

Агрочоведение и агроэкология

УДК 631.452

DOI: 10.31857/S2500262723050101, EDN: PNNVIN

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА ПЛОДОРОДИЕ ОРОШАЕМОЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ**Ю. В. Аксенова¹**, кандидат биологических наук, **В. С. Бойко²**, доктор сельскохозяйственных наук
А. Ю. Тимохин², кандидат сельскохозяйственных наук¹Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина,
644008, Омск, Институтская пл., 1
E-mail: yuv.aksenova@omgau.org²Омский аграрный научный центр,
644012, Омск, просп. Королева, 26
E-mail: boiko@anc55.ru

Исследования проводили с целью установления влияния бобово-злаковых травосмесей на плодородие орошаемой лугово-черноземной почвы в зависимости от продолжительности их возделывания. Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: травосмесь (фактор А) – коострец безостый + люцерна посевная 6 г.ж.; коострец безостый + козлятник восточный + свербига восточная 12 г.ж.; коострец безостый + козлятник восточный 21 г.ж.; минеральные удобрения (фактор В) – без удобрений, N₆₀P₆₀. Азотные удобрения вносили под каждый укос, фосфорные – в запас. Количество агрономически ценных агрегатов и их устойчивость к размывающему действию воды в слое 0...20 см возрастало с 48 % под травосмесью 6 г.ж. до 69 и 79 % под травосмесями 12 и 21 г.ж. При внесении удобрений доля агрономически ценных агрегатов под травостоем 12 и 21 г.ж. снижалась на 7...9 %, по отношению к вариантам без удобрений. Содержание гумуса под травами в слое 0...20 см достигало 6,7...7,1 % в удобренных вариантах и 7,5...7,8 % без их использования. В составе гумуса доля углерода гуминовых кислот составляла 1,9...2,4 и 2,6...2,7 % соответственно, реакция среды – 5,8 и 6,8 ед. рН водной суспензии. В составе обменных катионов 70...87 % приходилось на кальций. В почве без удобрений содержание подвижного фосфора (по Чирикову) составляло 55...90 мг/кг, при внесении удобрений оно увеличилось в слоях 0...20 и 20...40 см на 68...95 и 40...70 мг/кг соответственно. Показатели химических и физико-химических свойств почвы достигали оптимальных параметров через 6 лет возделывания бобово-мятликовой травосмеси, поэтому увеличение срока их выращивания с этой целью (до 12 и 21 года) нецелесообразно.

INFLUENCE OF PERENNIAL GRASSES USAGE DURATION ON FERTILITY OF IRTYSK OMA MEADOW-BLACK EARTH SOIL**Yu. V. Aksenova¹, V. S. Boiko², A. Yu. Timokhin²**¹Omsk State Agrarian University,
644008, Omsk, Institutskaya pl., 1
E-mail: yuv.aksenova@omgau.org²Omsk agrarian scientific center,
644012, Omsk, prosp. Korolova, 26
E-mail: boiko@anc55.ru

Studies were carried out in order to establish the influence of legume-cereal grass mixtures on the fertility indicators of irrigated meadow-chnozem soil, depending on the duration of their cultivation in grain-grass crop rotation. Two factors were studied in the experiment: A – grass mixture: 1) awnless brome + alfalfa 6 years old, 2) awnless brome + eastern goat's rue + eastern goat's rue 12 years old, 3) awnless brome + eastern goat's rue 21 years old; B – mineral fertilizers: 1) without fertilizers. Nitrogen fertilizers were applied for each of the two mowings, and phosphorus fertilizers were applied as reserves. The dependence of the amount of agronomically valuable aggregates and their resistance to water erosion action on the age of legume-bluegrass grass mixtures was revealed. With an increase in the age of herbs, the number of these aggregates in the soil layer 0...20 cm increased from 48 % under the grass mixture of 6 years of life to 69 % under the grass mixture of 12 years, reaching 79 % under the grass mixture of 21 years of life. When introducing nitrogen-phosphorus fertilizers, a decrease in fractions of agronomically valuable aggregates under the grass stand of 12 and 21 years of life was established by 7...9 % in relation to options without fertilizers. With the increase in the age of grass stand, the content of humus and humic acids in its composition, exchange cations and the reaction of the medium did not change significantly, to a greater extent the changes are associated with the influence of mineral fertilizers. The amount of humus under the herbs in the soil layer 0...20 cm was high and reached 6.7...7.1 % in fertilized versions and 7.5...7.8 % in versions without fertilizers. In the composition of humus, the share of humic acid carbon accounted for from 1.9...2.4 to 2.6...2.7 %, respectively, options. The reaction of the medium in the test variants varied from 5.8 to 6.8 units of pH the aqueous suspension. In the composition of exchangeable cations, calcium accounted for 70 to 87 %. In the experimental variants without fertilizers, the content of mobile phosphorus (according to Chirikov) in the soil was 55...90 mg/kg; when applying fertilizers, its amount increased by 68...95 mg/kg in a layer of 0...20 cm and by 40...70 mg/kg in a layer of 20...40 cm. Indicators of the chemical and physicochemical properties of the soil reached optimal parameters after 6 years of cultivating the legume-poa grass mixture, so further use (12 and 21 years) of the soil under grass is not practical.

Ключевые слова: многолетние травы, органическое вещество, плодородие, агрегатный состав почвы, водоустойчивость агрегатов**Key words:** perennial grasses, organic matter, fertility, soil aggregate composition, water resistance of aggregates

Основные посевные площади в Омской области занимают зерновые культуры, выгодные с экономической точки зрения. Ежегодное их возделывание и преобладание в севооборотах приводит к постепенной утрате почвами плодородия [1, 2, 3].

Эффективное сохранение и воспроизводство плодородия пахотных почв в сочетании с выращиванием высококачественной сельскохозяйственной продукции возможно только в условиях интенсивного использования удобрений, мелиорантов, химических и биологических средств защиты растений от болезней и вредителей [4, 5, 6]. После резкого сокращения в 90-х гг. применения агрохимикатов большинство сельскохозяйственных товаропроизводителей осуществляло земледелие на фоне естественного почвенного плодородия или низких объемов применяемых средств химизации и органических удобрений. Это привело к уменьшению запасов элементов питания и гумуса, а также к снижению производительной способности почв в целом.

В современной экономической обстановке на фоне высокой стоимости минеральных удобрений и осложняющейся с каждым годом проблемы сохранения плодородия пахотных почв, одним из высокоэффективных приемов по повышению их устойчивости к антропогенным нагрузкам и воспроизводству естественного плодородия выступает введение в севообороты многолетних трав [7, 8, 9]. Хорошо развитая корневая система этих растений защищает верхний слой почвы от негативного воздействия воды и ветра, предотвращая его разрушение. Посевы бобово-мятликовых травсмесей многолетних трав имеют значительные преимущества, в сравнении с одновидовыми фитоценозами, оказывая не только комплексное воздействие на почвенное плодородие, но и повышая урожайность последующих культур и продуктивность севооборотов. Бобовые компоненты травсмеси способствуют накоплению азота [10, 11], а мятликовые – формируют и оставляют в почве большую массу пожнивных и корневых остатков, продукты разложения которых, положительно влияют на структурное состояние почвы, баланс углерода и элементов минерального питания [10, 12]. Эффективная защита пахотных почв от негативного воздействия природных и антропогенных факторов возможна только при сбалансированном соотношении многолетних трав в структуре посевных площадей.

Цель исследования – установить влияние многолетних трав на показатели плодородия орошаемой почвы в зависимости от продолжительности их возделывания в выводных полях зернотравяного севооборота.

Методика. Работу выполняли в 2016–2020 гг. в многолетних полевых опытах ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», заложенных в 1977–1978 гг. Объект исследования – лугово-черноземная среднелесная среднегумусная тяжелосуглинистая почва, орошаемая с 1977 года водами реки Омь. Средняя поливная норма составляла 300 м³/га, на многолетних травах – 450 м³/га. В зависимости от гидротермических условий в период вегетации проводили от 3 до 5 поливов.

Исследования выполняли в выводных полях многолетних трав зернотравяного севооборота. Почвенные пробы отбирали из слоев 0...20 и 20...40 см в пятикратной пространственной повторности. В опыте изучали два фактора: травосмесь (фактор А) – коострец безостый + люцерна посевная 6 года жизни (г.ж.), коострец безостый + козлятник восточный + свербига восточная 12 г.ж., коострец безостый + козлятник восточный 21 г.ж.; минеральные удобрения (фактор В) – без удобрений, N₆₀P₆₀.

Посев травосмеси коостреца и люцерны проводили под широкорядный покров горохоовсяной смеси, коостреца и козлятника, а также коостреца с козлятником и свербигой – беспокровно. Азотные удобрения (аммиачная селитра) вносили локально сеялкой СЗП-3,6 в дозе 60 кг д.в. на 1 га под каждый из двух укосов многолетних трав, фосфорные (аммофос) – в запас до посева трав в дозе 250 кг д.в. в расчете на ежегодный вынос 50 кг д.в. на 1 га в первые пять лет использования травосмесей и последствие удобрений в дальнейшем.

Учет урожайности трав осуществляли два раза за вегетацию в фазе начала цветения бобового компонента вручную скашиванием с площадок 1 м² в каждом варианте опыта. Площадь делянки 360 м². Расположение делянок систематическое. Сплошную уборку травостоя проводили кормоуборочным комбайном.

Плодородие почвы оценивали по следующим показателям: содержание органического вещества (методом Тюрина И. В. в модификации Симакова В. Н.); фракционно-групповой состав гумуса (методом Пономаревой В. В. и Плотниковой Т. А.); содержание нитратного азота (по ГОСТ 26488-85), подвижного фосфора и калия (методом Чирикова, ГОСТ 26204-91); агрегатный состав и водоустойчивость агрегатов (методом Саввинова Н. И.); рН водной суспензии (потенциометрическим методом); содержание обменного кальция, магний (комплексометрическим методом) и натрия (пламенно-фотометрическим методом). Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Значимость многолетних трав определяется не только их кормовой ценностью, но и способностью формировать большое количество растительной биомассы, участвующей в воспроизводстве почвенного плодородия. Урожайность зависела от состава травосмесей и уровня обеспеченности элементами минерального питания. В первый год жизни травосмесей на фоне азотно-фосфорных удобрений ее величина была выше, чем в неудобренных вариантах опыта, в среднем на 3,6...10,5 т/га (рис. 1).

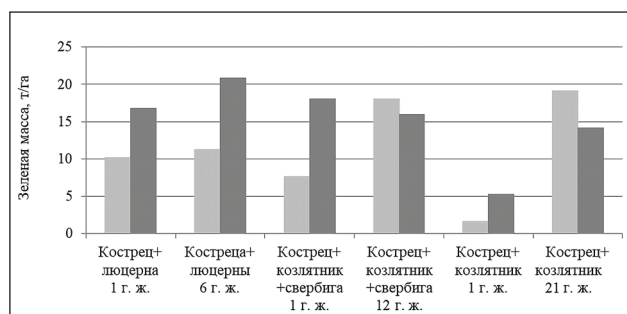


Рис. 1. Урожайность зеленой массы многолетних травосмесей разного возраста: ■ — без удобрений, ■ — N₆₀P₆₀

Низкая урожайность коостреца и козлятника 1 года жизни (г.ж.) связана с беспокровным посевом многолетних трав весной. Летом скашивали сорную растительность на высоком срезе (15...20 см), не затрагивая точку роста бобовой культуры. Осенью убирали сформированную в небольшом объеме надземную массу растений. Более высокая урожайность травосмеси коостреца с люцерной 1 г.ж. обусловлена зеленой массой покровной культуры (до 90 % в 1 укосе), в урожайности коостреца с козлятником и свербигой 1 г.ж. определенную долю вносили розеточные листья свербиги восточной. Снижение урожайности старовозрастных травостоев

12 и 21 г. ж. этих смесей в удобренных вариантах соответственно на 2,08 и 4,91 т/га, по сравнению с неудобренными, объясняется преобладанием в них мятликового компонента – костреца безостого, формирующего более «легкую» зеленую массу. В вариантах без удобрений преобладает бобовая культура – козлятник восточный, более толерантная к низкому содержанию подвижных форм фосфора, формирующая более плотную массу. Люцерно-кострецовая смесь 6 г. ж., как и в более молодом возрасте, в аналогичных условиях положительно реагировала на оптимизацию питания фосфором.

Накопление органического вещества зависит от объемов и качества поступающей в почву биомассы, скорости ее разложения и закрепления новообразованных гумусовых веществ минеральными компонентами. Максимальное его содержание отмечено в почвах целинных или залежных территорий, на которых биомасса не отчуждается, а в виде наземного и корневого опада поступает на поверхность почвы и в ее толщу.

Исследованиями, проведенными в Сибири, установлено, что в среднем за три года козлятник восточный накапливал до 4,82 т/га растительных остатков (сухое вещество), свербига восточная – 4,27 т/га, масса корневых остатков (сухое вещество) под этими культурами в слое 0...40 см достигала 14,78 и 14,15 т/га соответственно [13]. При возделывании люцерны на 4...6 годы ее использования в пахотном слое накапливалось до 11,6...13,7 т/га сухой массы корней и пожнивных остатков [14]. Поступая в почву, корневые и пожнивные остатки растений подвергаются биохимическим превращениям, обогащая ее гумусом.

Во всех вариантах опыта почва в слоях 0...20 и 20...40 см соответствовала сильногумусированной (градации пахотных почв РФ по степени гумусованности). Верхняя часть гумусового слоя (0...20 см) характеризовалась достоверно более высоким (на 0,40 % на неудобренных и до 0,60 % на удобренных фонах) содержанием гумуса (табл. 1), чем нижняя (20...40 см), так как на этой глубине сосредоточена основная масса корневых растений.

При характеристике состояния почв необходимо учитывать фракционно-групповой состав гумуса, в частности содержание подвижных гуминовых кислот (свободных и связанных с подвижными полуторными оксидами) и гуматов кальция (прочно связанных с каль-

цием). Первые участвуют в питании растений и структурообразовании, их накопление в почве зависит от уровня развития земледелия, севооборота, применяемых доз органических и минеральных удобрений. На фоне высокого содержания в почвенно-поглощающем комплексе катионов кальция происходит закрепление подвижных гуминовых кислот в виде гуматов кальция, что предохраняет их от деструкции и утилизации почвенной биотой, а также приводит к увеличению содержания гумуса и гуминовых кислот в почвах.

Во всех вариантах опыта в составе гумуса преобладали гуминовые кислоты, определяя его гуматный тип. В отношении свободных гуминовых кислот не было выявлено зависимости их накопления от состава травосмеси, года жизни и применения минеральных удобрений. Количество свободных гуминовых кислот в слоях 0...20 и 20...40 см почвы под травосмесями, возделываемыми без применения удобрений, составляло 0,42...0,66 %, в вариантах с их внесением – 0,36...0,69 %. Максимальное в опыте содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием отмечено в вариантах опыта без удобрений. Под травосмесью костреца и козлятника 21 г. ж. величина этого показателя в слое 0...20 см достигала 1,68 %, в слое 20...40 см – 1,58 %, под травосмесью костреца, козлятника и свербиги 12 г. ж. – соответственно 1,53 и 1,32 %, под люцерной и кострецом – 1,51 и 1,63 %. При внесении азотно-фосфорных удобрений отмечено снижение фракции гуминовых кислот, связанных с кальцием в слое 0...20 см до 1,27...1,38 %, в слое 20...40 см – 1,25...1,39 %.

Процесс гумификации органических остатков протекал в благоприятных условиях: реакции среды близкой к нейтральной, на фоне очень высокого содержания щелочноземельных катионов – кальция и магния. Во всех вариантах опыта реакция среды в слоях почвы 0...20 и 20...40 см находилась в интервале 5,8...6,8 ед. рН. Некоторое подкисление почвенного раствора под травосмесями 12 и 21 г. ж. связано с накоплением фульвокислот и угольной кислоты, образующейся при выделении углекислого газа, как корневой системой многолетних трав, так и в процессе разложения органических остатков. Количество обменного кальция в гумусовом слое почвы (0...20 и 20...40 см) было очень высоким независимо от состава травосмеси и года ее жизни и варьировало от 23,8 до 29,8 смоль(+) кг⁻¹, обменного магния – от 6,2 до 8,2 смоль(+) кг⁻¹, натрия – от 0,5 до 1,8 смоль(+) кг⁻¹.

В качестве источника питания растения и микроорганизмы используют и фракцию фульвокислот, свободных и связанных с подвижными полуторными оксидами. Ее содержание под травосмесями костреца, козлятника и свербиги 12 г. ж., а также костреца и козлятника 21 г. ж. изменялось по слоям в интервале от 0,19 до 0,28 %, под люцерной и кострецом – достигала 0,27...0,37 %. Поскольку фульвокислоты растворимы в воде и легко мигрируют по почвенному профилю с поливными водами и атмосферными осадками, их содержание в большей степени зависело от количества влаги, поступившей в почву в год исследований, чем от возраста трав.

Во всех вариантах опыта содержание гумуса, гумусовых кислот и обменных катионов в слое почвы 20...40 см изменялось в более широком диапазоне, чем в слое 0...20 см. Это связано не только с размерами их образования и накопления под травами разного года жизни, но и с пространственным варьированием из-за языковатой границы перехода гумусового горизонта в нижележащий горизонт.

Табл. 1. Показатели гумусного состояния почвы под бобово-мятликовыми травосмесями разного возраста

Травосмесь (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор В)	Слой, см	Гумус, %	C _{гк} * / C _{фк}		C _{гк} :C _{фк}
				% к массе почвы		
Кострец + люцерна 6 г. ж.	без удобрений	0...20	7,60	2,62	0,87	3,00
		20...40	7,20	2,65	0,84	3,20
		20...40	6,50	1,90	0,71	2,80
Кострец + козлятник + свербига 12 г. ж.	без удобрений	0...20	7,50	2,70	0,95	2,90
		20...40	7,10	2,66	0,82	3,10
		20...40	6,70	2,57	0,86	2,60
Кострец + козлятник 21 г. ж.	без удобрений	0...20	6,70	2,37	0,82	2,70
		20...40	7,80	2,72	0,89	3,00
		20...40	7,40	2,58	0,77	3,50
НСР ₀₅	N ₆₀ P ₆₀	0...20	7,30	2,20	1,08	2,40
		20...40	7,00	2,23	0,79	3,00
		20...40	7,00	2,23	0,79	3,00
	А	0...20	0,25	0,27	0,20	-
		20...40	0,23	0,34	0,21	-
		0...20	0,20	0,22	0,16	-
В	20...40	0,18	0,28	0,17	-	
	0...20	0,34	0,37	0,28	-	
для частных различий		20...40	0,32	0,48	0,30	-

* C_{гк} – углерод гуминовых кислот, C_{фк} – углерод фульвокислот.

За период вегетации многолетние мятликовые и бобовые травы наращивают мощную корневую систему, которая участвует в формировании почвенной структуры и ее водоустойчивости [16]. Стержневая корневая система бобовых трав (козлятник восточный, свербига восточная, люцерна посевная), глубоко проникая в подпахотные слои, разрыхляет ее и дренирует на большую глубину, что снижает плотность сложения почвы. Мочковатая корневая система (кострец безостый) пронизывает почвенную массу, крошит ее на более мелкие структурные отдельные – почвенные агрегаты и чем мощнее и разветвленнее корневая система, тем выше содержание структурных агрегатов [13].

В наших исследованиях отмечено увеличение доли агрегатов агрономически ценных фракций (10...0,25 мм) и снижение – глыбистых агрегатов (>10 мм) с возрастом травостоя. Максимальное в опыте содержание агрономически ценных фракций установлено под травосмесью козлятника и костреца 21 г. ж. (табл. 2). В варианте без внесения удобрений их доля в слое почвы 0...20 см достигала 79,2 % (НСР₀₅ 3,2), на глубине 20...40 см (НСР₀₅ 3,5) – 76,1 %, в варианте с внесением минеральных удобрений отмечено снижение агрономически ценных агрегатов до 71,7 (НСР₀₅ 3,8) и 71,2 (НСР₀₅ 3,7) % соответственно слоям. Количество глыбистой фракции (> 10 мм) не превышало 30 % и находилось на оптимальном уровне. Структурное состояние пахотного слоя почвы оценивалось как хорошее, коэффициент структурности изменялся от 2,5 до 3,8.

Хорошее структурное состояние почвы было отмечено и под травосмесью костреца, козлятника и свербиги 12 г. ж. Коэффициент структурности в пахотном слое был ниже (1,5...2,3), чем под травосмесью 21 г. ж. вследствие более высокого содержания глыбистых агрегатов (на 3...14 %) и пониженного количества (на 5...10 %) агрономически ценных фракций. При возделывании травосмеси без применения удобрений на долю последних приходилось до 69,1 % в слое 0...20 см и до 66,6 % в слое 20...40 см. В варианте с применением удобрений доля агрономически ценных агрегатов в слое 0...20 см снижалась до 60,1 %, а в слое 20...40 см оставалась на уровне 65,9 %.

Независимо от применения удобрений почва под травосмесью костреца и люцерны 6 г. ж. в слое 0...20 см имела удовлетворительное структурное состояние вследствие низкого количества агрономически ценных фракций, доля которых составляла 47,3...48,1 %, и высоко

кого содержания глыбистых агрегатов (37,5...39,6 %). В слое 20...40 см доля глыбистой фракции находилась на оптимальном уровне (19,0...23,9 %), а агрономически ценных агрегатов достигала 61,3...62,7 %, что обеспечило хорошее структурное состояние горизонта. Коэффициент структурности пахотного слоя был минимальным в опыте и составлял 0,9...1,7.

Соотношение глыбистой фракции и агрономически ценных агрегатов зависит от состояния почвы, при котором была проведена ее обработка сельскохозяйственной техникой. При крошении пласт подвергается различного рода деформациям, которые разрушают внутренние связи. Высококачественное крошение почвы и минимальное ее распыление происходит при содержании влаги от 40 до 50 % от полной влагоемкости, то есть в состоянии физической спелости [17].

Одним из основных критериев оценки структурных агрегатов служит их устойчивости к размывающему воздействию воды, которая зависит от качества материала, склеивающего механические частицы в агрегаты. Многолетние травы оказали положительное влияние на формирование устойчивости структурных агрегатов к разрушающему воздействию воды. Во всех вариантах опыта без применения удобрений в слое 0...20 см она была выше (на 7...34 %), чем в вариантах с их внесением независимо от времени взаимодействия с водой (рис. 2). Отличной водоустойчивостью характеризовались агрегаты почвы под травосмесями 6, 12 и 21 г. ж. как при кратковременном (10...60 мин.), так и при длительном (24 ч) взаимодействии с водой.

В вариантах с внесением азотно-фосфорных удобрений максимальной в опыте (отличной) водоустойчивостью обладали агрегаты почвы под травосмесью костреца и козлятника 21 г. ж., их количество при 24-часовом взаимодействии с водой снизилось на 38 % от исходного.

Агрегаты почвы под травосмесью костреца, козлятника и свербиги 12 г. ж. характеризовались отличной водоустойчивостью. Но при длительном взаимодействии с водой доля водоустойчивых агрегатов снизилась, по отношению к исходному уровню, на 43 % и качество агрегатов оценили как хорошее. Минимальной в опыте устойчивостью к размывающему действию воды обладали агрегаты почвы под травосмесью костреца и люцерны 6 г. ж. При увеличении времени воздействия водой она снижалась с хорошей до неудовлетворительной, а количество водоустойчивых агрегатов уменьшилось на 64 %.

Табл. 2. Агрегатный состав почвы под бобово-мятликовыми травосмесями разного возраста, %

Травосмесь (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор В)	Слой, см	Размер фракций почвенных агрегатов, мм									
			> 10	7...10	5...7	3...5	2...3	1...2	0,5...1	0,25...0,5	< 0,25	
Кострец + люцерна 6 г. ж.	без удобрений	0...20	37,5	7,0	5,6	6,3	5,3	9,9	5,9	8,1	14,6	
		20...40	19,0	6,9	6,8	9,0	8,4	11,1	8,2	12,3	18,3	
	N ₆₀ P ₆₀	0...20	39,6	6,0	5,4	6,6	5,7	10,0	5,9	7,7	13,0	
		20...40	23,9	6,6	6,4	9,2	7,7	13,9	7,7	9,8	14,8	
Кострец + козлятник + свербига 12 г. ж.	без удобрений	0...20	15,8	8,7	12,2	15,1	8,8	12,8	3,5	8,0	15,1	
		20...40	17,6	8,1	10,7	13,4	7,7	14,1	4,1	8,4	15,8	
	N ₆₀ P ₆₀	0...20	25,7	8,8	9,7	10,9	7,0	12,5	3,9	7,3	14,1	
		20...40	15,6	7,1	8,3	11,3	8,7	16,4	3,7	9,3	18,4	
Кострец + козлятник 21 г. ж.	без удобрений	0...20	10,7	6,9	11,9	19,9	12,8	17,8	3,5	6,5	10,1	
		20...40	11,0	7,6	11,9	16,5	11,2	17,9	3,6	7,4	12,9	
	N ₆₀ P ₆₀	0...20	11,6	5,4	6,2	11,6	11,2	21,7	4,8	10,7	16,7	
		20...40	12,4	6,9	7,9	11,2	10,7	19,6	5,1	10,0	16,3	
НСР ₀₅	А	0...20	2,7	-	-	-	-	-	-	-	1,6	
		20...40	2,4	-	-	-	-	-	-	-	1,4	
		0...20	3,3	-	-	-	-	-	-	-	1,9	
		20...40	3,0	-	-	-	-	-	-	-	1,7	
для частных различий		0...20	4,6	-	-	-	-	-	-	-	2,7	
		20...40	4,2	-	-	-	-	-	-	-	2,4	

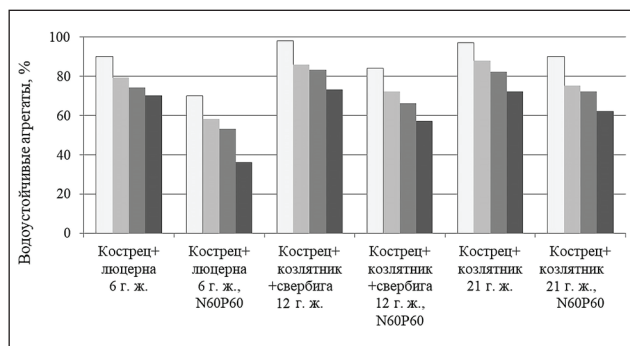


Рис. 2. Водоустойчивость агрегатов почвы в слое 0...20 см под травосмесями разного возраста:

■ — 10 мин., ■ — 30 мин., ■ — 60 мин., ■ — 24 ч.

Мощная хорошо развитая корневая система многолетних трав способна усваивать рассеянный в почвенной толще атмосферный азот, который передается от бобовых компонентов травосмесей к мятликовым [13, 15]. Имея мочковатую корневую систему с высокой катионообменной способностью, мятликовые травы лучше поглощают из почвы одновалентные катионы [18]. Бобовые травы имеют стержневую корневую систему, которая позволяет им извлекать фосфор, калий, кальций и влагу из труднорастворимых соединений подпахотных горизонтов, а также обогащать элементами питания верхние горизонты почвы [13, 15].

В наших исследованиях содержание в почве нитратного азота во всех вариантах опыта как в период отрастания трав (весной), так и после второго укоса (осенью) было низким и очень низким (табл. 3), что связано с невысокими дозами внесения азотных удобрений и интенсивным использованием этого элемента питания растениями.

Количество подвижного фосфора было дифференцировано по вариантам опыта. В неудобренных вариантах величина этого показателя в слоях 0...20

Табл. 3. Содержание подвижных форм элементов питания в почве под бобово-злаковыми травосмесями разного возраста (второй укос), мг/кг

Травосмесь (фактор А)	Минеральные удобрения, кг д. в./га (фактор В)	Возраст травосмеси, лет	Слой, см	Элемент питания		
				N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кострец + люцерна	без удобрений	1	0...20	6,0	75	250
			20...40	3,1	70	200
	N ₆₀ P ₆₀	6	0...20	3,4	60	259
			20...40	2,9	55	202
		1	0...20	8,8	200	250
			20...40	4,0	158	175
Кострец + козлятник + свербига	без удобрений	6	0...20	2,0	135	190
			20...40	2,0	95	184
	N ₆₀ P ₆₀	1	0...20	5,0	90	225
			20...40	4,4	75	200
		12	0...20	3,4	85	204
			20...40	0,4	73	202
Кострец + козлятник	без удобрений	1	0...20	3,0	200	200
			20...40	4,2	138	175
	N ₆₀ P ₆₀	12	0...20	1,0	185	142
			20...40	0,4	145	160
		21	0...20	0,2	90	250
			20...40	0,2	78	225
Кострец + люцерна	без удобрений	1	0...20	2,0	70	205
			20...40	0,4	70	192
	N ₆₀ P ₆₀	1	0...20	3,0	205	225
			20...40	2,2	144	150
		21	0...20	1,9	158	292
			20...40	0,4	145	139

и 20...40 см находилось на стабильно среднем уровне (55...90 мг/кг почвы). На фоне применения фосфорных удобрений и их последствий содержание фосфора возросло до повышенного, высокого и очень высокого уровня (95...205 мг/кг). Во всех вариантах опыта количество подвижного калия находилось на высоком и очень высоком уровне. В удобренных вариантах под травосмесями 6 и 12 г.ж. отмечено снижение величины этого показателя на 58...70 мг/кг в слое почвы 0...20 см.

Выводы. Выявлена зависимость формирования агрономически ценных агрегатов и их устойчивости к размывающему действию воды от возраста бобово-мятликовых травосмесей. Под травосмесью 21 г.ж. оструктуренность пахотного слоя почвы была выше, чем под травосмесью 12 г.ж., на 10...12 %, а по сравнению с травосмесью 6 г.ж. на 13...31 %. Агрегаты обладали высокой устойчивостью к размывающему действию воды во всех вариантах опыта, но максимальной (97...98 %) она была для агрегатов под травосмесями 12 и 21 г.ж. При внесении азотно-фосфорных удобрений отмечено снижение фракций агрономически ценных агрегатов (на 2...9 % к неудобренным вариантам) и их водоустойчивости (на 7...34 % к неудобренным вариантам), но качественная и количественная зависимость показателей от возраста трав сохранялась. Химические и физико-химические свойства почвы с возрастом травосмесей существенно не изменились. Возделывание трав как в течение 6 лет, так и 12 и 21 года способствовало накоплению в почве гумуса в удобренных вариантах до 6,7...7,1 %, в вариантах без удобрений – до 7,5...7,8 %.

Под действием азотно-фосфорных удобрений количество подвижного фосфора в почве в слое 0...20 см увеличилось на 68...95 мг/кг, 20...40 см – на 40...70 мг/кг. Содержание нитратного азота оставалось стабильно очень низким и низким, а подвижного калия – уменьшилось в слое 0...20 см на 58...70 мг/кг. Для воспроизводства почвенного плодородия достаточно возделывать травосмеси в течение 6 лет, так как к этому сроку показатели химических и физико-химических свойств почвы достигали оптимальных параметров или приближались к ним, а с увеличением возраста травостоя до 12 и 21 года жизни существенно не менялись.

Литература

1. Поляков Д. Г. *Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур* // *Земледелие*. 2021. № 2. С. 37–43. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10208.
2. *Урожайность озимой пшеницы и плодородие почвы в условиях Центрально-Чернозёмного региона* / И. И. Гуреев, Л. Б. Нитченко, В. А. Лукьянов и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 5. С. 22–27.
3. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А. *Валовое содержание элементов питания в темно-серой лесной почве при различных системах основной обработки* // *Земледелие*. 2022. № 3. С. 23–27. doi: 10.24412/0044-3913-2022-3-23-27.
4. *Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility* / A. Cai, M. Xu, B. Wang, et al. // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 189. P. 168–175..
5. *Микробиологический препарат для ускорения деградации соломы и повышения плодородия почвы* / Е. В. Кузина, Г. Ф. Рафикина, С. Р. Мухаматдырова и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 9. С. 32–36.

6. Roba T. B. Review on: The effect of mixing organic and inorganic fertilizer on productivity and soil fertility // *Open Access Library Journal: electronic scientific journal*. 2018. No. 6. URL: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=85548> (дата обращения: 13.09.2007).
7. Козлова Л. М., Свечников А. К. Влияние многолетнего использования кормовых бобово-злаковых травосмесей на урожайность культур в агрофитоценозах // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 3. С. 15–22.
8. Гусейнов А. А. Срок распапки пласта люцерны под озимую пшеницу в Западном Прикаспии // *Земледелие*. 2022. № 1. С. 26–29. doi: 10.24412/0044-3913-2022-1-26-29.
9. Несмеянова М. А., Дедов А. В., Коротких Е. В. Влияние комплекса приемов биологизации на основные свойства почвы и урожайность кукурузы // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 4. С. 72–76.
10. Alfalfa monocultures promote soil organic carbon accumulation to a greater extent than perennial grass monocultures or grass-alfalfa mixtures / Q. Li, D. Zhou, M. D. Denton, et al. // *Ecological Engineering*. 2019. Vol. 131. P. 53–62. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.157765.
11. Combining perennial grass-legume forages and liquid dairy manure contributes to nitrogen accumulation in a clayey soil / E. D'Amours, M. H. Chantigny, A. Vanasse, et al. // *Canadian Journal of Soil Science*. 2021. Vol. 101. No. 3. P. 378–388. doi:10.1139/CJSS-2020-0132.
12. Soil organic carbon and nitrogen status under fallow and cereal-legume species in a Tunisian semi-arid conditions / M. Mechri, S. B. Patil, W. Saidi, et al. // *European Journal of Earth and Environment: electronic scientific journal*. 2016. No. 1. URL: <https://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2016/02/Full-Paper-SOIL-ORGANIC-CARBON-AND-NITROGEN-STATUS-UNDER-FALLOW.pdf> (дата обращения: 13.09.2007).
13. Фитомелиорация почв в органическом земледелии Предбайкалья: научно-практические рекомендации / Ш. К. Хуснидинов, Р. В. Заматицкий, Н. Н. Дмитриев и др. Молодежный: Иркутский ГАУ, 2021. 51 с.
14. Часовских В. П. Продуктивность люцерны и основные требования к водообеспеченности и минеральному питанию в лесостепной зоне алтайского края // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012. № 6 (92). С. 32–35.
15. Турусов В. И., Пискарева Л. А., Бочарникова Е. Г. Влияние минеральных удобрений на микробиологическую активность почвы и урожайность озимой пшеницы // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. № 4 (36). С. 117–123. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11213.
16. The impact of growing legume plants under conditions of biologization and soil cultivation on chernozem fertility and productivity of rotation crops / A. Mukhametov, N. Bekhorashvili, A. Avdeenko, et al. // *Legume Research-An International Journal*. 2021. Vol. 44. No. 10. P. 1219–1225. doi: 10.18805/LR-573.
17. Бартенов И. М. Ударное разрушение и активный оборот почвенного пласта при вспашке // *Лесотехнический журнал*. 2013. № 1. С. 98–110.
18. Лазарев Н. Н., Кухаренкова О. В., Куренкова Е. М. Люцерна в системе устойчивого кормопроизводства // *Кормопроизводство*. 2019. № 4. С. 18–25.

Поступила в редакцию 15.07.2023

После доработки 21.08.2023

Принята к публикации 10.09.2023