

Литература

1. Агаджанян Н.А., Макарова И.И. Среда обитания и реактивность организма. – Тверь, 2001. – 176 с.
2. Бреус Т.К. Биологические эффекты солнечной активности // Природа. – 1998. – № 2. – С. 75–88.
3. Бугаков П.С., Горбачёва С.М., Чупрова В.В. Почвы Красноярского края. – Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1981. – 128 с.
4. Верига С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага и её значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеиздат, 1933. – 328 с.



УДК 33.31/37:631.4(571.51)

А.Т. Аветисян, Е.Н. Белоусова, А.А. Белоусов

**ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ, СТРУКТУРНОГО СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ПОСЕВАХ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

*Представлена сравнительная оценка продуктивности люцерны посевной и галеги восточной в условиях лесостепной зоны. Установлено, что в макроагрегатном составе почвы под галегой восточной проявляется тенденция к увеличению доли агрономически ценных фракций (АЦФ). Процессы мобилизации минерального азота под исследуемыми травами уступают синтезу его органических легкогидролизуемых форм.*

**Ключевые слова:** галега восточная, продуктивность, макроструктура, легкогидролизуемый, аммонийный, нитратный азот.

A. T. Avetisyan, E. N. Belousova, A. A. Belousov

**ESTIMATION OF PRODUCTIVITY, STRUCTURE COMPOSITION AND NITROGEN MOBILE FORM AVAILABILITY IN THE PERENNIAL LEGUMINOSE GRASS SOWINGS OF THE KRASNOYARSK FOREST STEPPE LEACHED CHERNOZEM**

*The comparative productivity estimation of Spanish trefoil and eastern galega in the forest-steppe zone conditions is given. It is determined that the tendency to increase of the agronomical valuable fraction (AVF) share in macroaggregate structure of the soil which is planted by eastern galega is shown. The processes of mineral nitrogen mobilization under the researched herbs give way to the synthesis of its organic easy hydrolysable forms.*

**Key words:** eastern galega, productivity, macrostructure, easy hydrolysable, ammoniacal, nitrate nitrogen.

---

**Введение.** Одним из необходимых условий стабилизации почвенного плодородия и улучшения экологической обстановки в современных агроценозах является расширение посевов многолетних бобовых трав. Их положительная роль в плодородии почвы в значительной степени определяется составом высеваемых трав, продолжительностью их использования, агротехническими приемами, структурой севооборота. Перечисленное во многом определяет их продуктивность.

Многолетние бобовые травы являются важнейшим фактором биологизации земледелия. В условиях развивающихся рыночных отношений при высокой стоимости минеральных удобрений это наиболее доступное средство повышения урожайности сельскохозяйственных культур [Духанин, 2003]. С недавнего времени сотрудниками Института агроэкологических технологий КрасГАУ ведутся исследования по возможности введения галеги восточной в систему кормопроизводства края. Она превосходно сочетает высокую продуктивность с отличными кормовыми достоинствами и устойчивым семеноводством, рационально использует агроклиматические условия зоны и повышает плодородие почвы [Возделывание..., 2000].

**Цель работы.** Сравнительная оценка продуктивности галеги восточной и люцерны посевной и их влияния на эффективное плодородие почвы.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились на многолетнем полевом стационаре УНПК «Борский» в севооборотах кафедры растениеводства, расположенного в центральной части Красноярской лесостепи.

В годы наблюдений распределение тепла и влаги было неодинаковым (табл. 1). За теплый период 2010 года выпало 248 мм осадков, среднесуточная температура составила 13,7°C. Вегетационный сезон 2011 года характеризовался большим накоплением тепла в период май-июнь относительно нормы.

Таблица 1

## Гидротермические условия вегетационных сезонов (по данным Красноярского ЦГМС-Р)

Год	Месяц					Сумма за вегетацию
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Средняя температура воздуха, °С						
2010	7,9	16,9	18,1	14,6	8,6	2023
2011	10,8	19,6	16,8	15,5	8,7	-
Среднее многолетнее	8,7	15,5	18,3	14,9	8,3	1627
Осадки, мм						
2010	34,1	49,5	64,1	57,9	42,3	247,9
2011	43,0	35,0	80,0	88,0	28,0	274,0
Среднее многолетнее	34,7	46,8	64,5	58,6	42,5	247,0

В распределении осадков на протяжении периода май-сентябрь 2011 г. наблюдаются два максимума (июль и август), превосходящие среднемноголетние характеристики. Это определило характер увлажнения исследуемой почвы в вариантах опыта. Почвенный покров стационара представлен черноземом выщелоченным маломощным среднегумусным легкоглинистым иловато-крупнопылеватым. Основные показатели, характеризующие объект исследования, отражены в таблице 2.

Таблица 2

## Показатели химических и физико-химических свойств чернозема выщелоченного

Почва	Глубина, см	Гумус, %	рН		S	H <sub>r</sub>	ЕКО	V, %	Содержание фракций, %; размер частиц, мм	
			H <sub>2</sub> O	KCl					мг-экв./100 г	
Люцерна	0-20	8,61	6,8	-	55,4	1,09	56,5	98,1	56,9	23,8
Галега восточная	0-20	10,12	6,9	-	55,2	1,20	56,4	97,8	57,3	24,4

В опыте изучалось влияние двух видов сеяных трав на свойства почвы: люцерны гибридной (*Medicago media*) сорта Вега – четвертый и пятый год использования и галеги восточной (*Galaga orientalis*) сорта Горноалтайская-87 – девятый – десятый год использования. Посевная площадь – 80–100 м<sup>2</sup>, учетная – 30–45 м<sup>2</sup>. Учет урожая зеленой массы проводили методом сплошной уборки.

Содержание легкогидролизуемого азота (по биохимическому составу – щелочногидролизуемый, N<sub>щ.г.</sub>) определяли по методу Корнфилда, аммонийного (N-NH<sub>4</sub>) – колориметрически с реактивом Несслера, нитратного (N-NO<sub>3</sub>) – дисульфифеноловым методом [Иодко и Шаркова, 1994]. Структурный состав почвы изучали по методу Н.И. Саввинова. Для этого на делянках обозначенных вариантов закладывали в девятикратной повторности прикопки на глубину 30 см. Отбор почвенных проб проводился из слоя 0–20 см. Далее почвенный образец фракционировали через набор сит (10–0,25 мм) в полевых условиях при естественной влажности. Влажность определяли термостатно-весовым методом. Сроки отбора почвенных образцов приурочены к фазам развития трав – ветвление - цветение - отава.

**Результаты и их обсуждение.** Исследования показали, что надземная фитомасса многолетних трав в 2010 году существенно не отличалась по урожайности (табл. 3). Тогда как в 2011 году были обнаружены разнонаправленные по укосам достоверные различия в накоплении зеленой массы. В период второго укоса наибольшей урожайностью фитомассы характеризовалась люцерна, а в первый и третий – галега. Выявленные тенденции обусловлены, по-видимому, биологическими особенностями галеги. Так, по типу корневой системы она относится к стержнекорневым растениям, образующим корневые отпрыски (Хуснидинов, 2002). Они растут горизонтально в стороны на 30 см и более, а затем выходят на поверхность почвы и образуют стебли. Благодаря этой

способности к вегетативному размножению, травостой козлятника 9–10-го года использования в сравнении с люцерной не изреживаются, а, наоборот, загущаются. Зарегистрированные нами показатели урожайности зеленой массы трав подтверждают перечисленные достоинства галеги восточной (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность зеленой массы многолетних трав, ц/га

Вариант	Укос	Годы		Среднее		
		2010	2011	2010-2011 гг.	2007-2011 гг.	Сух. вещество
Галега	1	319,1	246,0	282,5	292,0	84,3
	2	168,9	109,2	139,0	142,8	41,3
	3	-	103,8*	103,8*	103,8	30,0
Люцерна	1	331,8	212,0	271,9	187,3	57,1
	2	165,5	139,4*	152,4	129,7	39,5
	3	-	75,3	75,3	75,3	22,9
НСР <sub>05</sub>	1	$t_{\phi} < t_{\tau}$	$t_{\phi} < t_{\tau}$	$t_{\phi} < t_{\tau}$	-	-
	2	$t_{\phi} < t_{\tau}$	$t_{\phi} > t_{\tau}$	$t_{\phi} < t_{\tau}$	-	-
	3	-	$t_{\phi} > t_{\tau}$	$t_{\phi} > t_{\tau}$	-	-

Экологические функции почвы как среды обитания множества живых организмов связаны с ее структурным составом. Однако в последнее время недостаточно внимания уделяется оценке роли разных видов трав в восстановлении агрофизических свойств почвы.

Материалы таблицы 4 отражают сезонные изменения структурного состояния в вариантах опыта в течение вегетационных сезонов 2010–2011 гг.

Таблица 4

Динамика структурного состава чернозема выщелоченного, %

Вариант	Фракции, мм									АЦФ, 10-0,25
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	
Июль 2010										
1. Галега	16,4	10,8	28,9	10,2	12,9	24,8	5,8	9,8	0,5	83,1*
2. Люцерна	37,5	11,5	7,7	8,7	9,1	15,6	2,4	7,2	0,2	62,2
Сентябрь 2010										
1. Галега	19,7	12,3	11,4	18,3	16,8	20,5	0,8	0,0	0,1	80,2
2. Люцерна	15,7	8,9	10,3	23,1	22,3	18,1	0,7	0,7	0,1	84,2
ИЮНЬ 2011										
1. Галега	13,3	10,8	11,6	17,2	14,1	26,9	1,5	2,8	1,7	84,9
2. Люцерна	15,2	10,4	9,7	14,1	12,8	28,3	1,7	4,7	3,0	81,8
Июль 2011										
1. Галега	14,1	10,5	11,7	17,0	14,1	25,4	1,2	4,3	1,9	84,1*
2. Люцерна	18,1	10,9	10,3	14,3	12,1	25,7	1,4	4,7	2,4	79,4
Сентябрь 2011										
1. Галега	10,7	9,8	10,7	19,8	21,0	25,6	1,1	0,9	0,2	88,9
2. Люцерна	14,3	10,3	10,2	15,0	15,3	30,9	1,6	1,9	0,4	85,3

\* – достоверные отличия.

Количество АЦФ под агрофитоценозом люцерны 4 г.п. (2010 г.) колеблется в течение периода июль-сентябрь и находится в обратной слабой зависимости от степени увлажнения. В фазу цветения люцерны зафиксировано заметное увеличение доли агрегатов (>10 мм). Среди отдельностей ценного размера господствуют комковатые фракции. На этапе отрастания отавы люцерны глыбистые отдельности разрушались, становясь источником мелкокомковатых.

Под воздействием на почву посевов люцерны 5 г.п. (2011 г.) обнаружена незначительная колеблемость агрегатов 10–0,25 мм и преобладание среди них зернистой фракции (3–1 мм). Прижизненное влияние

функционирующих корней люцерны и ризосферных микроорганизмов способствует формированию свежесформированного органического вещества, что, по мнению В.В. Чупровой (1997) насыщает ее углеродсодержащими соединениями лабильной группы – активного компонента структурообразования.

Состояние структуры чернозема выщелоченного под посевами галеги восточной на протяжении двух вегетационных сезонов оценивается как «отличное». В макроагрегатном составе почвы под галегой восточной проявляется тенденция к накоплению мелкокомковатых и зернистых отдельностей (5–3, 3–2, 2–1 мм). Процесс образования агрегатов этого размера, обусловленный влиянием корней многолетнего растения, проявляется настолько интенсивно, что количественные оценки фракций диаметром 5–3, 3–2, 2–1 мм существенно превышали вариант с люцерной. При корневом оструктурировании размеры агрегатов определяются ходами корней [Скрипинский, 1961], поэтому расстояние корней друг от друга («корневая сетка») обуславливают размеры агрегатов. Корреляционная зависимость показала, что формирование агрегатов ценного размера зависит в средней степени от уровня полевой влажности ( $r = 0,40-0,67$ ). Сравнивая фитоценозы галеги восточной и люцерны за 2 года наблюдений, отметим, что в почве под последней культурой сохраняется тенденция к образованию глыбистых отдельностей ( $t_{\text{ф}} > t_{\text{л}}$ ). Подобное отмечает в своих исследованиях Е.В. Пугачев (2007).

Таким образом, пахотный слой почвы под многолетними травами состоит преимущественно из мелкокомковатых и зернистых отдельностей, которые служат своего рода барьером для передвижения капельно-жидкой воды. Отсутствие большого количества глыб и крупных отдельностей исключает проветривание и испарение влаги за счет ее парообразного передвижения из нижележащих горизонтов. Обнаруженное благоприятное агрофизическое состояние почвы предопределило напряженность биохимических процессов в ней, в т.ч. аммонификации и нитрификации. Известно, что основными формами азота для питания растений являются минеральный и легкогидролизуемый.

Щелочногидролизуемый азот в почве представлен амидами, аминокислотами, аминокислотами и некоторыми другими лабильными азотсодержащими органическими соединениями. В динамике содержания легкогидролизуемых соединений азота наблюдалось накопление его к осени 2010 г. (табл. 5). Причем под галегой восточной в сравнении с люцерной различия были достоверны ( $t_{\text{ф}} > t_{\text{л}}$ ), что, по мнению А.Н. Кшникаткиной (2002), вызвано возможностью почвенной микрофлорой в течение всего теплого периода получать в качестве источника питания легкоразлагаемые органические соединения.

В течение следующего вегетационного сезона под многолетними культурами отмечено снижение  $N_{\text{щ.г}}$  от весны к середине лета с последующим небольшим возрастанием к сентябрю. Обнаруженный спад в его содержании в летний период 2011 года, вероятно, обусловлен переходом этого элемента в более мобильные минеральные формы и ослаблением процессов гидролиза органических соединений, а также слабой протеолитической активностью. В целом по всем срокам наблюдений обнаружена тенденция увеличения концентрации  $N_{\text{щ.г}}$  под покровом галеги восточной в сравнении с люцерной посевной (см. табл. 5).

Таблица 5

**Динамика содержания щелочногидролизуемого азота в черноземе выщелоченном, мг/кг**

Вариант	Июль 2010	Сентябрь 2010	Июнь 2011	Июль 2011	Сентябрь 2011
Галега	298 ± 12	309 ± 12	244 ± 22	208 ± 18	217 ± 27
Люцерна	275 ± 38	287 ± 8	223 ± 22	192 ± 30	194 ± 22

Тренд увеличения азотсодержащих органических соединений в почве под галегой восточной вызван, очевидно, уровнем зеленой биомассы (см. табл. 3). Согласно ориентировочной шкале ВИУА (1987), содержание  $N_{\text{щ.г}}$  после распашки почвы под исследуемыми травами будет соответствовать высокому уровню, а у культур, последующих за ними, отсутствовать потребность в азотных удобрениях.

Процесс аммонификации, выполняемый многочисленными группами почвенных микроорганизмов, может проходить в широком диапазоне экологических условий. Появление аммония связано не только с биохимическими, но и физико-химическими процессами, а также гидротермическими условиями.

Оценивая динамику содержания обменного аммония в почве под многолетними травами, отметим существенную разницу в количестве  $N-NH_4$  между первым и вторым годом исследований. Особенно значимы эти отличия были выражены под люцерной (табл. 6).

Динамика содержания аммонийного азота в черноземе выщелоченном, мг/кг

Вариант	Июль 2010	Сентябрь 2010	Июнь 2011	Июль 2011	Сентябрь 2011
Галега	4,33 ± 2,42	0,09 ± 0,03	8,0 ± 0,10	4,4 ± 1,40	7,8 ± 1,80
Люцерна	0,67 ± 0,65	0,07 ± 0,02	8,3 ± 3,30	7,7 ± 1,90	6,4 ± 1,10

В летне-осенний период 2010 г. здесь обнаружены только следы N-NH<sub>4</sub>. На наш взгляд, это обусловлено неблагоприятным сочетанием метеорологических факторов для аммонификации, слабой активностью ферментов, отвечающих за гидролиз органических соединений, поступающих в почву.

Гидротермические условия вегетационного сезона 2011 г. способствовали повышению активности аммонификации. Максимальные количества N-NH<sub>4</sub> под посевами трав отмечены в июне. В это время зарегистрированы минимальные значения влажности. Однако в среднем уровень содержания аммонийного азота во второй год исследований соответствовал низкому. По мнению А.Е. Кочергина и О.А. Остроумовой (1957), крайне низкое содержание аммиачного азота может быть обусловлено высокой нитрификационной способностью почвы и благоприятными условиями для нитрификации. Таким образом, процессы накопления аммиачного и нитратного азота взаимосвязаны. Это явление отмечено многими исследователями [Кузнецова, 1959; Бурлакова, 1984; Славина, 1987].

Обеспеченность почвы нитратным азотом под посевами многолетних трав варьировала от очень низкого до повышенного уровня. В июльский срок отбора содержание N-NO<sub>3</sub> в почве делянок, занятых галегой 9–10-го года использования, оценивается как низкое. Такая слабая концентрация этой формы азота обусловлена не только потреблением возделываемой культурой, но и недостаточной аэрацией для протекания нитрификации. А.А. Кудрявцева (1927) также отмечала, что на ухудшение аэрации почвы кроме уплотнения, оказывает влияние и сама корневая система растений, так как она поглощает кислород в процессе роста. Многие исследователи выделяют одним из факторов уменьшения запаса нитратов в почве под растениями иммобилизацию его микроорганизмами. Под люцерной, напротив, мы наблюдаем среднюю степень содержания нитратов. А к окончанию полевого сезона 2010 года нитрификационная активность усиливалась и соответствовала повышенному уровню.

Сходная динамика содержания нитратного азота зафиксирована в 2011 году в почве как под галегой, так и в посевах люцерны. Интересно отметить, что в почве исследуемых вариантов обнаружена тенденция к обратной зависимости накопления нитратного азота от уровня полевой влажности в целом за сезон. В то же время в периоды июнь-июль-сентябрь выявлены следующие корреляции (r): под посевами люцерны – 0,27; 0,37; 0,44 и галеги –0,6; 0,45; 0,72 соответственно. Таким образом, зависимость содержания нитратного азота в посевах галеги определяется накоплением влаги в большей степени, нежели в почве под люцерной. Это, вероятно, связано с особенностями корневых систем сравниваемых бобовых трав.

Таблица 7

Динамика содержания нитратного азота в черноземе выщелоченном, мг/кг

Вариант	Июль 2010	Сентябрь 2010	Июнь 2011	Июль 2011	Сентябрь 2011
Галега	2,3 ± 2,2	11,4 ± 3,8	15,1 ± 3,7	3,3 ± 0,9	9,6 ± 2,0
Люцерна	12,0 ± 4,7	15,0 ± 3,8	10,7 ± 1,8	4,7 ± 1,8	7,4 ± 1,4

### Выводы

1. Продуктивность сравниваемых многолетних бобовых трав в период 2010 года существенно не отличалась. Урожайность зеленой массы галеги десятого года использования второго укоса существенно уступала люцерне, а по результатам третьего укоса достоверно превышала фитомассу люцерны. По средним данным урожайности за 2007–2011 годы галега восточная существенно превосходила люцерну.

2. Накопление значительного количества мелкокомковатых отдельностей под многолетними травами свидетельствует о коагуляционном склеивании дисперсной массы, на основе которого развивается элемен-

тарный почвенный процесс травяно-корневого оструктурирования. В современных условиях (сокращение производства навоза, дороговизна минеральных удобрений) использование в качестве фитомелиоранта посевов галеги восточной способствовало бы решению проблемы сохранения почвенного плодородия, «ремонта» временно выводимых из севооборота полей.

3. Под изучаемыми многолетними бобовыми травами процессы мобилизации минерального азота уступают процессам формирования его легкогидролизуемых форм.

### Литература

1. Бурлакова Л.М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука, 1984.
2. Возделывание козлятника восточного на корм и семена в Западной Сибири: рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2000. – 32 с.
3. Духанин О.А. Агрэкологическая оценка козлятника восточного как предшественника на выщелоченном черноземе лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Пенза, 2003. – 24 с.
4. Иншьева Л.И., Славнина Т.П. Биологическая активность почв Томской области. – Томск: Изд-во ТГУ, 1987. – 216 с.
5. Иодко С.Л., Шарков И.Н. Новая модификация дисульфифенолового метода определения нитратов в почве // Агрохимия. – 1994. – № 4. – С. 95–97.
6. Кочергин А.Е., Остроумова О.А. Динамика аммиачного и нитратного азота в прииртышском черноземе под посевами яровой пшеницы // Почвоведение. – 1957. – № 8. – С. 86–92.
7. Кудрявцева А.А. Потребность корней растений в кислороде // Тр. опытного поля и лаборатории общего земледелия Тимирязевской с.-х. академии. – М., 1927. – Вып. 6.
8. Кузнецова А.В. Пути накопления и сохранения минеральных форм азота в черноземах Южного Урала // Тр. Челябинского ин-та механизации и электрификации сельск. хоз-ва. – 1959. – Вып.1. – 204 с.
9. Кшикаткина А.Н. Особенности формирования бобово-злаковых травостоев в зависимости от соотношения и набора компонентов. – 2000.
10. Пугачев Е.В. Роль компонентов органического вещества в оптимизации физических свойств светлосерых лесных почв пахотных угодий: дис. ... канд. с.-х. наук. – Н.Новгород, 2007. – 145 с.
11. Скрипинский А.И. Особенности оструктурирования почв на юго-востоке // Почвоведение. – 1961. – № 2.
12. Чупрова В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири. – Красноярск: Изд-во КрасГУ, 1997. – 166 с.

