

УДК 631.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v8i2.269>

Изменение урожайности и химического состава люцерны посевной под воздействием удобрений

© 2025 О. С. Самохвалова 

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», ул. Кирова, 42, г. Новокузнецк, 654007, Россия. E-mail: samohvalova_os@sibsiu.ru

Цель исследования. Оценить изменение урожайности люцерны посевной и содержания в ней биофильных и токсичных элементов под воздействием различных удобрений в условиях южной зоны Амурской области.

Место и время проведения. Экспериментальную часть исследования провели в 2005–2006 гг. на территории учебно-опытного хозяйства Дальневосточного государственного аграрного университета (с. Грибское, Амурская область).

Методы. Микрополевые опыты проведены в трех повторностях. Физико-химические свойства почв определяли по общепринятым методикам, элементный химический состав почвенных и растительных образцов исследовали атомно-абсорбционным методом, для обработки полученных данных использовали методы вариационной статистики.

Основные результаты. Урожайность люцерны посевной в вариантах опыта возрастала в ряду: контроль < минеральные удобрения < торфогуминовые удобрения, оставаясь на примерно одинаковом уровне в течение эксперимента. Из изучаемых элементов больше всего люцерна накапливала цинк и бор, причем более активно при внесении торфогуминовых удобрений. Содержание цинка в люцерне посевной во всех случаях превышало нормируемые значения. Внесение минеральных удобрений увеличило содержание молибдена в растениях до значений выше допустимого уровня. Концентрация кадмия и селена в растениях была минимальна, и между вариантами опыта статистически значимые отличия не выявлены, а максимально допустимый уровень кадмия не превышен.

Заключение. Установлено, что торфогуминовые удобрения способствуют большему увеличению зеленой массы люцерны по сравнению с минеральными. Люцерна посевная активно накапливает цинк и бор, содержание потенциально токсичных элементов – кадмия и свинца – не превышает максимально допустимых величин. Выявление продукционных особенностей и химического состава люцерны посевной, особенно в плане содержания в ней биофильных и токсичных элементов под воздействием различных удобрений, в условиях Амурской области имеет важное значение для разработки технологий, направленных на повышение количества и улучшения качества продукции кормопроизводства.

Ключевые слова: люцерна посевная; урожай; удобрения; микроэлементы; Амурская область.

Цитирование: Самохвалова О.С. Изменение урожайности и химического состава люцерны посевной под воздействием удобрений // Почвы и окружающая среда. 2025. Том 8. № 2. e269. DOI: [10.31251/pos.v8i2.269](https://doi.org/10.31251/pos.v8i2.269)

ВВЕДЕНИЕ

Почвы Амурской области относятся к числу наиболее плодородных и благоприятных для ведения земледелия в Дальневосточном федеральном округе (Голов и др., 2020). Однако здесь, как и во многих других регионах, выращивание сельскохозяйственных культур, сопровождающееся многолетним отчуждением товарной продукции и интенсификацией обработки почвы, приводит к ее деградации и потере плодородия (Голов и др., 2020; Бурдуковский и др., 2022). За последние десятилетия в хозяйствах Дальнего Востока продолжается снижение посевных площадей под многолетними культурами, что приводит к нарушению научно обоснованной системы земледелия, так как на первом месте по почвозащитной роли стоят многолетние травы, составляющие основу кормопроизводства во всех сельскохозяйственных предприятиях области и имеющие большое экологическое значение (Беркаль, 2015). Для решения данной проблемы рекомендуется снизить долю сои в структуре посевных площадей Амурской области до 40%, увеличив при этом количество посевов многолетних бобовых и злаковых трав, а также их травосмесей до научно обоснованного уровня 25–30% (Новоселов и др., 2010; Иванова и др., 2023). С учетом биологизации дальневосточного земледелия, преимущество должны иметь наиболее приспособленные к сложным почвенно-климатическим условиям зоны виды трав, такие как люцерна посевная (*Medicago sativa* L.), кострец безостый (*Brōmus inērmis* Leyss.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.) и др., обеспечивающие высокую

урожайность и качество корма при одновременном энерго- и ресурсосбережении (Иванова и др., 2023).

Одной из наиболее значимых многолетних кормовых культур в Амурской области является люцерна посевная (Шмелева, 2022). Это ценное растение семейства бобовых выращивают для различных целей: на корм сельскохозяйственным животным, в качестве сидерата и фитомелиоранта, для лечебно-оздоровительных мероприятий и ландшафтного дизайна, а также является хорошим медоносом. В кормопроизводстве люцерна ценится за высокое содержание белков, ее используют для приготовления различных видов кормов (зеленой массы, сена, сенажа, силоса). Люцерна, посевы которой формируют 3–4 укоса за сезон, обладает высокой способностью к фиксации атмосферного азота – в надземной массе накапливается до 200 кг/га азота ежегодно, а в почве за 3 года выращивания – 45–200 кг. Хорошо развитая корневая система люцерны на 2–3-м году составляет от 8 до 12 т/га корневой массы в пахотном слое почвы, что эквивалентно внесению 40–60 т навоза (Лазарев, 2015).

Удобрения увеличивают урожайность люцерны. Установлено, что при внесении минеральных удобрений пополняется почвенное содержание подвижных форм элементов питания и создаются благоприятные условия для формирования высокого урожая вегетативной массы люцерны (Дроздова и др., 2013; Казарина, Марунова, 2017). Однако важное значение имеет не только количество получаемой продукции, но и ее минеральная полноценность, которая значительно снизилась в последние годы (Сысо, 2016; Сысо и др., 2017).

Химические элементы поступают в растения, главным образом, из почвы. Обеспеченность почв микроэлементами обусловлена основными факторами почвообразования, физико-химическими свойствами почв, элементным химическим составом почвообразующих пород и т.п., а в промышленных регионах – техногенным воздействием. В почвы сельскохозяйственных угодий химические элементы дополнительно поступают с удобрениями и мелиорантами (Костиков, 1971; Кондратова, Прокопчук, 2018).

Учитывая вышеизложенное, цель работы – изучить изменение урожайности люцерны посевной и содержания в ней биофильных и токсичных элементов под воздействием различных удобрений в условиях южной зоны Амурской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на лугово-черноземовидной почве учебно-опытного хозяйства Дальневосточного государственного аграрного университета (с. Грибское, Амурская область) в течение 2005–2006 гг. Лугово-черноземовидные почвы характеризуются высоким содержанием гумуса и его гуматным составом. Этим почвам свойственны слабокислая и нейтральная реакция среды, высокая емкость поглощения во всех горизонтах профиля, почти полная насыщенность поглощающего комплекса основаниями. Почвы отличаются хорошей, но непрочной структурой и низкой водопроницаемостью, широко используются в сельском хозяйстве и активно отзываются на внесение удобрений. Однако за последние десятилетия отмечено, что вследствие антропогенной и техногенной нагрузки на лугово-черноземовидные почвы в Приамурье наблюдается их дегумификация, в некоторых районах экологическая ситуация близка к критической по всем показателям – потере гумуса, почвенной эрозии, загрязнению остаточными количествами пестицидов (Голов и др., 2020).

Использованная в опытах луговая черноземовидная почва имеет следующие показатели: содержание гумуса (метод Тюринга в модификации ЦИНАО) – 5,9%, pH_{KCl} (потенциометрический метод) – 5,8, содержание подвижного фосфора (метод Кирсанова) – 35,5 мг/кг, обменного калия (метод Кирсанова) – 320 мг/кг, подвижных (ацетатно-аммонийный буфер с pH 4,8) форм соединений (мг/кг) бора – 0,74, цинка – 28, молибдена – 0,25, селена – 0,04, свинца – 0,72, кадмия – 0,11.

При закладке опытов использовали методики В.А. Доспехова (1985), З.И. Журбицкого (1968), В.Г. Иглюикова (1971).

Микрополевые опыты закладывали в 3-кратной повторности, в пластмассовых сосудах без дна емкостью 10 кг и диаметром 18 см, которые наполняли почвой наполовину во избежание вымывания, так как в весенне-летний период на территории Амурской области характерны ливневые дожди. Схема опыта включала в себя следующие варианты:

- Контроль – без внесения удобрений;

- ТГУ – торфогуминовые удобрения «Деметра», содержащие по 6% азота, фосфора и калия. Доза внесения ТГУ составила 5 г на сосуд, т.е. 1 г/кг почвы. В 2007 году применяемое ТГУ было запатентовано (№ 346 917 С2);

- РК+Мо – минеральные удобрения: простой суперфосфат (19% P_2O_5) – 0,9 г на сосуд (34 мг д.в. на 1 кг почвы), калий хлористый (61% K_2O) – 0,5 г на сосуд (61 мг д.в. на кг почвы), молибден вносили в виде $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \times 4H_2O$ – 1 мг на сосуд (0,1 мг Мо на кг почвы).

Для проведения опыта выкопали две параллельно идущие траншеи на глубину пахотного слоя (обычно 15–25 см). Расстояние между траншеями 70 см. Такое расстояние позволяет выращивать любую культуру рассредоточено, когда растения не затеняют друг друга. Пахотный слой из траншеи выбирали полностью до подпахотного горизонта, набивали сосуды почвой, вносили удобрения. Высевали сорт люцерны посевной Марусинская 425, норма посева семян составила 40 шт. на сосуд, глубина заделки – 3 см. Внутри повторности сосуды закапывали рядом, а в конце ряда в крайних сосудах выращивали растения для подавления «краевого» эффекта. Укос растений проводили в фазу бутонизации.

Содержание химических элементов в почвах и растениях определили атомно-абсорбционным методом с использованием спектрофотометров «Квант» и «Hitachi». Статистическую обработку данных провели в программе Exsel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При внесении под люцерну минеральных и торфогуминовых удобрений на лугово-черноземовидных почвах создаются благоприятные условия для формирования более высокого урожая зеленой массы люцерны (рис 1).

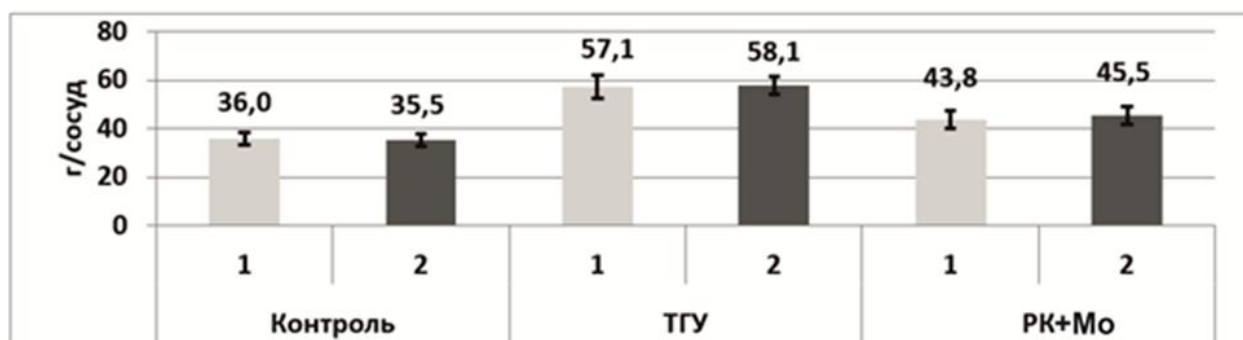


Рисунок 1. Средняя урожайность люцерны посевной, г/сосуд.

Обозначения: годы исследования (здесь и далее на рис. 2): 1 – 2005, 2 – 2006; варианты опыта: Контроль – без внесения удобрений, ТГУ – торфогуминовые удобрения, РК+Мо – минеральные удобрения. Вертикальные планки представляют собой ошибку среднего арифметического.

Урожайность люцерны во всех вариантах опыта отличалась статистически значимо (HCp_{05} – 7,4 в 1 год, 7,5 во 2 год), максимальную эффективность показали торфогуминовые удобрения. Вероятно, такое действие может быть связана не только с количественными, но и с качественными отличиями применяемых удобрений. Одной из причин этого стал тот факт, что, в отличие от минеральных удобрений, элементы питания в составе ТГУ находились в адсорбированном состоянии, т.к. предварительно торф, из которого затем готовили ТГУ, был активирован специальным щелочным составом, позволяющим увеличить его адсорбционную способность в несколько раз. В литературе также отмечают (Голов и др., 2007), что эффективность ТГУ в полевых опытах бывает намного выше, чем минеральных удобрений, за счет пролонгированного действия элементов минерального питания.

Полученная в опыте урожайность люцерны посевной в первый и во второй годы практически совпадает (см. рис. 1). Метеорологические условия в годы проведения исследований были характерными для климата Амурской области, в течение вегетационного периода преобладало неравномерное распределение осадков и температуры – в мае исследуемых периодов отмечалась сухость почвы, в летние месяцы частичное переувлажнение. На отрастание люцерны второго года отразилась холодная малоснежная зима, которая привела к вымерзанию растений, а также засушливая весна и август (осадков выпало 26% от нормы), что затрудняло рост и развитие растений.

Наибольшая урожайность зеленой массы люцерны получена в варианте с ТГУ во втором году. Средняя урожайность люцерны выше на 64% в опыте с ТГУ по сравнению с контролем второго года, наименьший показатель в сравнении с контролем (22%) – у РК в первом году (рис. 2).

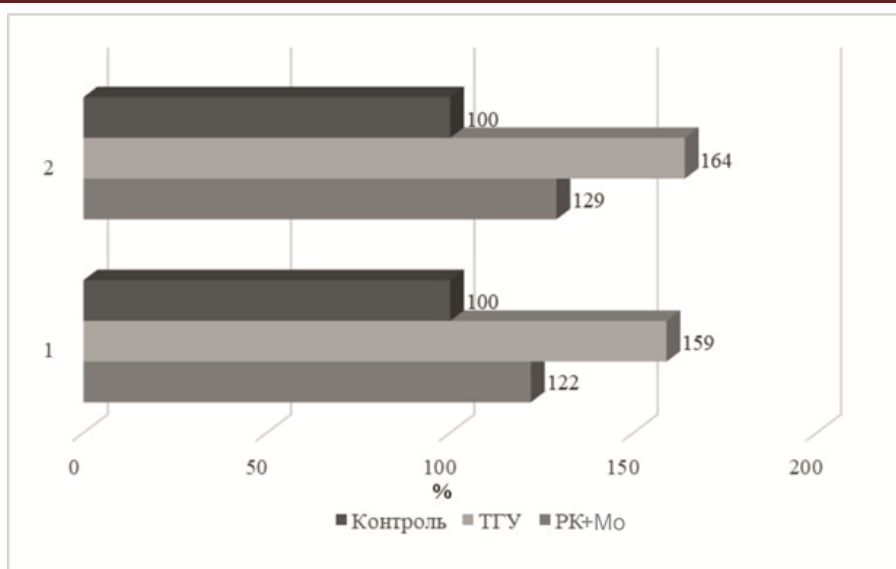


Рисунок 2. Относительная урожайность люцерны посевной, %.

Помимо урожайности растений, большое значение имеет содержание в них определенных химических элементов. Масштаб поглощения элементов определяется их ролью в жизни растений. Цинк, молибден и бор относят к «элементам жизни», поскольку участвуют в ключевых метаболических процессах: дыхании, фотосинтезе, углеводном и белковом обмене и т.п. Люцерна особенно сильно реагирует на нехватку молибдена, который является значимой составной частью фермента нитратредуктазы, без него невозможен синтез белковых веществ (Волошин, Аветисян, 2017). Также молибден влияет на обмен веществ, в частности, метаболизм аминокислот и нуклеиновых кислот, участвует в обмене серы в организме (Kabata-Pendias, 2010). Важными функциями бора являются участие в образовании сахаров, накоплении меристемы, плодообразование. Цинк необходим для синтеза белков, липидов и нуклеиновых кислот, а также метаболизма углеводов (Иванищев, 2022). В жизни растений также важен селен, он оказывает влияние на ростовые процессы, фотосинтетическую деятельность, зимостойкость, засухоустойчивость и продуктивность сельскохозяйственных культур (Побилат, Волошин, 2020). Что касается свинца и кадмия, то установлено, что при увеличении их содержания в листьях люцерны фотосинтетическая активность мезофильных клеток подавляется на 10–30%, что вызывает снижение продуктивности растений (Желтухина и др., 2021).

В таблице приведены обобщенные данные по содержанию вышеперечисленных элементов в люцерне посевной за 2005–2006 гг.

Таблица

Накопление химических элементов люцерной посевной, мг/кг

Вариант	B	Mo	Zn	Se	Pb	Cd
Контроль	9,5 ± 0,4	1,8 ± 0,1	92 ± 11	0,08 ± 0,02	0,64 ± 0,11	0,17 ± 0,02
ТГУ	24,1 ± 1,5	2,1 ± 0,1	127 ± 11	0,13 ± 0,03	0,89 ± 0,11	0,19 ± 0,02
РК+Мо	12,7 ± 0,4	4,9 ± 0,1	90 ± 8	0,09 ± 0,03	1,40 ± 0,14	0,21 ± 0,02
НСР ₀₅	3,2*	0,3*	16*	0,04	0,15*	0,03
Норма	1–30	2–3	30–60	–	–	–
МДУ	–	3,0	50	–	5,0	0,3

Примечание.

Приведены среднеарифметическое значение и его ошибка ($M \pm m$); * – выявлены статистически значимые различия. Варианты опыта: Контроль – без внесения удобрений, ТГУ – торфогуминовые удобрения, РК+Мо – минеральные удобрения. Норма – биогеохимическая норма содержания элементов в кормах (Биогеохимические основы ..., 1993); МДУ – максимально допустимый уровень концентрации элементов в грубых кормах (Ермаков, Тютиков, 2008).

Больше всего люцерна накапливает цинк и бор, причем более активно при внесении торфогуминовых удобрений (см. табл.). Повышенное накопление бора объясняется тем, что при изготовлении ТГУ используют борогипс, содержащий до 1% бора и 15% серы, который вносят в состав удобрений из расчета 60 кг/т или 6 г/кг торфа для покрытия дефицита приведенных элементов в почвах Дальневосточной провинции.

Содержание цинка в люцерне посевной довольно высокое; во всех вариантах оно превышает максимально допустимый уровень (МДУ) концентрации элементов в грубых кормах – 50 мг/кг (Ермаков, Тютиков, 2008), однако довольно близко к допустимому уровню кормовой пригодности трав (Kabata-Pendias, 2010). Вероятно, это вызвано высоким содержанием в исследуемой почве подвижного цинка – 28 мг/кг при предельно допустимой концентрации 23 мг/кг. В урбанизированных почвах Амурской области содержание подвижного цинка в целом сильно варьирует и может достигать 390 мг/кг (Радомская, Бородина, 2019). В растениях Дальнего Востока также зачастую наблюдается повышенная концентрация цинка, что связывают с комплексным воздействием загрязнения воздуха и почвы, антропогенным давлением, частыми природными и техногенными пожарами, трансграничным переносом загрязняющих веществ (Кондратьев, 2008). Избыток цинка может нарушать метаболические процессы, снижать содержание хлорофилла, подавлять фотосинтез и вызывать хлороз (Ospina-Alvarez et al., 2014), однако на растениях в опыте не обнаружено визуальных признаков нарушения микроэлементного питания. Это позволяет предположить, что выявленное повышенное содержание цинка не вызывало нарушений жизнедеятельности растений.

Содержание молибдена в растениях сильнее возрастает в варианте с использованием минеральных удобрений за счет его дополнительного внесения. Возможно и влияние его повышенного содержания в фосфорных удобрениях (Кондратова, Прокопчук, 2018). Ранее проведенные исследования показали, что содержание Мо в почвах региона находится на нижнем пределе нормы или немного ниже неё (Голов, 2004), что и послужило причиной дополнительного внесения Мо в почву как микроэлемента. Бобовые, в целом, содержат больше молибдена по сравнению со злаковыми и разнотравьем – 1–3,1 мг/кг в разных биогеохимических зонах (Ковальский и др., 1971); высокая потребность в нем бобовых культур определяется, главным образом, тем, что этот элемент необходим для фиксации молекулярного азота, в то время как для обмена веществ требуются значительно меньшие количества Мо (Голов, 2012). Концентрация кадмия и селена в растениях минимальна, между вариантами опыта статистически значимые отличия не выявлены, МДУ кадмия не превышено.

Полученные результаты согласуются с ранее проведенными исследованиями по изучению содержания химических элементов в бобовых растениях в Барабинской низменности, где среднее содержание химических элементов в бобовых многолетних травах составляет (мг/кг): бора – 18–26, молибдена – 1,2–2,0, кадмия – 0,1–0,2, свинца – 0,7–1,5 (Сысо, 2016). Это указывает на близкое содержание в растениях регионов элементов-биофилов В и Мо и отсутствие загрязнения растений токсикантами Cd и Pb. Селен в растениях до сих пор изучен весьма фрагментарно, что затрудняет сопоставление полученных результатов.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что внесение удобрений приводит к статистически значимому увеличению урожайности люцерны посевной – на 22–29% при внесении минеральных и на 59–64% при внесении торфогуминовых. Урожайность первого и второго года опытов практически не отличается между собой, влияния климатических условий выявлено не было. Наибольшая прибавка зеленой массы получена на втором году опытов при внесении торфогуминового удобрения.

Концентрация исследованных химических элементов в люцерне посевной снижается в ряду $Zn > B > Mo > Pb > Cd > Se$. Максимально допустимый уровень концентрации токсичных элементов свинца и кадмия в растениях не превышен, однако содержание цинка примерно в 2 раза выше нормируемых значений – вероятно, из-за его высокого содержания в исследуемой почве.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют, что выявление изменения урожайности люцерны посевной, содержание в ней биофильных и токсичных элементов под воздействием различных удобрений в условиях Амурской области имеет важное значение для разработки технологий, направленных на увеличение количественных и качественных показателей продукции кормопроизводства.

ЛИТЕРАТУРА

Беркаль И.В. Сеяные многолетние травы в южной зоне Амурской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 11(110) С. 177–182.

Биогеохимические основы экологического нормирования / В.Н. Башкин, Е.В. Евстафьева, В.В. Снакин и др. Москва: Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука"», 1993. 304 с.

Бурдуковский М.Л., Тимофеева Я.О., Голов В.И., Киселева И.В., Тимошинов Р.В. Динамика реакции почвенной среды, структурно-агрегатного состояния и запасов углерода агрономическим подбелом в ходе постагрогенного развития // Почвоведение. 2022. № 12. С. 1505–1513. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600664>

Волошин Е.И., Аветисян А.Т. Руководство по удобрению многолетних бобовых трав (люцерна, клевер, донник, эспарцет): методические рекомендации. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2017. 31 с.

Голов В.И. Антагонизм серы и молибдена в растениях сои и возможности их совместного применения в качестве удобрений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2012. № 2(151–152). С. 132–137.

Голов В.И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока. Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Биол.-почв. ин-т. Владивосток: Дальнаука, 2004. 315 с.

Голов В.И., Бурдуковский М.Л., Иваненко Н.В., Попова Ю.А. Экологическое состояние пахотных почв Дальнего Востока и ближайшие перспективы их использования // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2020. № 1(209). С. 66–74. <https://doi.org/10.25808/08697698.2020.209.1.007>

Голов В.И., Самохвалова О.С., Ананьева Э.В., Тимофеев А.Н. Условия накопления микроэлементов и тяжелых металлов основными кормовыми культурами на почвах Амурской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2007. № 2. С. 59–62.

Дроздова В.В., Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н., Лиманский А.Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зеленой массы люцерны // Плодородие. 2013. № 6(75). С. 15–18.

Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных. Москва: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2008. 315 с.

Желтухина В.И., Морозова Т.С., Панин С.И., Мелентьев А.А., Куликова М.А. Поведение тяжелых металлов в почвенно-биотическом комплексе агроценозов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 4(32). С. 136–140.

Иванищев В.В. Цинк в природе и его значение для растений // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022. № 2. С. 35–49. <https://doi.org/10.46689/2218-5194-2022-2-1-35-49>

Иванова Е.П., Чувилина Е.П., Хасбиуллина О.И., Беркаль И.В. Роль многолетних бобовых трав в биологизации земледелия и развитии кормопроизводства Дальнего Востока // Достижения науки и техники АПК. 2023. Том 37. № 10. С. 41–46. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_10_41

Казарина А.В., Марунова Л.К. Влияние режима питания на продуктивность люцерны в условиях самарского Заволжья // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 12. С. 101–105.

Ковальский В.В., Раецкая Ю.И., Грачева Т.И. Микроэлементы в растениях и кормах. Москва: Колос, 1971. 235 с.

Кондратова А.В., Прокопчук В.Ф. Содержание микроэлементов в чернозёмовидных почвах Зейско-Буреинской равнины // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2018. Том 23. С. 68–77. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2018.23.68>

Кондратьев И.И. Атмосферный трансграничный перенос загрязняющих веществ из центров эмиссии восточной Азии на юг Дальневосточного региона России // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2008. № 1(137). С. 107–112.

Костиков Д.Н. Микроэлементы в почвах Зейско-Буреинской равнины // Труды Благовещенского сельскохозяйственного института. 1971. Том 6. С. 106–109.

Лазарев Н.Н. Долголетие люцерны изменчивой в одновидовых посевах и травосмесях // Доклады ТСХА (г. Москва, 02–04 декабря 2014 г.). Том 1. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. С. 100–103.

Новоселов Ю.К., Шпаков А.С., Новоселов М.Ю., Рудоман В.В. Роль бобовых культур в совершенствовании полевого травосеяния // Кормопроизводство. 2010. № 7. С. 19–22. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-11-98-105>

Побилат А.Е., Волошин Е.И. Особенности содержания селена в системе почва-растение // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 11. С 95–102. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-11-98-105>

Радомская В.И., Бородин Н.А. Оценка антропогенного загрязнения почвы урбанизированной территории на примере города Благовещенска // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2019. № 6. С. 79–93. <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019679-93>

Сысо А.И. Актуальные вопросы гигиенической и биогеохимической оценки качества почв и растительной продукции // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: материалы II Международной школы (Тюмень, 16–20 мая 2016 г.) / под ред. В.А. Боева, А.И. Сысо, В.Ю. Хорошавина. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2016. С. 132–142.

Сысо А.И., Лебедева М.А., Худяев С.А., Черевко А.С., Шишин А.И., Себежко О.И., Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л., Камалдинов Е.В., Слобожанин Д.М. Макро- и микроэлементы в почвах и кормовых травах прифермерских полей Барнаульского Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2017. № 3(44). С. 54–61.

Шмелева Н.В. Многолетние травы – важный фактор воспроизводства и регулирования плодородия почв Верхневолжья // Владимирский земледелец. 2022. № 2(100). С. 35–39. <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2022-2-35-39>

Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. 548 p.

Ospina-Alvarez N., Głaz N., Dmowski K., Krasnodębska-Ostrega B. Mobility of toxic elements in carbonate sediments from a mining area in Poland. Environmental Chemistry Letters. 2014. Vol. 12(3). P. 435–441. <https://doi.org/10.1007/s10311-014-0468-0>

Поступила в редакцию 23.07.2024

Принята 16.04.2025

Опубликована 25.05.2025

Сведения об авторе:

Самохвалова Ольга Сергеевна – главный специалист по управлению проектами ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк, Россия), samohvalova_os@sibsiu.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Aalfalfa yield and chemical composition under different fertilization

© 2025 O. S. Samokhvalova

Siberian State Industrial University, st. Kirova, 42, Novokuznetsk, Russia. E-mail: samohvalova_os@sibsiu.ru

The aim of the study was to examine changes in alfalfa yield and content of biophilic and toxic elements under the influence of various fertilizers in the southern zone of the Amur region.

Location and time of the study. The experimental part of the study was carried out in the Educational and Experimental Farm of the Far Eastern State Agrarian University (Gribskoye village), Amur Region, in 2005–2006.

Methods. Microplot field experiments were carried out, plant and soil samples collected and soil physicochemical properties determined using universally accepted methods, the elemental chemical composition of soil and plant samples was determined by atomic adsorption. Variation statistics was used to process the data obtained.

Results. The yield of alfalfa in different treatments increased control < mineral fertilizers < peat-humic fertilizers, and was about the same in the first and second years of the experiment. Alfalfa was found to most actively accumulate zinc and boron, and the more so under peat-humic fertilizers. The zinc content in alfalfa in all cases exceeded the regulated reference values. Mineral fertilization resulted in the increase in molybdenum content to the values exceeding the permissible level. The cadmium and selenium concentration in plants was minimal, with no statistically significant differences between the treatments; the maximal permissible level for cadmium was not exceeded.

Conclusions. Peat-humic fertilizers led to a greater increase in green phytomass as compared with mineral fertilizers. Alfalfa actively accumulated zinc and boron, and the content of potentially toxic elements (cadmium and lead) did not exceed the maximum permissible values. Revealing production peculiarities and chemical

composition of alfalfa, and specifically biophilic and toxic chemical elements under fertilization, is very important for the development of technologies to improve the quantity and quality of the fodder production in the Amur region.

Keywords: alfalfa; perennial grasses; fertilizers; trace elements; Amur region.

How to cite: Samokhvalova O.S. Alfalfa yield and chemical composition under different fertilization. *The Journal of Soils and Environment*. 2025. 8(2). e269. DOI: [10.31251/pos.v8i2.269](https://doi.org/10.31251/pos.v8i2.269) (in Russian with English abstract).

REFERENCES

- Berkal I.V. The sowed long-term grasses in a southern zone of the Amur region. *Bulletin of Krasnoyarsk Agrarian University*. 2015. No. 11(110). P. 177–182. (in Russian).
- Biogeochemical foundations of environmental regulation / V.N. Bashkin, E.V. Evstafieva, V.V. Snakin et al. Moscow: Academic scientific publishing, production, printing and book distribution center "Nauka", 1993. 304 p. (in Russian).
- Burdukovskii M.L., Timofeeva Ya.O., Golov V.I., Kiseleva I.V., Timoshinov R.V. Dynamics of Soil Acidity, Structural–Aggregate State, and Carbon Stocks in Agro-Dark-Humus Podbels in the Postagrogenic Development. *Eurasian Soil Science*. 2022. Vol. 55. No. 12. P. 1733–1740. <https://doi.org/10.1134/S1064229322700028>
- Voloshin E.I., Avetisyan A.T. Guide to fertilizing perennial legumes (alfalfa, clover, sweet clover, sainfoin): methodological recommendations. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2017. 31 p. (in Russian).
- Golov V.I. Sulphur and molybdenum antagonism in soybean plants and possibility of their joint application as fertilizers. *Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Research Institute of Oil Crops*. 2012. No. 2(151–152). P. 132–137. (in Russian).
- Golov V.I. The cycle of sulfur and microelements in the main agroecosystems of the Far East. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2004. 315 p. (in Russian).
- Golov V.I., Burdukovsky M.L., Ivanenko N.V., Popova Yu.A. The ecological state of the arable soil of the far east and the immediate prospects for their use. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020. No. 1(209). P. 66–74. (in Russian). <https://doi.org/10.25808/08697698.2020.209.1.007>
- Golov V.I., Samokhvalova O.S., Ananyeva E.V., Timofeev A.N. Conditions for the accumulation of microelements and heavy metals by the main forage crops on the soils of the Amur region. *Bulletin of Krasnoyarsk Agrarian University*. 2007. No. 2. P. 59–62. (in Russian).
- Drozdova V.V., Sheudzhen A.Kh., Neshchadim N.N., Limansky A.N. Effect of mineral fertilizers on the yield and quality of alfalfa green mass. *Plodorodie*. 2013. No. 6(75). P. 15–18. (in Russian).
- Ermakov V.V., Tyutikov S.F. *Geochemical ecology of animals*. Moscow: MAIK "Nauka/Interperiodika", 2008. 315 p. (in Russian).
- Zheltukhina V.I., Morozova T.S., Panin S.I. and others. Behavior of heavy metals in the soil-biotic complex of agroecosystems. *Innovations in the agroindustrial complex: problems and prospects*. 2021. No. 4(32). P. 136–140. (in Russian).
- Ivanishchev V.V. Zinc in nature and its significance for plants. *Izvestiya Tula State University. Earth Sciences*. 2022. No. 2. P. 35–49. (in Russian). <https://doi.org/10.46689/2218-5194-2022-2-1-35-49>
- Ivanova E.P., Chuvilina E.P., Khasbiullina O.I., Berkal I.V. The role of perennial legumes in the biologization of agriculture and the development of feed production in the Far East. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2023. Vol. 37. No. 10. P. 41–46. (in Russian). https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_10_41
- Kazarina A.V., Marunova L.K. The effect of diet on productivity of alfalfa in the conditions of samara Trans-Volga region. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2017. No. 12. P. 101–105. (in Russian).
- Koval'skiy V.V., Raetskaya Yu.I., Gracheva T.I. *Microelements in plants and feeds*. Moscow: Kolos Publ., 1971. 235 p. (in Russian).
- Kondratova A.V. Trace elements composition of chernozem-like soils on Zeya-Byreya plain. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Biology. Ecology*. 2018. Vol. 23. P. 68–77. (in Russian). <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2018.23.68>
- Kondratyev I.I. Atmospheric transboundary transport of pollutants from the emission centers of East Asia to the south of the Far Eastern region of Russia. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2008. No. 1(137). P. 107–112. (in Russian).
- Kostikov D.N. *Microelements in soils of the Zeya-Bureya Plain*. Proceedings of the Blagoveshchensk Agricultural Institute. 1971. Vol. 6. P. 106–109. (in Russian).

Lazarev N.N. Longevity of variable alfalfa in single-species crops and grass mixtures. Reports of the TSHA (Moscow, 02–04 December, 2014). Vol. 1. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva, 2015. P. 100–103. (in Russian).

Novoselov Yu.K., Shpakov A.S., Novoselov M.Yu., Rudoman V.V. Role of legumes in perfection of field grass cultivation in Russia. Fodder Production. 2010. No. 7. P. 19–22. (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-11-98-105>

Pobilat A.E., Voloshin E.I. The features of selenium content in the soil - plant system (review). Bulletin of Krasnoyarsk Agrarian University. 2020. No. 11. P. 95–102. (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-11-98-105>

Radomskaya V.I., Borodina N.A. Assessment of anthropogenic contamination in an urban territory by the example of Blagoveshchensk city. Geoekologiya. Inzheneraya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. 2019. No. 6. P. 79–93. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019679-93>

Syso A.I. Current issues of hygienic and biogeochemical assessment of the quality of soils and plant products / A.I. Syso. In book: Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural environments. Materials of the II International school-seminar for young researchers, dedicated to the memory of Professor V.B. Ilyina (Tyumen, 16–20 May, 2016). Tyumen: Tyumen State University, 2016. P. 132–142. (in Russian).

Syso A.I., Lebedeva M.A., Khudyaev S.A., Cherevko A.S., Shishin A.I., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Slobozhanin D.M. Macro- and microelements in soils and forage grasses of farm fields of the Barnaul Ob region. Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2017. No. 3(44). P. 54–61. (in Russian).

Shmeleva N.V. Permanent grasses are an important factor in fertility recovery and fertility control of soil of Upper Volga. Vladimir Farmer. 2022. No. 2(100). P. 35–39. (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2022-2-35-39>

Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. 548 p.

Ospina-Alvarez N., Głaz N., Dmowski K., Krasnodębska-Ostęga B. Mobility of toxic elements in carbonate sediments from a mining area in Poland. Environmental Chemistry Letters. 2014. Vol. 12(3). P. 435–441. <https://doi.org/10.1007/s10311-014-0468-0>

Received 27 July 2024

Accepted 16 April 2025

Published 25 May 2025

About the author:

Olga S. Samokhvalova – Chief Specialist in Project Management of Siberian State Industrial University (Novokuznetsk, Russia), samohvalova_os@sibsiu.ru.

The author read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)