

ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНОЙ МАССЫ ЗЛАКОВЫМИ
И БОБОВО-ЗЛАКОВЫМИ ТРАВΟΣМЕСЯМИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ РАЙОНЕ
НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ

С.М. АВДЕЕВ

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

В исследованиях, выполненных в 2004–2005 гг. в структурном подразделении ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Полевая станция), наблюдалось накопление в корнях НРК. Выявлено, что агрофитоценозы, состоящие из бобового и злакового компонента при 2-кратном скашивании существенно опережали по величине корней варианты, отчуждаемые 3 раза в течение вегетационного периода. Максимальная подземная масса отмечена на третий год пользования и составляла в варианте с сортом люцерны изменчивой сорта Луговая 67–8,70–10,7 т/га. Динамика увеличения подземной массы на агрофитоценозах с клевером луговым в 2004 и 2005 гг. находилась на близком уровне: 2,49–3,72 и 2,68–3,70 т/га. При этом подземная масса вариантов с клевером характеризовалась большим содержанием азота. Так, наибольшее содержание N в агрофитоценозах с клевером наблюдалось в варианте с сортами Марс (1,89%) и Ранний 2 (1,82%), в то время как агрофитоценозы с люцерной имели показатели на уровне 1,75% и 1,65% (сорта Лада и Луговая 67 соответственно). Наибольшее содержание фосфора наблюдалось в вариантах, где бобовый компонент представлен люцерной сорта Луговая 67 (0,48%), а также Вега 87 (0,42%). При этом среди клеверозлаковых агрофитоценозов составляли 0,38% (сорт Ранний 2). Максимальное содержание K_2O наблюдалось в подземной массе вариантов с сортом люцерны Луговая 67 (0,87%), а также с клевером сорта Трио (0,84%). Наименьшее относительное содержание калия фиксировалось в агрофитоценозе, где бобовый компонент представлен люцерной, сорт Вернал, – 0,64%. При анализе результатов опыта в целом можно констатировать преимущество изучаемых сортов люцерны по сравнению с клевером по относительному содержанию изучаемых соединений. При этом максимальными значениями отмечался агрофитоценоз (злаки + люцерна) сорта Луговая 67. Среди вариантов (злаки + клевер) максимальными значениями по накоплению изучаемых соединений характеризуется сорт Ранний 2.

Ключевые слова: корневая масса, люцерна изменчивая, клевер луговой, тимофеевка луговая, кострец безостый.

Введение

В современных условиях интенсификации кормопроизводства значительно увеличивается роль азота и других элементов питания, поскольку они выступают факторами увеличения продуктивности сельскохозяйственных угодий – лугов и пастбищ. Исходя из этого особое значение приобретает фиксация биологического азота. Травы, относящиеся к семейству Бобовые, фиксируют азот с помощью бобово-ризобиального симбиоза из атмосферного воздуха. При этом процесс его накопления позволяет существенным образом экономить азотные удобрения, стоимость которых

является достаточно высокой, и увеличивать тем самым питательность получаемых кормов [12].

При планировании воспроизводства плодородия почвы одним из эффективных путей считается использование многолетних трав, чтобы поддерживать баланс гумуса на бездефицитном уровне [6, 7].

Многолетние агрофитоценозы с участием бобового и злакового компонентов способствуют формированию травостоя, который характеризуется плотной структурой, состоящей из нескольких ярусов, что способствует увеличению урожайности посева и накоплению значимого количества органики в почвенном профиле и на поверхности почвы. Это способствует сохранению почвы от эрозии и позволяет обогатить ее элементами питания.

В опытах Г.В. Гребенникова, проводившихся в 2011–2014 гг. в Ставропольском крае, хорошая продуктивность агрофитоценозов, состоящих из злакового и бобового компонентов, во многом обуславливалась мощной подземной массой. В люцернозлаковых вариантах, где злаковый компонент представлен кострцом или ежой, на четвертый год жизни отмечалась разветвленная подземная масса на уровне 8,2–8,8 т/га в слое 0–30 см. При орошении это позволяло закреплять в интенсивных условиях почвенные агрегаты. Наблюдались уменьшение дефляции и снижение уровня смыва частиц при орошении. Использование двухкомпонентного агрофитоценоза улучшило его архитектуру. При этом за 4 года пользования вариант люцерны с ежой позволял получить наибольшее количество зеленой массы (250,4 т/га), 48,0 т/га сухого вещества, сырого протеина на уровне 4933 кг/га [1].

Цифры, представленные К.Н. Приваловой, говорят о том, что дерновообразовательный процесс позволяет увеличивать энергонасыщенность почвенного плодородия лугов и пастбищ со злаковым компонентом на 4,2 ГДж/га в год, а там, где произрастают злаковый и бобовый компоненты, – на 5,6 ГДж/га [10].

Использование удобрений на уровне N60P90K60 существенно увеличивает корневую массу, а это обуславливает в свою очередь положительный эффект по содержанию данных элементов в почвенном профиле, а также оказывает положительное влияние на водно-физические свойства и увеличивает почвенное плодородие. В почвенном слое аккумулируется N (125,7–235,8 кг/га), P (26,1–58,7 и K-81,1–163,3 кг/га [13].

При проведении анализа лабораторных и почвенных опытов выявлено, что количество органического вещества, формирующегося из корней в варианте опыта навоз 10 т/га + P65, находилось на уровне 23,58 ц/га. Таким образом, использование навоза позволяет повысить формирование подземной массы люцерны, что в свою очередь обуславливает максимальное накопление органики. Полный анализ по слоям позволяет сделать вывод о том, что гумусообразование имеет тенденцию уменьшения с глубиной [2].

Люцерна в процессе произрастания способна формировать подземную массу в почвенном слое до 4 м, однако поглощение элементов питания из глубоко расположенных слоев следует охарактеризовать как крайне слабое [9]. Это объясняется тем, что способность подземной массы люцерны очень плотно разрастаться обусловлена ее дыханием. При дефиците кислорода возможность дыхания подземной массы крайне ухудшается, а это способствует уменьшению усвоения элементов питания из глубоко расположенных почвенных слоев. Также снижению деятельности корней, находящихся в глубоких слоях, способствует низкая температура почвы, что в свою очередь провоцирует ослабление деятельности аэробов. В этой связи главной причиной опадения листьев и генеративных органов, а также других нежелательных последствий следует признать дефицит питания калия и фосфора [3].

Формирование подземной массы люцерны в разных зонах наблюдается в течение всего периода ее использования. В климатических зонах Алтая величина подземной

массы люцерны в слое 0–50 см превосходила 10 т/га, в слое 0–100 см – 13,5 т/га. При этом максимальный рост подземной массы наблюдался у люцерны 2-го года пользования [11].

Люцерна изменчивая считается хорошей почвовосстанавливающей культурой, а также культурой, благоприятной для структурообразования и фитомелиорации в климатических условиях Приморья. Использование люцерны позволяет повысить влагоемкость почвы, то есть увеличить запасы влаги верхнего горизонта почвы. За 5 лет использования люцерны структура почвы характеризовалась содержанием ценных агрегатов с высокой водопрочностью. Количество подземной массы люцерны изменчивой (сорт Вега 87) 1–5 лет жизни повышалось с 4,17 до 24,62 т/га. Увеличение корневой массы составляло ежегодно 3,78–8,34 т/га.

Формирование корней люцерны в верхнем слое можно оценить как крайне важное для увеличения продуктивности и люцерны, и следующих культур севооборота. Инокуляция семян бактериями, выбор грамотных компонентов смесей позволяют повысить выход молока КРС на 11,5–50,8%. Увеличение почвенного плодородия и продуктивности агрофитоценозов, выращивание люцерны позволяют повысить уровень производства, понизить себестоимость продукции мясо-молочной отрасли, увеличить экономию ресурсов, что является одной из насущных задач в современных условиях [4, 5].

Научно обоснованная смена пастбы и скашивания в условиях традиционно ведения животноводства Якутии способствует более полной реализации потенциала злаково-бобовых агрофитоценозов. Показано, что в условиях долголетнего использования накопление корней пастбищ и лугов приводило к увеличению накопления N и гумуса на уровне от 0,28 до 0,30% и формированию 74–81 ц/га подземной массы под злаково-бобовым травостоем. В то же время накопление валовой энергии на данных агрофитоценозах находилось на уровне 894–969 ГДж/га [8].

Материал и методы исследований

Исследования проводились в 2004–2005 гг. в структурном подразделении РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Полевая станция) в опыте, заложенном в 2002 г.

Цель исследований – определить накопление в корневой массе клеверо- и люцернозлаковых агрофитоценозов азота, фосфора и калия, оценить их возможное влияние на плодородие почвы и урожайность последующих культур.

В исследованиях использовали рекомендованные для ЦРНЗ системы обработки почвы, приемы ухода за посевами.

Посев выполняли семенным материалом, представляющим следующие виды и сорта трав: клевер луговой, 3 сорта (Трио, Марс, Ранний 2), три сорта люцерны изменчивой (Лада, Вега 87, Луговая 67), сорт люцерны посевной Вернал, сорт клевера ползучего ВИК 70, кострец безостый сорта Факельный и тимopheевка луговая сорта ВИК 9.

Нормы высева трав в агрофитоценозах были следующими: кострец безостый – 8 кг/га; клевер ползучий и тимopheевка луговая – 5 кг/га; люцерна изменчивая и клевер луговой – по 8 кг/га всхожих семян.

Исследуемый исследовательский опыт заложен методом расщепленных делянок, повторность опыта была четырехкратной. На опытных делянках первого порядка (202,5 м²) были изучены режимы скашивания травостоев (два): двухукосный и трехукосный. При двухукосном режиме травосмеси отчуждали в фазу цветения, а при трехкратном скашивании – в ботаническую фазу бутонизации клевера или люцерны.

На опытных делянках второго порядка (22,5 м²) были изучены 9 смесей:

1. Кострец безостый + тимopheевка луговая (злаки)
2. Клевер луговой, сорт Марс, + злаки
3. Клевер луговой, сорт Ранний 2 + злаки

4. Клевер луговой, сорт Трио, + злаки
5. Клевер ползучий, сорт ВИК 70, + злаки
6. Люцерна изменчивая, сорт Вега 87, + злаки
7. Люцерна изменчивая, сорт Лада, + злаки
8. Люцерна изменчивая, сорт Луговая 67, + злаки
9. Люцерна посевная, сорт Вернал, + злаки

Подземную массу изучали в верхнем слое почвы путем аккуратного отбора проб в виде монолитов размером $0,2 \times 0,2 \times 0,2$ м по 2 с делянки в 2-х повторностях (не смежных). В 2004 г. пробу отбирали 15 июня, в 2005 г. – 17 июня. Пробу вначале замачивали и освобождали от почвы на сите (d-ячейки – 0,25 мм). Затем от корней убирался мусор, они подвергались сушке при 105°C , после чего проводили взвешивание на весах. Содержание азота определялось по методу Кьельдаля (модификация Кельтек), ГОСТ Р 51417–99; содержание кальция – трилометрическим методом, ГОСТ 26570–95; содержание калия – методом пламенной фотометрии, ГОСТ 30504–97; содержание фосфора – спектрометрическим методом ГОСТ Р 51420–99.

Результаты и их обсуждение

В 2004–2005 гг. варианты при двукратном скашивании превосходили по формированию корней варианты, отчуждаемые трижды за вегетацию. Причиной этого является то, что трехкратное скашивание трав не позволяет накопить достаточной величины полезных соединений, а на каждый новый укос использовались запасы, которые были в подземной массе. В итоге формирование корней ухудшалось и было ниже по объему на делянках, отчуждаемых три раза за сезон, на 17–47% (табл. 1).

Во время анализа формирования корней люцернозлаковыми вариантами было выявлено, что максимальное количество подземной массы было образовано на 4-й год жизни и составляло 8,70–10,6 т/га. Скорость формирования подземной массы на вариантах с участием клевера второго и третьего лет пользования было на весьма близком уровне: 2,49–3,72 и 2,68–3,70 т/га.

В 2004 г. при двукратном скашивании трав наименьшую массу корней сформировали варианты с бобовым компонентом сорта Марс (клевер луговой) – 4,36 т/га, клевер луговой сорта Трио – 4,98 т/га, на контроле – 4,81 т/га (сухого вещества). Наибольшая величина корней между агрофитоценозами с клевером луговым и злаками отмечалась в вариантах с сортом Ранний 2–6,37 т/га.

В вариантах с люцерной изменчивой максимальным формированием корней отличались делянки с люцерной изменчивой (сорт Лада) – 7,54 т/га, сорта Луговая 67–7,39 т/га. Варианты, где бобовый компонент был представлен сортами Вернал и Вега 87, формировали соответственно 5,21 т/га и 5,26 т/га подземной массы.

Когда происходило увеличение числа скашиваний, то во всех делянках отмечалось снижение подземной массы. Наименьшая масса корней отмечалась в вариантах, где бобовый компонент представлен сортами клевера лугового Марс (2,99 т/га) и клевера ползучего ВИК 70 (3,19 т/га).

В контрольном варианте накопление подземной массы было на уровне 3,73 т/га, а наибольшую корневую массу накапливала смесь с люцерной изменчивой, где бобовый компонент представлен сортом Луговая 67–5,07 т/га.

В 2005 г. формирование подземной массы повысилось во всех травосмесях при всех вариантах использования. При этом только в варианте с клевером луговым (сорт Трио) подземная масса варьировала крайне слабо при обоих режимах использования. Во время отчуждения надземной массы дважды за вегетацию увеличение корней за год было на уровне диапазона в 40–43%. Бобово-злаковые травосмеси

с участием люцерны значительно превосходили по накоплению подземной массы варианты с клевером. Наибольшее накопление корней отмечалось в вариантах с сортом Луговая 67, сортами Лада и Вега 87–10,64; 9,89; 9,12 т/га соответственно. Наибольший уровень подземной массы в травостоях с клевером наблюдался в варианте злаки + Ранний 2 (7,36 т/га), в то же время в контроле он был на уровне 6,64 т/га.

При отчуждении надземной массы 3 раза за сезон увеличение подземной массы на третий год пользования по сравнению со вторым годом составило в среднем 28–46%. Максимальное формирование корней здесь отмечалось в вариантах, где бобовый компонент представлен сортом люцерны Луговая 67 (8,66 т/га), сортом Лада (7,60 т/га), сортом Вега 87 (7,29 т/га), сортом Вернал (7,23 т/га). В то же время формирование подземной массы в контрольном варианте было на уровне 5,18 т/га. Наименьшее количество корней формировалось в варианте злаки + сорт клевера лугового Трио (3,42 т/га), а в делянках с клевером ползучим – 5,74 т/га.

Таблица 1

**Формирование подземной массы
бобово-злаковыми травостоями, т/га (сухого вещества)**

Вариант	Годы исследования	
	2004	2005
	Числитель – двухукосное, знаменатель – трехукосное использование	
1. Кострец безостый + тимopheевка луговая (злаки)	$\frac{4,81}{3,73}$	$\frac{6,64}{5,18}$
2. Клевер луговой Марс + злаки	$\frac{4,36}{2,99}$	$\frac{5,67}{4,73}$
3. Клевер луговой Ранний 2 + злаки	$\frac{6,37}{3,36}$	$\frac{7,36}{4,92}$
4. Клевер луговой Трио + злаки	$\frac{4,98}{3,44}$	$\frac{5,05}{3,42}$
5. Клевер ползучий ВИК 70 + злаки	$\frac{5,73}{3,19}$	$\frac{7,12}{5,74}$
6. Люцерна изменчивая Вега 87 + злаки	$\frac{5,26}{5,25}$	$\frac{9,12}{7,29}$
7. Люцерна изменчивая Лада + злаки	$\frac{7,54}{4,77}$	$\frac{9,89}{7,60}$
8. Люцерна изменчивая Луговая 67 + злаки	$\frac{7,39}{5,07}$	$\frac{10,64}{8,66}$
9. Люцерна посевная Вернал + злаки	$\frac{5,21}{4,26}$	$\frac{8,86}{7,23}$
НСР ₀₅ частных различий: для режимов скашивания для травосмесей	0,45 0,32	0,57 0,42

Кроме величины подземной массы, пристального внимания заслуживает ее химический состав. При комплексном анализе эти параметры позволяют анализировать накопление различных элементов в подземной массе растения. Во время отмирания и разложения корневой массы данные элементы будут доступны для последующих растений, культивируемых на изучаемом участке.

На 3-й год жизни при двукратном использовании травостоев содержание азота в подземной массе колебалось по вариантам опыта на уровне 1,47–1,89%. В то же время наименьшее его содержание отмечалось в первом варианте (контроль).

Подземная масса вариантов с участием клевера лугового превосходила травосмеси с участием люцерны по относительному содержанию азота. Наибольший его показатель отмечался в травосмесях с клевером Марс – 1,89%, а также Ранний 2–1,82%, люцерно-злаковые отмечались значениями 1,75% с сортом Лада и 1,65% с сортом Луговая 67.

Наибольшее содержание фосфора было обнаружено в вариантах, где бобовый компонент представлен люцерной изменчивой сорта Луговая 67 (0,48%) и сортом Вега 87 (0,42%), в то время как у клеверо-злаковых травосмесей максимальное значение было в варианте с сортом Ранний 2–0,38%.

Ввиду того, что фосфор является весьма важным для растений, логично предполагать, что растения, в подземной массе которых отмечается наибольшее его содержание, будут раньше отрастать весной, а также после отчуждения, и они устойчивы к влиянию стресс-факторов.

Максимальный процент калия наблюдался в подземной массе вариантов с люцерной сорта Луговая 67–0,87% а также клевером сорта Трио – 0,84%. Наименьшее накопление калия наблюдалось в травосмеси с люцерной сорта Вернал – 0,64%. Содержание калия в подземной массе считается чуть заниженным, так как при отмывании подземной массы часть калия вымывается, но все-таки представленные данные позволяют оценить относительное содержание упомянутого элемента в подземной массе изучаемых вариантов.

Накопление кальция серьезно колебалось по травосмесям. Минимальная его доля отмечалась в корнях контроля (0,65%), а наибольшая – в травосмеси с люцерны Луговая 67 (1,03%). Между бобово-злаковыми вариантами наибольшее количество кальция отмечалось в агрофитоценозе с клевером (сорт Ранний 2) – 0,93%.

При увеличении числа скашиваний отмечалось снижение содержания фосфора и азота, а снижение содержания калия, магния и кальция значимо не изменялось.

Следует обратить внимание на то, что химсостав корней варьировал при изменении бобового компонента с индексом детерминации (η_{xy}) 0,88. При этом в вариантах, где наблюдалось преобладание люцерны изменчивой, отмечено наибольшее содержание фосфора, а также калия и кальция. В первом варианте (контроль), где на сорные травы приходилось более половины ботанического состава, накопление всех определяемых элементов было самым низким.

На 3-й год скашивания при двукратном отчуждении надземной массы фиксировалась слабовыраженная тенденция уменьшения накопления азота в подземной массе первого варианта (контроль) и в вариантах с участием клевера лугового. В злаковой травосмеси отмечалось снижение накопления N с 1,47 до 1,42%, в то же время в агрофитоценозах с клевером ползучим сорта ВИК 70 – до 1,62%.

Аналогичная зависимость фиксируется по накоплению фосфора и калия, при этом относительное содержание кальция уменьшилось в подземной массе контроля и вариантов с клевером, а в агрофитоценозах с люцерной содержание представленных элементов значимо не изменилось. Обращает на себя внимание только агрофитоценоз с люцерной (сорт) Вернал, поскольку накопление кальция у него уменьшилось с 0,92 до 0,87%.

В 2005 г. наибольшее накопление азота фиксировалось в агрофитоценозе с люцерной Лада – 1,71%.

В вариантах с люцерной возрастало накопление фосфора (P_2O_5). Данный показатель увеличился в травосмесях злаки + Луговая 67 и злаки + Лада (0,43 и 0,41% соответственно), в то время как наибольшее уменьшение его содержания отмечалось в агрофитоценозе с сортом клевером Марс (0,24%).

Относительное накопление (K_2O) в изучаемых агрофитоценозах уменьшалось. Наибольшее уменьшение отмечалось в первом варианте и в смеси злаков с клевером (сорт Марс – с 0,71 и 0,83% до 0,48 и 0,55% соответственно).

Накопление кальция уменьшалось на следующий год, и наименьшая его величина фиксировалась в контрольном агрофитоценозе (0,38%). Следует отметить, что агрофитоценозы с люцерной изменчивой превосходили остальные по содержанию данного элемента. Наибольшее накопление этого элемента фиксировалось в агрофитоценозах с люцерной (сорт Луговая 67) – 0,83%.

Следует отметить, опираясь на представленные данные, что по химическому составу подземной массы наибольшими показателями отмечались варианты с люцерной сортов Лада и Луговая 67 и клевером Ранний 2. Наименьшее накопление изучаемых элементов было в контрольном агрофитоценозе.

С опорой на данные о накоплении подземной массы изучаемых вариантов и об их химсоставе представляется возможным проанализировать накопление указанных элементов в подземной массе вариантов в верхнем слое почвы (0–20 см).

На третий год жизни травостоев наибольшее содержание азота фиксировалось в подземной массе травосмесей с люцерной сорта Лада (132,0 и 80,1 кг/га) и Луговая 67 (121,9 и 78,1 кг/га) при двух- и трехкратном скашивании соответственно (табл. 2, 3).

Анализируя данные по ботаническому составу, можно отметить, что клевер луговой не уступал сортам люцерны изменчивой по процентному содержанию в травостое, а также по продуктивности. В этой связи продуктивное накопление азота в подземной массе агрофитоценозов фиксировалось на высоких показателях. Содержание азота в подземной массе при двух- и трехразовом скашивании составляло соответственно по вариантам: злаки + клевер Ранний 2 – 115,9 и 57,8 кг/га; злаки + клевер Марс – 82,4 и 55,3 кг/га, злаки + клевер Трио – 83,7 и 55,4 кг/га.

Наименьшее накопление N при двухразовом отчуждении надземной массы отмечалось в первом агрофитоценозе (контроль) – 70,7 кг/га, в то же время при трехразовом отчуждении – в варианте с сортом клевера ВИК 70 (46,9 кг/га).

Формирование фосфора в подземной массе повышалось при уменьшении числа скашиваний. Агрофитоценозы с люцерной отмечались максимальным накоплением P_2O_5 , превосходя контроль и варианты с клевером.

Больше всего фосфора накапливалось в агрофитоценозе с сортом люцерны Луговая 67 (81,7 и 33,8 кг/га), а в вариантах с клевером луговым – с сортом Ранний 2 (55,7 и 23,2 кг/га соответственно) при двух- и трехкратном скашивании за сезон. При этом наименьшим накоплением среди всех вариантов опыта отметились деланки с клевером ползучим: 31,7 и 14,0 кг/га.

Агрофитоценоз, где бобовый компонент представлен люцерной сорта Луговая 67, характеризовался накоплением запасов калия 77,2 и 54,7 кг/га, кальция – 76,1 и 46,6 кг/га, магния – 62,8 и 38,0 кг/га соответственно при двух- и трехкратном отчуждении.

Следует обратить внимание на то, что непосредственно среди клеверозлаковых вариантах наибольшее формирование данных элементов отмечалось в корнях варианта с клевером сорта Ранний 2. Формирование калия здесь фиксировалось на уровне 57,4 и 35,0 кг, кальция – 59,2 и 30,2 кг соответственно при двух- и трехкратном отчуждении. Наименьшее содержание данных элементов отмечалось в контрольном варианте.

Таблица 2

**Накопление химических элементов корневой массой агрофитоценозов в 2004 г.
при двухукосном использовании, кг/га**

Вариант	Масса корней, т/га СВ	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
1. Кострец безостый + тимopheевка луговая (злаки)	4,81	70,7	32,2	39,2	31,3	25,1
2. Клевер луговой Марс + злаки	4,36	82,4	34,0	41,3	36,6	26,6
3. Клевер луговой Ранний 2 + злаки	6,37	115,9	55,7	57,4	59,2	50,3
4. Клевер луговой Трио + злаки	4,98	83,7	35,4	50,2	38,8	32,4
5. Клевер ползучий ВИК 70 + злаки	5,73	98,6	31,7	44,8	43,0	32,7
6. Люцерна изменчивая Вега 87 + злаки	5,26	84,2	50,8	51,1	45,8	43,2
7. Люцерна изменчивая Лада + злаки	7,54	132,0	67,6	68,8	70,9	55,8
8. Люцерна изменчивая Луговая 67 + злаки	7,39	121,9	81,7	77,2	76,1	62,8
9. Люцерна посевная Вернал + злаки	5,21	82,3	49,2	40,0	47,9	38,0
НСР ₀₅ частных различий: для режимов скашивания	0,45	6,5	4,9	5,4	4,2	5,4
для травосмесей	0,32	5,4	2,8	3,2	3,1	2,7

Таблица 3

**Накопление химических элементов в корневой массой агрофитоценозов
в 2004 г. при трехукосном использовании, кг/га**

Вариант	Масса корней, т/га СВ	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
1. Кострец безостый + тимopheевка луговая (злаки)	3,73	53,7	17,9	31,8	22,8	16,1
2. Клевер луговой Марс + злаки	2,99	55,3	19,3	29,8	23,6	15,5
3. Клевер луговой Ранний 2 + злаки	3,36	57,8	23,2	35,0	30,2	20,5
4. Клевер луговой Трио + злаки	3,44	55,4	19,8	36,4	24,4	20,3
5. Клевер ползучий ВИК 70 + злаки	3,19	46,9	14,0	26,4	23,3	15,6
6. Люцерна изменчивая Вега 87 + злаки	5,25	78,2	31,5	53,5	44,1	38,3
7. Люцерна изменчивая Лада + злаки	4,77	80,1	26,5	44,6	40,5	32,9
8. Люцерна изменчивая Луговая 67 + злаки	5,07	78,1	33,8	54,7	46,6	38,0
9. Люцерна посевная Вернал + злаки	4,26	63,1	19,6	35,3	37,1	23,0
НСР ₀₅ частных различий: для режимов скашивания	0,45	6,5	4,9	5,4	4,2	5,4
для травосмесей	0,32	4,7	3,1	2,5	3,3	3,0

Таблица 4

**Накопление химических элементов корневой массой агрофитоценозов в 2005 г.
при двухукосном использовании, кг/га**

Вариант	Масса корней, т/га СВ	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
1. Кострец безостый + тимopheевка луговая (злаки)	6,64	94,3	38,2	41,4	27,9
2. Клевер луговой Марс + злаки	5,67	104,3	36,6	43,6	43,1
3. Клевер луговой Ранний 2 + злаки	7,36	132,5	52,4	65,4	60,4
4. Клевер луговой Трио + злаки	5,05	79,3	27,8	49,7	34,3
5. Клевер ползучий ВИК 70 + злаки	7,12	115,3	31,1	53,9	44,9
6. Люцерна изменчивая Вега 87 + злаки	9,12	148,7	90,2	90,8	80,3
7. Люцерна изменчивая Лада + злаки	9,89	174,1	109,3	101,0	90,0
8. Люцерна изменчивая Луговая 67 + злаки	10,64	179,8	134,6	117,5	101,1
9. Люцерна посевная Вернал + злаки	8,86	137,3	95,7	72,2	74,4
НСР ₀₅ частных различий: для режимов скашивания	0,57	5,8	4,3	3,9	4,7
для травосмесей	0,42	4,9	3,1	3,4	2,8

Таблица 5

**Накопление химических элементов корневой массой агрофитоценозов в 2005 г.
при трехукосном использовании, кг/га**

Вариант	Масса корней, т/га СВ	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
1. Кострец безостый + тимopheевка луговая (злаки)	5,18	71,0	23,9	30,0	19,7
2. Клевер луговой Марс + злаки	4,73	84,7	26,2	31,2	29,8
3. Клевер луговой Ранний 2 + злаки	4,92	87,6	30,6	35,4	36,4
4. Клевер луговой Трио + злаки	3,42	54,4	16,6	28,7	18,5
5. Клевер ползучий ВИК 70 + злаки	5,74	87,8	23,7	34,4	29,3
6. Люцерна изменчивая Вега 87 + злаки	7,29	112,3	65,3	62,2	58,3
7. Люцерна изменчивая Лада + злаки	7,60	130,0	71,8	71,2	59,3
8. Люцерна изменчивая Луговая 67 + злаки	8,66	136,8	85,6	87,2	71,9
9. Люцерна посевная Вернал + злаки	7,23	105,6	58,2	46,0	54,9
НСР ₀₅ частных различий: для режимов скашивания	0,57	5,8	4,3	3,9	4,7
для травосмесей	0,42	4,2	2,7	2,9	3,1

В 2005 г. фиксировалось повышение содержания азота в подземной массе. Наиболее существенно увеличилось его содержание в вариантах с люцерной. В подземной массе с сортом Луговая 67 накопление этого элемента повысилось на 57,9 и 58,7 кг/га при двух- и трехразовом отчуждении и отмечалось на уровне 179,8 и 136,8 кг/га (табл. 4, 5). При этом наименьшее накопление азота наблюдалось в клеверозлаковом травостое, где бобовый компонент представлен клевером луговым сорта Трио, 79,3 и 54,4 кг/га, а в первом варианте – соответственно при двух- и трехкратном скашивании – 94,3 и 71,0 кг/га.

Минимальное формирование азота в вариантах с люцерной изменчивой наблюдалось в подземной массе варианта, где присутствовал сорт Вернал. Анализируя данные в сравнении с 2004 г., можно отметить, что содержание возросло на 55,0 и 42,5 кг/га, достигнув соответственно 137,3 и 105,6 кг/га.

В 2005 г. в вариантах, где бобовый компонент представлен клевером, его доля в травостое уменьшилась, в то время как доля люцерны по-прежнему находилась на высоком уровне в ботаническом составе агрофитоценозов. Отмеченные изменения, безусловно, отразились и на изменении содержания химических элементов в корнях.

В вариантах с люцерной сорта Луговая 67 увеличение содержания фосфора наблюдалось на уровне 52,9 и 51,8 кг/га при двух- и трехразовом отчуждении надземной массы, и итоговое количество возросло до 134,6 и 85,6 кг/га. В то же время в наименьшем по накоплению в корнях P_2O_5 травостое с сортом клевером Трио содержание его уменьшилось и составило 27,8 и 16,6 кг/га.

В агрофитоценозах с люцерной изменчивой при трехразовом отчуждении наблюдалось повышение накопления калия в подземной массе на уровне около 20–30 кг/га. Это можно объяснить сильным развитием подземной массы культуры, которая характеризуется способностью усваивать данные элементы из подпахотных почвенных слоев.

Наибольшее накопление K_2O наблюдалось в корнях варианта сорта Луговая 67–117,5 и 87,2 кг/га при двух- и трехразовом отчуждении надземной массы. При этом в контрольном варианте он был на уровне 41,4 и 30,0 кг/га, с сортом клевера лугового Ранний 2 – на уровне 65,4 и 35,4 кг/га соответственно. Считается, что чем больше в корнях калия, тем более конкурентоспособны данные сорта, что подтверждается данными исследований и результатами проведенного анализа. Данная зависимость наблюдалась и при анализе содержания кальция. Сорта люцерны изменчивой увеличивали его содержание на 12–24%, в то время как агрофитоценозы с клевером и чистая злаковая травосмесь или фиксировали данный показатель уровне 2004 г., или снижали его.

Если предположить, что все накопленные в подземной массе полезные соединения будут усвоены, то их величина будет соответствовать уровню рекомендуемой дозы удобрений, применяемых на среднюю урожайность зерновых культур Центрального района Нечерноземной зоны.

Выводы

В результате наблюдений объективно зафиксирована большая способность люцерны изменчивой по сравнению с клевером по аккумуляции N , P_2O_5 и K_2O в подземной массе. Максимальное значение отмечалось среди вариантов с сортом люцерны изменчивой Луговая 67. При анализе агрофитоценозов с клевером луговым максимальным накоплением данных соединений отмечался сорт Ранний 2.

Библиографический список

1. Гребенников В.Г. Накопление корневой массы и продуктивность одно-видовых и смешанных посевов многолетних трав / В.Г. Гребенников, И.А. Шипилов, О.В. Хонина // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 56, № 3. – С. 42–47.

2. *Гусейнов А.М.* Влияние удобрений на процессы гумусообразования под люцерной / А.М. Гусейнов, Н.В. Гусейнов, К.Ю. Мамедова // Ресурсосберегающие технологии в земледелии: Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции, Ярославль, 28 февраля 2018 г. – Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 2018. – С. 21–27.
3. *Зеленский С.А.* Семеноводство люцерны на Кубани / С.А. Зеленский, Н.И. Зеленская // Краснодар: Книжиздат, 1972. – 29 с.
4. *Поляков И.Я.* Экономические пороги вредоносности / И.Я. Поляков, В.И. Ганский, А.Ф. Ченкин // Защита растений. – 1982. – № 5. – С. 44–47.
5. *Иванова Е.П.* Возделывание люцерны – важный фактор повышения плодородия почв и ресурсосбережения в земледелии Приморского края / Е.П. Иванова, А.Н. Емельянов // Аграрный вестник Приморья. – 2017. – № 3 (7). – С. 51–52.
6. *Иванова Е.П.* Накопление корневой массы люцерной изменчивой первого-пятого годов жизни в условиях Юга Приморского края / Е.П. Иванова, А.Н. Емельянов // Дальневосточный аграрный вестник. – 2015. – № 3 (35). – С. 20–22.
7. *Киричкова И.В.* Влияние продолжительности использования травостоя многолетних трав на накопление органического вещества // Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях – продолжение научного наследия Листопада Г.Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН), доктора технических наук, профессора: Национальная научно-практическая конференция, г. Волгоград, 6–7 ноября 2018 г. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. – С. 58–63.
8. Клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) в пастбищных экосистемах / Н.Н. Лазарев, О.В. Кухаренкова, А.Р. Тяжкороб, С.М. Авдеев // Кормопроизводство. – 2020. – № 8. – С. 20–26.
9. Накопление подземной массы на старовозрастных злаково-бобовых травостоях в условиях Центральной Якутии / Н.Н. Жиркова, Г.Е. Захарова, А.В. Кузьмина и др. // Вестник ИргСХА. – 2016. – № 77. – С. 40–46.
10. *Попов А.Ф.* Продуктивное долголетие люцерны на корм в зависимости от минеральных удобрений // Резерв стабилизации аграрного производства. – Воронеж, 1996. – Ч. 1. – С. 3–5.
11. *Попов А.Ф.* Накопление азота многолетними бобовыми и злаковыми травами / А.Ф. Попов, В.М. Решетников // Аграрная наука. – 1998. – № 5. – С. 53.
12. *Привалова К.Н.* Влияние разновозрастных пастбищных травостоев на почвенную среду // Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, Курган, 15 апреля 2021 г. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 119–123.
13. *Снеговой В.С.* Продуктивность люцерны в агроценозе / В.С. Снеговой, В.М. Важов // Кишинев: Штиинца, 1989. – 186 с.
14. *Карасева Т.Н.* Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности / Т.Н. Карасева, О.А. Герасимова, Д.С. Корнышев // Сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции, Краснодар, 27–29 марта 2018 г. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 352–355.
15. *Халилов С.А.* Влияние норм удобрений на корневую массу, химический состав и количество питательных элементов люцерны // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т. 5, № 12. – С. 219–222. – DOI 10.33619/2414–2948/49/24.

FORMATION OF UNDERGROUND MASS BY CEREAL AND LEGUME-CEREAL GRASS MIXTURES IN THE CENTRAL REGION OF THE NON-CHERNOZEM ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

S.M. AVDEEV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

In the studies carried out in 2004–2005 at the structural subdivision of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Field Station), accumulation of NPK in the roots was observed. It was revealed that the underground mass of agrophytocenoses consisting of legume and cereal component mowed twice significantly outstripped the variants mowed three times during the growing season. The maximum underground mass was recorded in the third year of use. It was 8.70–10.7 t/ha in the variant with the variegated alfalfa Lugovaya 67. Dynamics of increase of underground mass in agrophytocenoses with meadow clover in 2004 and 2005 were close – 2.49–3.72 and 2.68–3.70 t/ha. At the same time the underground mass of variants with clover was characterized by the high content of nitrogen. Thus, the highest N content in agrophytocenoses with clover was observed for the varieties Mars (1.89%) and Ranniy 2 (1.82%), while agrophytocenoses with alfalfa had values of 1.75% and 1.65% (the varieties Lada and Lugovaya 67, respectively). The highest phosphorus content was observed in the variants where the legume component is represented by alfalfa Lugovaya 67 (0.48%) and Vega 87 (0.42%). At the same time among clover-grass agrophytocenoses it was 0.38% (the variety Ranniy 2). The maximum content of K₂O was observed in the underground mass of alfalfa Lugovaya 67 (0.87%) and clover Trio (0.84%). The lowest relative content of potassium (0.64%) was recorded in the agrophytocenosis, where the legume component is represented by alfalfa (the variety Vernal). As a result of the conducted research, the advantage of alfalfa varieties over clover varieties was noted in terms of the relative content of the studied elements. At the same time, the maximum values were observed in agrophytocenosis (cereals + alfalfa) of the variety Lugovaya 67. Among the variants (cereals + clover), the maximum values for the accumulation of studied elements were characterized by the variety Ranniy 2.

Key words: root mass, variegated alfalfa, meadow clover, timothy grass, awnless brome.

References

1. Grebennikov V.G., Shipilov I.A., Khonina O.V. Nakoplenie kornevoy massy i produktivnost' odnovidovykh i smeshannykh posevov mnogoletnikh [Accumulation of root mass and productivity of single-species and mixed crops of perennial grasses]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; 56; 3: 42–47. (In Rus.)
2. Guseynov A.M., Guseynov N.V., Mamedova K.Yu. Vliyanie udobreniy na protsessy gumusobrazovaniya pod lyutsernoy [The influence of fertilizers on the processes of humus formation under alfalfa]. *Resursosberegayushchie tekhnologii v zemledelii: sbornik nauchnykh trudov po materialam III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiyi, Yaroslavl', 28 fevralya 2018 goda*. Yaroslavl': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya". 2018: 21–27. (In Rus.)
3. Zelenskiy S.A., Zelenskaya N.I. Semenovodstvo lyutserny na Kubani [Alfalfa seed production in Kuban]. Krasnodar: Knizhizdat. 1972: 29. (In Rus.)
4. Polyakov I.Ya., Ganskiy V.I., Chenkin A.F. Ekonomicheskie porogi vredonosnosti [Economic thresholds of harmfulness]. *Zashchita rasteniy*. 1982; 5: 44–47. (In Rus.)
4. Ivanova E.P., Emel'yanov A.N. Vozdelyvanie lyutserny – vazhnyy faktor povysheeniya plodorodiya pochv i resursosberezeniya v zemledelii Primorskogo kraya [Cultivation of alfalfa as an important factor in increasing soil fertility and resource conservation in agriculture of Primorsky Krai]. *Agrarniy vestnik Primor'ya*. 2017; 3(7): 51–52. (In Rus.)

5. *Ivanova E.P., Emel'yanov A.N.* Nakoplenie kornevoy massy lyutsernoy izmenchivoy pervogo-pyatogo godov zhizni v usloviyakh Yuga Primorskogo kraya [Accumulation of the root mass of alfalfa variable of the first-fifth years of life in the conditions of the South of Primorsky Krai]. *Dal'nevostochniy agrarniy vestnik*. 2015; 3(35): 20–22. (In Rus.)

6. *Kirichkova I.V.* Vliyaniye prodolzhitel'nosti ispol'zovaniya travostoya mnogoletnikh trav na nakoplenie organicheskogo veshchestva [The influence of the duration of use of perennial grasses on the accumulation of organic matter]. *Strategiya razvitiya sel'skogo khozyaystva v sovremennykh usloviyakh – prodolzhenie nauchnogo naslediya Listopada G.E., akademika VASKHNIL (RASKHN), doktora tekhnicheskikh nauk, professora: national'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Volgograd, 06–07 noyabrya 2018 goda*. Volgograd: Volgogradskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet. 2019: 58–63. (In Rus.)

7. *Lazarev N.N., Kukharenskova O.V., Tyazhkorob A.R., Avdeev S.M.* Klever polzuchiy (*Trifolium repens* L.) v pastbishchnykh ekosistemakh [Creeping clover (*Trifolium repens* L.) in pasture ecosystems]. *Kormoproizvodstvo*. 2020; 8: 20–26. (In Rus.)

8. *Zhirikova N.N., Zakharova G.E., Kuzmina A.V. et al.* Nakoplenie podzemnoy massy na starovozrastnykh zlakovo-bobovykh travostoyakh v usloviyakh Tsentral'noy Yakutii [Accumulation of underground mass on old-age cereal and legume stands in conditions of Central Yakutia]. *Vestnik IrGSKHA*. 2016; 77: 40–46. (In Rus.)

9. *Popov A.F.* Produktivnoe dolgoletie lyutserny na korm v zavisimosti ot mineral'nykh udobreniy [Productivity longevity of alfalfa for feed depending on mineral fertilizers]. *Rezerv stabilizatsii agrarn. proizvodstva. Voronezh*. 1996; 1: 3–5. (In Rus.)

Popov A.F., Reshentnikov V.M. Nakoplenie azota mnogoletnimi bobovymi i zlakovymi travami [Accumulation of nitrogen by perennial legumes and cereal grasses]. *Agrarnaya nauka*. 1998; 5: 53. (In Rus.)

10. *Privalova K.N.* Vliyaniye raznovozrastnykh pastbishchnykh travostoev na pochvennuyu sredu [The influence of different-age pasture herbage on the soil environment]. *Aktual'nye problemy APK i innovatsionnye puti ikh resheniya: sbornik statey po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kurgan, 15 aprelya 2021 goda*. Kurgan: Kurganskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya im. T.S. Mal'tseva. 2021: 119–123. (In Rus.)

11. *Snegovoy V.S., Vazhov V.M.* Produktivnost' lyutserny v agrotsenoze [Alfalfa productivity in agrocenosis]. / *Kishinev: Shtiintsa*. 1989: 186. (In Rus.)

12. *Karaseva T.N., Gerasimova O.A., Kornyshev D.S.* Ekologicheskie problemy razvitiya agrolandshaftov i sposoby povysheniya ikh produktivnosti [Ecological problems of the development of agricultural landscapes and ways to increase their productivity]. *Sbornik statey po materialam Mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii, Krasnodar, 27–29 marta 2018 goda*. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet imeni I.T. Trubilina. 2018: 352–355. (In Rus.)

13. *Khalilov S.A.* Vliyaniye norm udobreniy na kornevuyu massu, khimicheskiy sostav i kolichestvo pitatel'nykh elementov lyutserny [The influence of fertilizer norms on the root mass, chemical composition and amount of nutrients of alfalfa]. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2019; 5; 12: 219–222. DOI: 10.33619/2414–2948/49/24 (In Rus.)

Авдеев Сергей Михайлович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (903) 101–91–92; e-mail: avdeev@rgau-msha.ru).

Sergey M. Avdeev, PhD (Ag), Associate Professor, the Department of Meteorology and Climatology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (903) 101–91–92; E-mail: avdeev@rgau-msha.ru).