подзолистой суглинистой почве (по данным длительных полевых опытов). Проблемы агрохимии и экологии. 2018;(2):13-17. Режим доступа: <https://elibra-ry.ru/item.asp?id=35216094>
17. Лапа В. В., Ивахненко Н. Н., Ломонос М. М., Шумак С. М., Бачище А. А., Грачева А. А. Продуктивность и качество клевера лугового при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве. Почвоведение и агрохимия. 2011;(2(47)):78-87. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35557523>
18. Соколов А. В. Агрохимия фосфора. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1950. 152 с.

### References

1. Tyulin V. V. *Pochvy Kirovskoy oblasti*. [Soils of the Kirov region]. Kirov: *Volgo-Vyatskoe kn. izd-vo, Kirovskoe otd.*, 1976, 288 p.
2. Kalinin A. I. *Agrokhimicheskie svoystva dernovo-podzolistykh pochv i produktivnost' rasteniy*. [Agrochemical properties of sod-podzolic soils and plant productivity]. Kirov, 2004. 220 p.
3. Molodkin V. N., Busygin A. S. *Plodorodie pakhotnykh pochv Kirovskoy oblasti*. [Fertility of arable soils of the Kirov region]. *Zemledelie*. 2016;(8):16-18. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pakhotnyh-kirovskoy-oblasti-pochv>
4. Lyskova I. V. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na plodorodie dernovo-podzolistoy pochvy, urozhaynost' i kachestvo zernovykh kul'tur*. [Influence of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soil, productivity and quality of grain crops]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(6(61)):35-40. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32375869>
5. Lyskova I. V., Rylova O. N., Veselkova N. A., Lyskova T. V. *Vliyanie udobreniy i izvesti na agrokhimicheskie pokazateli i fosfatnyy rezhim dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochvy*. [Influence of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soil, productivity and quality of grain crops]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(2(45)):27-32. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23113615>
6. Edmeades D. C. The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 2003;66:165-180. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023999816690>
7. Abashev V. D., Svetlakova E. V. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' kul'tur zernotravyanogo sevooborota*. [Influence of mineral fertilizers on crop productivity of grain-grass crop rotation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(2(45)):37-43. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23113617>
8. Pasyukov A. V., Svetlakova E. V., Kotelnikova N. V., Abashev V. D., Pasyukova E. N., Sadakova G. G., Balandina S. A., Donyasheva G. I., Rubleva N. V., Tatarinova M. S. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobreniy na plodorodie dernovo-podzolistoy pochvy, produktivnost' sevooborota i kachestvo zerna*. [Influence of prolonged use of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soil, efficiency of a crop rotation and grain quality]. *Agrokhimiya*. 2016;(10):38-47. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27169477>
9. Mingalev S. K., Laptev V. R. *Vliyanie mnogoletnykh bobovykh trav i sposobov ikh ispol'zovaniya na urozhaynost' kul'tur sevooborota*. [Influence of long-term legumes and ways of their use on crop productivity in a crop rotation]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2013;(6):4-5. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20264777>
10. Postnikov P. A., Popova V. V. *Produktivnost' klevera v polevykh sevooborotakh*. [Clover productivity in field crop rotations]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2014;(2(6)):29-34. (In Russ.). URL: <https://elibra-ry.ru/item.asp?id=21616939>
11. Shramko N. V., Vikhoreva G. V. *Rol' biologizirovannykh sevooborotov v izmenenii sodержaniya gumusa v dernovo-podzolistoy pochve Verkhnevolzh'ya*. [Role of biologizational crop rotations in change of humus content in sod-podzolic soil of the Upper Volga]. *Zemledelie*. 2016;(1):14-16. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-biologizirovannykh-sevooborotov-v-izmenenii-soderzhaniya-gumusa-v-dernovo-podzolistykh-pochvah-verhnevolzhya>
12. Semeshkina P. S., Mazurov V. N., Burlutskiy V. A., Styatyugina N. M. *Produktivnost' sevooborotov v zavisimosti ot sistemy vnoseniya mineral'nykh udobreniy*. [Productivity of crop rotations depending on the system of mineral fertilizers application]. *Vestnik OrelGAU*. 2017;(4(67)):57-61. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29866388>
13. Steiner J. J., Alderman S. C. Red clover seed production: VI. Effect and economics of soil pH adjusted by lime application. *Crop Science*. 2003;43(2):624-630. URL: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/43/2/624>
14. Onuchina O. L., Korneva I. A. *Ustoychivost' sortov klevera lugovogo k stressovym faktoram kisloy dernovo-podzolistoy pochvy*. [Resistance of meadow clover cultivars to stressful factors of the acid sod-podzolic soil]. *Sel'skoe khozyaystvo = Agriculture*. 2018;(2):1-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2018.2.28120>

15. Kamneva O. P. *O kompleksnom ispol'zovanii izvesti i mineral'nykh udobreniy pri vyrashchivanii klevera lugovogo*. [Modern high technologies. Regional supplement]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie* = Modern High Technologies. Regional Application. 2016;(4(48)):105-111. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28290163>

16. Kirpichnikov N. A., Bizhan S. P. *Effektivnost' izvestkovykh i fosfornykh udobreniy pri vyrashchivanii klevera lugovogo (Trifolium pratense L.) na dernovo-podzolistoy suglinistoy pochve (po dannym dlitel'nykh polevykh opytov)*. [Efficiency of limy and phosphoric fertilizers at cultivation of a meadow clover (*Trifolium pratense* L.) on the sod-podzolic loamy soil (according to long field experiments)]. *Problemy agrokhimii i ekologii* = Problemy agrokhimii i ekologii. 2018; (2):13-17. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35216094>

17. Lapa V. V., Ivakhnenko N. N., Lomonos M. M., Shumak S. M., Bachishche A. A., Gracheva A. A. *Produktivnost' i kachestvo klevera lugovogo pri vozdeleyvanii na dernovo-podzolistoy supeschanoy pochve*. [Productivity and quality of meadow clover at cultivation on sod-podzolic sandy soil]. *Pochvovedenie i agrokimiya*. 2011;(2(47)):78-87. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35557523>

18. Sokolov A. V. *Agrokimiya fosfora*. [Phosphorus agrochemistry]. Moscow: *Izd-vo Akademii nauk SSSR*, 1950. 152 p.

**Сведения об авторах:**

✉ **Лыскова Ирина Владимировна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Тимирязева, д. 3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1079-3513>**, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru),

**Лыскова Татьяна Владимировна**, младший научный сотрудник, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Тимирязева, д. 3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9580-0021>**, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru),

**Попов Фёдор Александрович**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9801-3453>**, e-mail: [zemlede\\_l\\_niish@mail.ru](mailto:zemlede_l_niish@mail.ru).

**Information about the authors**

✉ **Irina V. Lyskova**, PhD in Agriculture, senior researcher, Falenki Breeding Station – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Timiryazev str., 3, v. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1079-3513>**, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru),

**Tatiana V. Lyskova**, junior researcher, Falenki Breeding Station – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Timiryazev str., 3, v. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9580-0021>**, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru),

**Fedor A. Popov**, PhD in Agriculture, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 166a, Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9801-3453>**, e-mail: [zemlede\\_l\\_niish@mail.ru](mailto:zemlede_l_niish@mail.ru).

✉ - Для контактов / Corresponding author