



Научная статья

УДК 631.5; 631.6; 911.2

doi: 10.55186/25876740_2022_65_1_48

ЗАВИСИМОСТЬ ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ СЕЯНЫХ ТРАВ ОТ ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ

Д.А. Иванов, Я.С. Лисицын, Н.А. ХархардиновФедеральный исследовательский центр «Почвенный институт
имени В.В. Докучаева», Тверская область, Россия

Аннотация. В работе показаны результаты мониторинга пространственно-временной динамики густоты стояния (шт./м²) сеяных трав злакобобового травостоя в различных ландшафтных условиях на разных этапах развития агроценоза. Исследования проводились на агроэкологической трансекте — поле, пересекающем основные ландшафтные позиции конечно-моренного холма, в 120 точках опробования, расположенных в 10 м друг от друга. Густота стояния тимофеевки и клевера за время наблюдения определялась 7 раз — от фазы всходов до окончания жизни травостоя 1 года пользования. Статистическая обработка полученных данных заключалась в определении коэффициентов корреляции между густотой стояния растений, характеристиками рельефа (высотой, крутизной, кривизной и степенью инсоляции) и показателем сложности почвенного покрова. Установлено, что основной причиной пространственно-временной динамики густоты стояния растений являются различия в их биологической природе. Злаковые (тимофеевка), как правило, характеризуются увеличением густоты стояния в повышенных, хорошо прогреваемых, сложных в почвенном и рельефном отношениях местах, тогда как бобовые (клевер) больше тяготеют к пониженным, прохладным, плоским и простым по устройству почвенного покрова местоположениям. Характер воздействия ландшафтных условий (почвы и рельефа) на густоту стояния растений во многом зависит от возраста травостоя и соответствующих ему стрессов (химических, механических, термических) и от особенностей различных частей агроландшафта — склонов и вершин. На основе полученных закономерностей возможна разработка мероприятий по адаптивному размещению травостоев в пределах хозяйств, позволяющая получать наиболее дешевые и качественные корма, а также уменьшать издержки на последующую рекультивацию ландшафта.

Ключевые слова: агроландшафт, травостой, густота стояния растений, мониторинг, статистический анализ

Original article

DEPENDENCE OF STANDING DENSITY OF SOWED HERBS ON LANDSCAPE CONDITIONS

D.A. Ivanov, Ya.S. Lisitsyn, N.A. KharkhardinovFederal Research Center “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
Tver region, Russia

Abstract. The work shows the results of monitoring the spatio-temporal dynamics of the standing density (pieces/m²) of seeded grasses of legume herbage in different landscape conditions at different stages of agrocenosis development. The studies were carried out on an agroecological transect — a field crossing the main landscape positions of a terminal moraine hill, at 120 sampling points located 10 m apart. The density of standing of timothy and clover during the observation period was determined seven times — from the germination phase to the end of the life of the herbage for 1 year of use. Statistical processing of the data obtained consisted in determining the correlation coefficients between the plant stand density, relief characteristics (height, steepness, curvature and degree of insolation) and an indicator of the complexity of the soil cover. It has been established that the main reason for the spatio-temporal dynamics of plant density is differences in their biological nature. Cereals (timothy), as a rule, are characterized by an increase in the density of standing in elevated, well-warmed, difficult in soil and relief areas, while legumes (clover) tend more to low, cool, flat and simple soil cover locations. The nature of the impact of landscape conditions (soil and relief) on the density of plant growth largely depends on the age of the grass stand and the corresponding stresses (chemical, mechanical, thermal) and on the characteristics of various parts of the agricultural landscape — slopes and peaks. On the basis of the obtained regularities, it is possible to develop measures for the adaptive placement of grass stands within farms, which makes it possible to obtain the cheapest and high-quality forage, as well as to reduce the costs of subsequent landscape reclamation.

Keywords: agrolandscape, herbage, plant density, monitoring, statistical analysis

Введение

Густота или плотность травостоя во многом определяет его урожайность и кормовую ценность продукции. Изреженный травостой теряет много почвенной влаги за счет физического испарения, не препятствует миграции питательных веществ с геологическим круговоротом, не защищает почву от ветровой и водной эрозии. Излишне густой полог трав способствует обострению внутри- и межвидовой борьбы растений за свет, влагу и элементы питания [13]. Проблема пространственного колебания густоты стояния компонентов травостоя в пределах угодья весьма актуальна, так как ее решение

позволяет управлять продуктивностью луга и качеством кормов с него получаемых [7, 9].

Пространственная и временная изменчивость густоты стояния растений в травостое зависит от множества причин, которые, по отношению к сообществу растений, можно разделить на группы внутренних и внешних. Внутренние причины обусловлены процессами саморазвития фитоценоза, взаимодействиями различных его компонентов в ходе конкурентной борьбы — они являются предметом изучения различных биологических дисциплин. Внешние причины зависят от ландшафтных условий местоположения произрастания трав, основными

из которых являются почвенный покров и рельеф поля. Внешние причины, влияющие на параметры посевов и травостоев, изучаются агроландшафтоведением — теоретической основой адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Обострение экономического и экологического кризисов во всем мире привело к резкой актуализации адаптивно-ландшафтного кормопроизводства — при адресном размещении севооборотов с многолетними травами можно добиться одновременно снижения себестоимости единицы продукции и улучшения качества сена, а также уменьшения затрат на последующую рекультивацию ландшафта [3, 8].



Влияние внешних факторов (рельефа и почвы) на разнообразные проявления жизнедеятельности растений в последнее время интересует исследователей по всему миру, так как новые знания, получаемые в ходе активных и пассивных экспериментов, позволяют разрабатывать нетрадиционные мероприятия по управлению производственным процессом [14, 15]. Так, К. Neil с соавторами выяснил, что учет таких факторов, как параметры почвы и рельефа улучшило возможность проведения испытаний и моделирования эффективности обработки урожайных данных в рамках долгосрочных полевых опытов [10, 11, 12]. Р. Jiang и К. Thelen отмечали, что в условиях штата Мичиган (США) совокупное воздействие как почвы, так и рельефа менялось в зависимости от года и объясняло от 28 до 85% наблюдаемой изменчивости урожайности кукурузы и сои [12].

Весьма информативным методом изучения влияния ландшафтных условий на параметры травостоя является мониторинг его жизнедеятельности в пределах агроэкологического полигона [4, 5]. Целью данной работы является выявление влияния факторов ландшафтной среды агроэкологического полигона на густоту стояния сеяных трав в разные периоды их произрастания.

Методы проведения исследований

Для достижения поставленной цели в 2019 и 2020 гг. осуществляли мониторинг густоты стояния растений (шт./м²) клевера красного сорта ВИК 7 и тимофеевки луговой сорта ВИК 9 под покровом ярового овса сорта Аргамак на агроэкологическом стационаре ВНИИМЗ. Стационар расположен в 4-х км к востоку от г. Тверь, на моренном холме с относительной высотой 15 м, состоящим из плоской слабо дренируемой вершины, северного пологого склона, крутизной 2-3°, южных склонов (3-5°) и межхолмных депрессий (северной и южной). Различия в экспозиции склонов определяют не только разницу в прогреве территории, но и неоднородность гранулометрического состава почв, что во многом обусловлено генезисом конечно-моренных образований. Почвенный покров стационара представлен вариацией мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв, образованных на двучленных отложениях — песчано-супесчаная толща в пределах почвенного профиля на разной глубине подстилается легко- и среднесуглинистой закамененной мореной. Как правило, почвы на мощных двучленах характеризуются пахотными горизонтами более легкого гранулометрического состава, чем в местах с близким к поверхности залеганием морены. В южной части стационара мощность кроющего наноса местами превышает 1,5 м. На вершине и северном склоне холма пахотные горизонты сложены супесью и иногда легким суглинком, мощность кроющего наноса здесь колеблется около 1 м, а в межхолмной депрессии морена местами выходит на поверхность [6].

Экспериментальная база, ход исследований

Исследования проводились на агроэкологической трансекте (физико-географическом профиле) — узком массиве, пересекающем все микроландшафтные позиции конечно-моренного

холма, состоящим из десяти параллельных пологос-полей, каждая из которых занята определенной культурой севооборота. По всей полосе антропогенное воздействие однотипно — производится одновременная и одинаковая обработка почвы, соблюдаются единые нормы высева, даты и способы посева и проведения прочих мероприятий. Это позволяет изучать влияние ландшафтных условий на посевы культур в наименее искаженном виде.

Поле, на котором проводились наблюдения, располагалось на полосе шириной 7,2 м и длиной 1300 м. Изучаемый агроценоз был образован вследствие посева овса и трав 2 мая 2019 г. Покровный посев развивался без внесения удобрений, кроме одноразовой подкормки аммиачной селитрой в фазе кущения в дозе 1 ц/га. Следует отметить, что 5 июня 2019 г. он был обработан гербицидами (Линтаплант) в дозе 1,5 л/га, 25 августа 2019 г. произведена уборка овса. Травостой эксплуатировался в одноукосном режиме. Учет густоты стояния растений осуществлялся 7 раз за вегетацию: 1). 30 мая, 2). 1 июля, 3). 21 августа и 4). 10 октября 2019 года, а также 5). 1 июня, 6). 24 июня и 7). 13 октября 2020 г. в 120 точках опробования, регулярно расположенных по трансекте на расстоянии 10 м друг от друга. Площадь учетной делянки — 1 м².

В 2021 г. была проведена нивелировка поверхности агроэкологической трансекты на полигоне ВНИИМЗ. Были проведены 10 нивелирных ходов (по каждому полю севооборота). Высота измерялась в регулярно расположенных точках, отстоящих друг от друга на расстоянии 10 м. Общее количество точек — 1360. Привязка по абсолютной высоте осуществлялась к дренажным колодцам, отмеченным на плане проекта Гипроводхоза. На основании полученных данных, с помощью ГИС-технологий, были получены цифровая модель рельефа (ЦМР) трансекты, карты солнечной радиации, крутизны и кривизны поверхности.

Картирование почвенного покрова (ПП) трансекты выявило в ее пределах 10 элементарных почвенных структур [2], каждая из которых состоит из определенного количества почвенных образований уровня классификационного разряда [1]. Для каждой точки опробования, на основе карты почвенного покрова, определялось среднее количество почвенных разрядов, что характеризовало его сложность в данном месте.

Влияние параметров рельефа и сложности почвенного покрова на густоту стояния тимофеевки и клевера выявлялась методом корреляционного анализа (STATISTICA 7).

Результаты и обсуждение

Результаты корреляционного анализа, выявляющего характер влияния ландшафтных условий на густоту стояния тимофеевки в условиях злакобобового травостоя в пределах агроландшафта моренного холма, показаны на рисунке 1.

В период развития травостоя под покровной культурой наблюдается либо отсутствие достоверной корреляции между густотой стояния тимофеевки и ландшафтными факторами (достоверны коэффициенты корреляции $\geq [0,18]$), либо отрицательное воздействие на густоту сложности ПП и высоты местности. Можно сказать, что в период кущения овса (второй

период вегетации) наиболее густые куртины тимофеевки встречаются в наиболее низких, простых по устройству ПП и затененных местах агроландшафта — там, где конкурентные преимущества овса ослабевают. В период созревания овса, при изреживании его листовой поверхности, наблюдается положительное влияние на густоту стояния тимофеевки высоты местности — конкуренция за свет и тепло со стороны овса исчезает.

После уборки овса густота стояния тимофеевки достоверно зависит от многих параметров агроландшафта. В октябре 2019 г. ее наиболее густые куртины располагались на достаточно сложных по почвенному покрову, возвышенных и хорошо прогреваемых местах, в основном располагающихся в пределах южного склона холма. Максимальное влияние на изучаемое явление всех исследуемых факторов наблюдалось в мае 2020 г. — в период возобновления вегетации клеверотимофеечного травостоя наибольшая густота стояния тимофеевки отмечена в наиболее пестрых в почвенном отношении, возвышенных, теплых, крутых и эрозионно опасных местах агроландшафта. В предукосный период достоверное влияние на густоту растения оказывают только высота и степень прогрева территории, а в октябре 2020 г. влияние на нее изучаемых факторов затухает.

Во все периоды наблюдений отмечено достоверное отрицательное влияние многих элементов ландшафтной среды на густоту стояния клевера (рис. 2). В начале вегетации адаптивные реакции клевера и тимофеевки на ландшафтные условия различаются не значительно, однако, в отличие от последней, он более уверенно занимает экологические ниши — в мае 2019 г. наиболее густые всходы клевера отмечены в относительно простых по устройству почвенного покрова, прохладных и пологих местах, которые в наибольшем количестве встречаются на северном склоне холма. В период кущения овса клевер формирует наиболее густые куртины в самых пониженных, плоских и простых по устройству ПП местах. В дальнейшем адаптивные реакции клевера и тимофеевки на условия агроландшафта начинают различаться коренным образом. Это объясняется различиями их биологической природы. Бобовые, находясь в нижних ярусах растительного полого, испытывают усиленную конкуренцию со стороны злаков (сеяных и не сеяных) за ресурсы природной среды. Перед уборкой овса и поздней осенью густота стояния клевера определяется всеми изучаемыми нами факторами кроме кривизны поверхности — растение наиболее интенсивно развивается в простых по почвенному покрову, пониженных, слабо прогреваемых и выположенных местах. Те же закономерности сохраняются и в 2020 г., стоит отметить только их заметное усиление в мае — в период максимального разделения экотопов между бобовыми и злаками.

В условиях южного склона, характеризующегося значительной крутизной, интенсивной инсоляцией и относительным дефицитом влаги, адаптивные реакции сеяных трав имеют определенное своеобразие. Здесь, вследствие уменьшения количества данных, достоверны коэффициенты корреляции, значения которых по модулю равны или больше 0,3. Исходя из этого, можно сказать, что густота стояния тимофеевки в этом местоположении достоверно зависит от



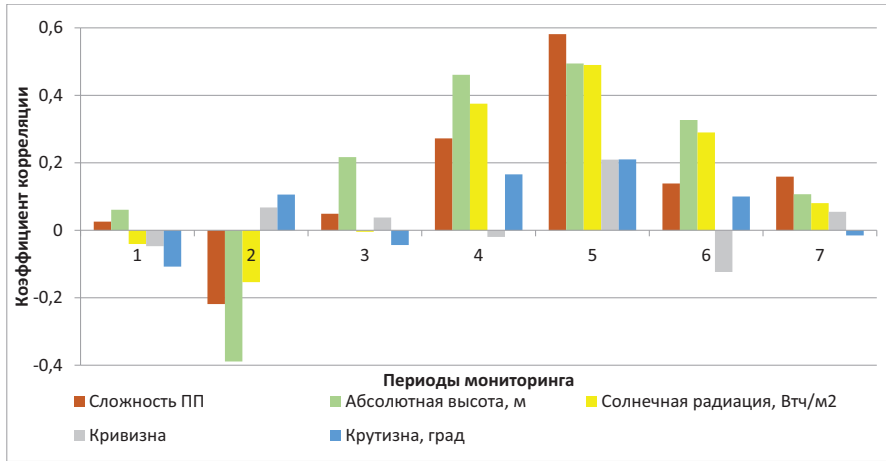


Рисунок 1. Влияние ландшафтных условий на густоту стояния тимфеевки луговой в разные периоды вегетации травостоя в пределах агроландшафта моренного холма (1-7 — периоды вегетации)
 Figure 1. Influence of landscape conditions on the density of standing of timothy grass in different periods of vegetation of herbage within the agrolandscape of a moraine hill (1-7 — vegetation periods)

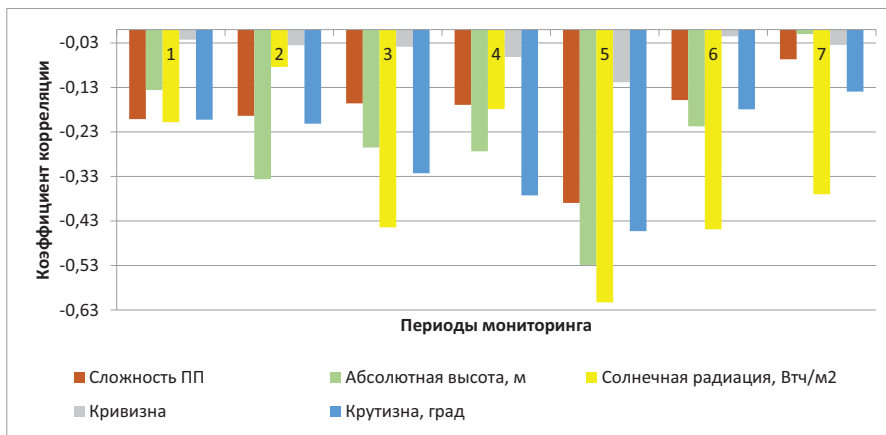


Рисунок 2. Влияние ландшафтных условий на густоту стояния клевера красного в разные периоды вегетации травостоя в пределах агроландшафта моренного холма (1-7 — периоды вегетации)
 Figure 2. Influence of landscape conditions on the density of standing of red clover in different periods of vegetation of herbage within the agrolandscape of a moraine hill (1-7 — vegetation periods)

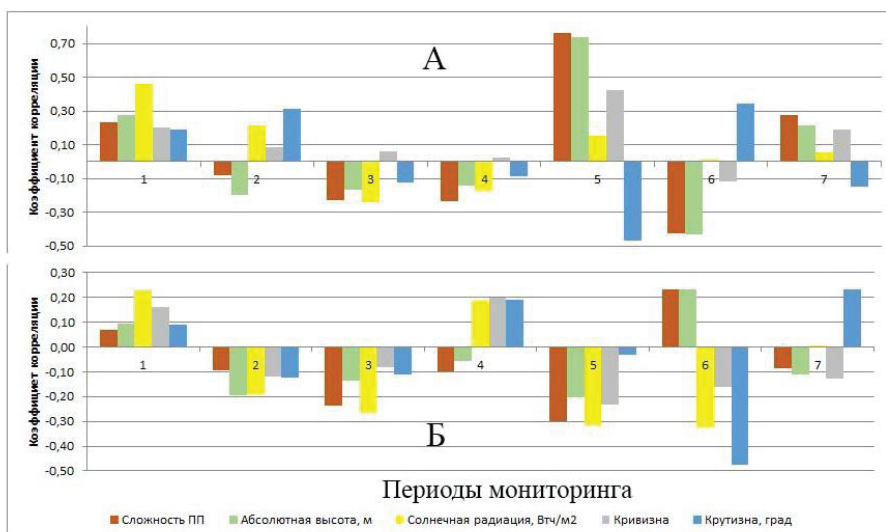


Рисунок 3. Влияние ландшафтных условий южного склона холма на густоту стояния тимфеевки луговой (А) и клевера красного (Б) в разные периоды вегетации травостоя (1-7 — периоды вегетации)
 Figure 3. Influence of landscape conditions on the southern slope of the hill on the density of standing timothy grass (A) and red clover (B) in different periods of vegetation of the herbage (1-7 — vegetation periods)

ландшафтных условий только в начальные периоды вегетации в покровном посеве, а также при возобновлении ее вегетации весной и летом следующего года (рис. 3). В фазе всходов положительное влияние на густоту тимфеевки оказывает прямая солнечная радиация, в фазе кущения овса — крутизна склона. При возобновлении вегетации в мае следующего года наиболее густые куртины тимфеевки встречаются в наиболее сложных по почвенному устройству, возвышенных, но пологих местах. К моменту укоса максимально густые заросли встречаются уже в наиболее простых в почвенном отношении и низких местах с относительно крутыми микросклонами.

Достоверное влияние ландшафтных условий южного склона на густоту стояния клевера наблюдается только в мае-июне 2020 г. При возобновлении вегетации травостоя наиболее густо клевер растет в простых по строению ПП и менее прогреваемых местах, перед укосом — в наиболее холодных и плоских (переувлажненных) локусах.

Исследования в пределах плоской, слабодренированной вершины холма показали, что достоверное влияние ландшафтных условий на густоту стояния сеяных трав различных биологических групп в этом местоположении в основном проявляется в фазах уборки зерновых и возобновления вегетации трав (рис. 4).

В фазе уборки овса тимфеевка наиболее густо произрастает на простых по почвенному покрову, затененных и крутых микросклонах, в то время как клевер образует наиболее густые куртины на пестрых в почвенном отношении микровышениях. После уборки овса воздействия ландшафта на густоту стояния клевера существенно ослабевают, а на тимфеевку вовсе прекращаются. После перезимовки наблюдается прямо пропорциональная зависимость густоты стояния стеблей сеяных трав от абсолютной высоты, однако клевер, дополнительно, тяготеет к плоским поверхностям.

Влияние ландшафтных условий пологого, затененного и переувлажненного северного склона на густоту стояния растений показано на рисунке 5. Достоверное отрицательное влияние (коэффициенты корреляции достоверны при значениях $\geq [0,26]$) степени прогрева территории на густоту стояния тимфеевки наблюдается в фазе кущения овса. Максимальное влияние ландшафтных условий на этот параметр травостоя отмечен нами в период ухода травостоя под зиму 2020-2021-го годов. Весной следующего года максимальная густота тимфеевки отмечена в наиболее высоких местах северного склона.

В фазе кущения овса наиболее густые куртины клевера встречаются в максимально прогреваемых местах с относительно простым почвенным покровом. Поздней осенью растения клевера концентрируются в наиболее плоских местах. При возобновлении вегетации весной клевер изреживается на верхней части склона.

Область применения результатов

Результаты долговременного мониторинга густоты стояния сеяных трав позволяют решить фундаментально-прикладную задачу конструирования травостоев в пределах конкретных полей в условиях реальных хозяйств. На основе полученных данных можно разработать новые

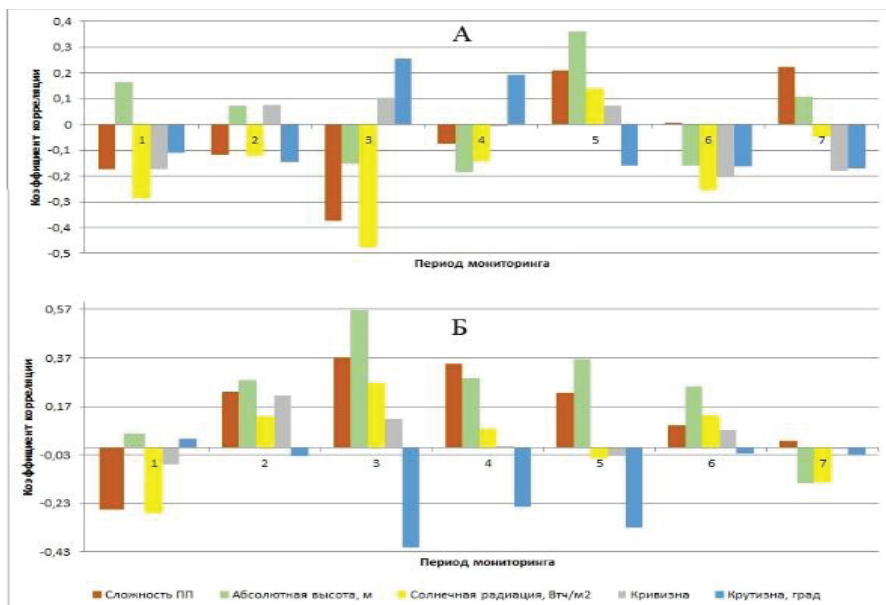


Рисунок 4. Влияние ландшафтных условий плоской вершины холма на густоту стояния тимофеевки луговой (А) и клевера красного (Б) в разные периоды вегетации травостоя (1-7 — периоды вегетации)
Figure 4. Influence of landscape conditions of a flat top of a hill on the density of standing timothy grass (A) and red clover (B) in different periods of vegetation of the herbage (1-7 — vegetation periods)

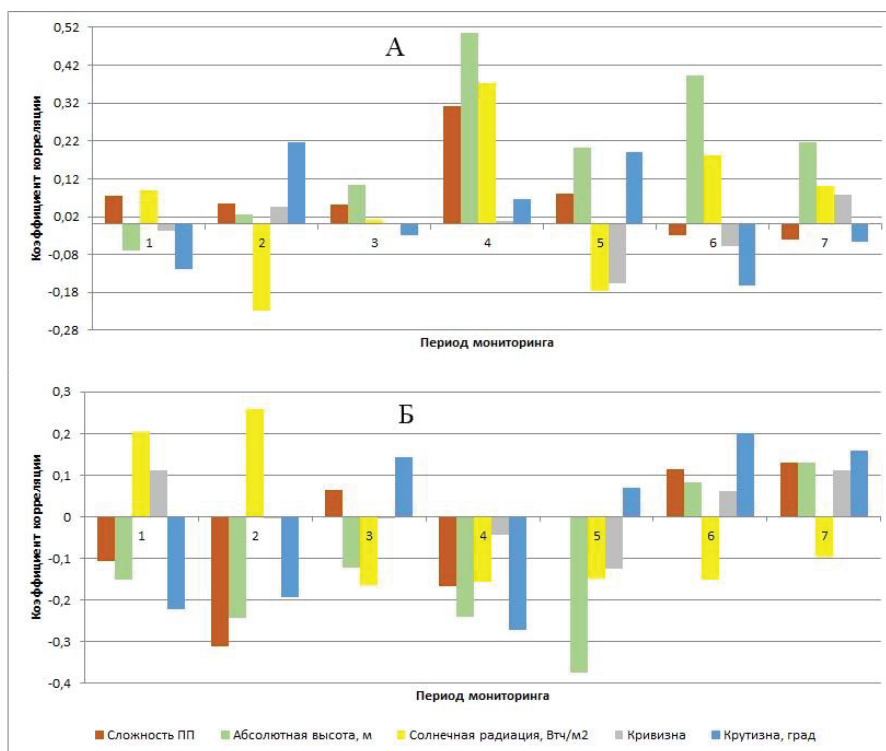


Рисунок 5. Влияние ландшафтных условий северного склона холма на густоту стояния тимофеевки луговой (А) и клевера красного (Б) в разные периоды вегетации травостоя (1-7 — периоды вегетации)
Figure 5. Influence of landscape conditions on the northern slope of the hill on the density of standing timothy grass (A) and red clover (B) in different periods of vegetation of herbage (1-7 — vegetation periods)

подходы к управлению питательным режимом кормов, когда при учете информации о почвенной пестроте и характеристиках рельефа можно будет размещать покровные посевы так, чтобы рассчитывать получить на их основе корма с заданным содержанием в них белков и углеводов, прогнозируя соотношение в растительном покрове бобовых и злаковых трав.

Выводы

Мониторинг густоты стояния сеяных трав показал, что основной причиной пространственно-временной динамики этого показателя состояния агроценоза являются различия в биологической природе составляющих его трав. Злаковые (тимофеевка), как правило, характеризуются увеличением густоты стояния

в повышенных, хорошо прогреваемых, сложных в почвенном и рельефном отношении местах, тогда как бобовые (клевер) больше тяготеют к пониженным, прохладным, плоским и простым по устройству почвенного покрова местоположениям.

Исследования показывают, что густота стояния сеяных трав в пределах агроландшафта зависит также и от других причин, основными из которых можно назвать межвидовую конкуренцию и разнообразные стрессы, случающиеся за время жизни агроценоза. Межвидовая конкуренция проявляется в отличии экотопов злаков и бобовых, вследствие разных требований к окружающей среде, различий в энергии роста и расположения растений в различных ярусах агроценоза. Стрессы, испытываемые травостоем, откладывают отпечаток на характер межвидовой борьбы.

Первый стресс — химический, приходящий на фазу кущения покровной культуры, связанный с обработкой посевов гербицидами. После него, как правило, происходит резкое изменение характера воздействия изучаемых факторов на густоту стояния тимофеевки, в то время как клевер не проявляет столь существенной трансформации. Это объясняется тем, что, во-первых, гербицидная обработка направлена, прежде всего, на злаковые сорняки, а во-вторых, клевер, произрастающий в нижнем ярусе травостоя, подвергается меньшему химическому воздействию.

Второй стресс — первый механический, приходящий на фазу уборки овса, во время которой происходит и механическое повреждение трав. При этом тимофеевка страдает значительно сильнее клевера, однако это не мешает ей к зиме занять наиболее прогреваемые, высокие и сложные в почвенном отношении места в геоконплексе. Клевер после механических повреждений начинает усиленно концентрироваться в глубоких плоских мезо- и микропонижениях.

Третий стресс — термический, связанный с периодом перезимовки трав. Он способствует усугублению разделения трав по экотопам. Тимофеевка максимально закрепляется на завоеванных позициях, а клевер окончательно утверждается в наиболее простых по ПП, холодных, низких и плоских местах.

Четвертый стресс — второй механический, связанный с укосом трав, оказывающий наиболее травмирующее на них воздействие. Однако он не изменяет основных тенденций влияния ландшафтных условий на характер пространственной вариабельности трав в пределах агроландшафта.

В различных частях агроландшафта проявление стрессов для злаков и бобовых имеет свои особенности. На южном склоне наиболее сильное проявление наблюдается у химического, термического и второго механического стрессов для обеих культур. На вершине — химического, первого механического и термического стрессов для тимофеевки и химического для клевера, а на северном склоне — всех вышеописанных стрессов для тимофеевки и химического, первого механического и отчасти термического для клевера. Можно сказать, что на южном склоне холма, где наблюдаются наибольшие градиенты рельефных и гидротермических условий, адаптивные реакции изучаемых растений наиболее близки, тогда как в других, менее





контрастных, местоположениях наблюдается их некоторая дифференциация.

На основе полученных закономерностей возможна разработка мероприятий по адаптивному размещению травостоев в пределах хозяйств, позволяющих получать наиболее дешёвые и качественные корма, а также уменьшать издержки на последующую рекультивацию ландшафта.

Список источников

- Егоров В.В., Иванова Е.Н., Фридланд В.М. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 225 с. URL: <https://www.geokniga.org/books/3460>
- Иванов Д.А. Влияние почв и рельефа на продуктивность разновозрастных травостоев // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 4 (382). С. 73-76. doi: 10.24412/2587-6740-2021-4-73-76. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46491245>
- Иванов Д.А., Ковалев Н.Г. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (прикладная агрогеография): монография / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель». Тверь: Кондратьев А.Н., 2017. 310 с. URL: <https://search.rsl.ru/record/01009621352>
- Иванов Д.А., Карасева О.В., Рублюк М.В. Мониторинг влияния факторов природной среды на урожайность травостоев // Кормопроизводство. 2019. № 8. С. 10-14. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39546628>
- Иванов Д.А., Карасева О.В., Рублюк М.В. Результаты длительного мониторинга продуктивности многолетних трав в пределах агроландшафта // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 8-11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40926627>
- Иванов Д.А., Корнеева Е.М., Петрова Л.И., Пугачева Л.В., Рублюк М.В. Создание ландшафтного полигона нового поколения // Земледелие. 1999. № 6. С. 15-16.
- Иванова Н.Н., Капсамун А.Д., Амбросимова Н.Н. Кормовая и средообразующая роль пастбищных травостоев в условиях осушаемых почв Центрального Нечерноземья // Кормопроизводство. 2019. № 4. С. 14-17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37275406>
- Кирюшин В.И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье. СПб.: ООО «Квадро», 2020. 276 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44293882>
- Сапегин Л.М., Дайнеко Н.М. Структура и функционирование луговых экосистем (Экологический мониторинг). Гомель: ГТУ им. Ф. Скорины, 2002. 200 с. URL: <https://www.twirpx.club/file/188119/>
- Egeru, A., Wasonga, O., Kyagulanyi, J., Majaliwa, G., MacOpiyo, L., Mburu, J. (2014). Spatio-temporal dynamics of forage and land cover changes in Karamoja sub-region, Uganda. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, vol. 4, no. 1, p. 6. Available at: <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=298&paperid=10041592>
- Heil, K., Heinemann, P., Schmidhalter, U. (2018). Modeling the Effects of Soil Variability, Topography, and

Информация об авторах:

Иванов Дмитрий Анатольевич, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2588-272X>, 2016vniimz-noo@list.ru
Лисицын Ярослав Сергеевич, магистр биологии, младший научный сотрудник, 2016vniimz-noo@list.ru
Хархардинов Никита Александрович, ученый-агроном, младший научный сотрудник, 2016vniimz-noo@list.ru

Information about the authors:

Dmitry A. Ivanov, corresponding member of the Russian academy of sciences, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2588-272X>, 2016vniimz-noo@list.ru
Yaroslav S. Lisitsyn, master of biology, junior researcher, 2016vniimz-noo@list.ru
Nikita A. Kharkhardinov, scientist-agronomist, junior researcher, 2016vniimz-noo@list.ru

Management on the Yield of Barley. *Front. Environ. Sci.*, 27 November 2018, vol. 6, pp. 1-16. Available at: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00146>

12. Jiang, P., Thelen, K.D. (2004). Effect of Soil and Topographic Properties on Crop Yield in a North-Central Corn-Soybean Cropping System. *Agronomy Journal*, January 2004, no. 96 (1), pp. 252-258. doi: 10.2134/agronj2004.0252. Available at: https://www.researchgate.net/publication/250104055_

13. Shanafelt, D.W., Clobert, J., Fenichel, E.P., Hochberg, M.E., Kinzig, A., Loreau, M., Marquet, P.A., Perrings, C. (2018). Species dispersal and biodiversity in human-dominated metacommunities. *J Theor Biol.*, Nov. 14, vol. 457, pp. 199-210. doi: 10.1016/j.jtbi.2018.08.041. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30176249/>

14. Thomas, R., Akhtar-Schuster, M., Stringer, L. et al. (2012). Fertile ground? Options for a science-policy platform for land. *Environmental Science and Policy*, vol. 16, pp. 122-135. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-013-0126-5>

15. Wang, S., Fu, B., Gao, G., Zhou J. (2012). The hydrological responses of different land cover types in a re-vegetation catchment area of the Loess Plateau, China. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, vol. 9, no. 5, pp. 5809-5835. Available at: <https://www.hindawi.com/journals/amete/2015/676030/>

References

- Egorov, V.V., Ivanova, E.N., Fridland, V.M. (1977). *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* [Classification and diagnostics of soils in the USSR]. Moscow, Kolos Publ., 225 p. Available at: <https://www.geokniga.org/books/3460>
- Ivanov, D.A. (2021). Vliyeniya pochv i reliefa na produktivnost' raznovozrastnykh travostoev [Influence of soils and relief on the productivity of uneven-aged grass stands] *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 4 (382), pp. 73-76. doi: 10.24412/2587-6740-2021-4-73-76. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46491245>
- Ivanov, D.A., Kovalev, N.G. (2017). *Landschaftno-meliiorativnyye sistemy zemledeliya (prikladnaya agrogeografiya): monografiya* [Landscape reclamation systems of agriculture (applied agrogeography): monograph]. Tver, Kondratiev A.N., 310 p. Available at: <https://search.rsl.ru/record/01009621352>
- Ivanov, D.A., Karaseva, O.V., Rublyuk, M.V. (2019). Monitoring vliyaniya faktorov prirodnoi sredy na urozhainost' travostoev [Monitoring of the influence of environmental factors on the yield of herbage] *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], no. 8, pp. 10-14. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39546628>
- Ivanov, D.A., Karaseva, O.V., Rublyuk, M.V. (2019). Rezul'taty dlitel'nogo monitoringa produktivnosti mnogoletnikh trav v predelakh agrolandshafta [Results of long-term monitoring of the productivity of perennial grasses within the agrolandscape.] *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Vestnik of the Russian agricultural sciences], no. 5, pp. 8-11. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40926627>
- Ivanov, D.A., Korneeva, E.M., Petrova, L.I., Pugacheva, L.V., Rublyuk, M.V. (1999). Sozdanie landshaftnogo poligona novogo pokoleniya [Creation of a new generation landscape polygon]. *Zemledeliye*, no. 6, pp. 15-16.
- Ivanova, N.N., Kapsamun, A.D., Ambrosimova, N.N. (2019). Kormovaya i sredoobrazuyushchaya rol' pastbishnykh travostoev v usloviyakh osushaemykh pochv Tsentral'nogo Nечernozem'ya [Fodder and environment-forming role of pasture herbage in the conditions of drained soils of the Central Non-Black Earth Region]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], no. 4, pp. 14-17. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37275406>
- Kiryushin, V.I. (2020). *Kontseptsiya razvitiya zemledeliya v Nечernozem'e* [The concept of the development of agriculture in the Non-Black Earth Region]. Saint-Petersburg, Kvadro LLC, 276 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44293882>
- Sapegin, L.M., Daineko, N.M. (2002). *Struktura i funktsionirovaniye lugovykh ehkosisistem (Ehkologicheskii monitoring)* [The structure and functioning of meadow ecosystems (Environmental monitoring)]. Gomel, State University named after F. Skorina, 200 p. Available at: <https://www.twirpx.club/file/188119/>
- Egeru, A., Wasonga, O., Kyagulanyi, J., Majaliwa, G., MacOpiyo, L., Mburu, J. (2014). Spatio-temporal dynamics of forage and land cover changes in Karamoja sub-region, Uganda. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, vol. 4, no. 1, p. 6. Available at: <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=298&paperid=10041592>
- Heil, K., Heinemann, P., Schmidhalter, U. (2018). Modeling the Effects of Soil Variability, Topography, and

6. Ivanov, D.A., Korneeva, E.M., Petrova, L.I., Pugacheva, L.V., Rublyuk, M.V. (1999). Sozdanie landshaftnogo poligona novogo pokoleniya [Creation of a new generation landscape polygon]. *Zemledeliye*, no. 6, pp. 15-16.

7. Ivanova, N.N., Kapsamun, A.D., Ambrosimova, N.N. (2019). Kormovaya i sredoobrazuyushchaya rol' pastbishnykh travostoev v usloviyakh osushaemykh pochv Tsentral'nogo Nечernozem'ya [Fodder and environment-forming role of pasture herbage in the conditions of drained soils of the Central Non-Black Earth Region]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], no. 4, pp. 14-17. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37275406>

8. Kiryushin, V.I. (2020). *Kontseptsiya razvitiya zemledeliya v Nечernozem'e* [The concept of the development of agriculture in the Non-Black Earth Region]. Saint-Petersburg, Kvadro LLC, 276 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44293882>

9. Sapegin, L.M., Daineko, N.M. (2002). *Struktura i funktsionirovaniye lugovykh ehkosisistem (Ehkologicheskii monitoring)* [The structure and functioning of meadow ecosystems (Environmental monitoring)]. Gomel, State University named after F. Skorina, 200 p. Available at: <https://www.twirpx.club/file/188119/>

10. Egeru, A., Wasonga, O., Kyagulanyi, J., Majaliwa, G., MacOpiyo, L., Mburu, J. (2014). Spatio-temporal dynamics of forage and land cover changes in Karamoja sub-region, Uganda. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, vol. 4, no. 1, p. 6. Available at: <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=298&paperid=10041592>

11. Heil, K., Heinemann, P., Schmidhalter, U. (2018). Modeling the Effects of Soil Variability, Topography, and Management on the Yield of Barley. *Front. Environ. Sci.*, 27 November 2018, vol. 6, pp. 1-16. Available at: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00146>

12. Jiang, P., Thelen, K.D. (2004). Effect of Soil and Topographic Properties on Crop Yield in a North-Central Corn-Soybean Cropping System. *Agronomy Journal*, January 2004, no. 96 (1), pp. 252-258. doi: 10.2134/agronj2004.0252. Available at: https://www.researchgate.net/publication/250104055_

13. Shanafelt, D.W., Clobert, J., Fenichel, E.P., Hochberg, M.E., Kinzig, A., Loreau, M., Marquet, P.A., Perrings, C. (2018). Species dispersal and biodiversity in human-dominated metacommunities. *J Theor Biol.*, Nov. 14, vol. 457, pp. 199-210. doi: 10.1016/j.jtbi.2018.08.041. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30176249/>

14. Thomas, R., Akhtar-Schuster, M., Stringer, L. et al. (2012). Fertile ground? Options for a science-policy platform for land. *Environmental Science and Policy*, vol. 16, pp. 122-135. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-013-0126-5>

15. Wang, S., Fu, B., Gao, G., Zhou J. (2012). The hydrological responses of different land cover types in a re-vegetation catchment area of the Loess Plateau, China. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, vol. 9, no. 5, pp. 5809-5835. Available at: <https://www.hindawi.com/journals/amete/2015/676030/>