

МОНИТОРИНГ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА СОВРЕМЕННОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА¹

Д.А. Иванов

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва, Россия

Эл. почта: volok234@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 02.11.2022; принята к печати 21.11.2022

Представлены результаты мониторинга высоты сеяных трав в пределах агроландшафта в 2019–2021 годах на агроэкологическом полигоне, расположенном в пределах конечно-моренного холма. Целью работы являлось изучение влияния особенностей различных ландшафтных структур (склонов разной экспозиции, ландшафтных выделов в их пределах и пестроты почвенного покрова) на высоту растений. Исследования проводились на агроэкологической трансекте – поле, пересекающем основные ландшафтные позиции моренного холма, в 120 точках опробования, расположенных в 10 м друг от друга. Высота клевера лугового и тимopheевки луговой определялась 9 раз за время развития многолетнего травостоя с 1 по 3 год его жизни. Из результатов статистической обработки данных следует, что максимальное влияние на пространственную вариабельность высоты растений оказывает экспозиция склонов. Доказано значимое влияние ландшафтных факторов на временную динамику высоты только тимopheевки, тогда как особенности роста клевера не зависят от параметров рельефа и почв. На основе полученных результатов можно разработать систему адаптивного размещения травостоев в агроландшафте, позволяющую управлять количеством и качеством кормов.

Ключевые слова: многолетние травы, мониторинг, агроландшафт, статистический анализ.

MONITORING AS A SCIENTIFIC BASIS FOR MODERN FODDER PRODUCTION

D.A. Ivanov

Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute

Email: volok234@yandex.ru

Sown grasses stand height was monitored in an agricultural landscape in 2019–2021. The agroecological test plot was located within a terminal moraine hill. The aim of monitoring was to study the influence of the characteristic features of various landscape structures (differentially exposed slopes, landscape sections within them, and soil cover variegation) on plant height. The studies were carried out across an agroecological transect (a field crossing the main landscape positions of a moraine hill) at 120 sample points located 10 m apart. The height of red clover and timothy grass was determined nine times during the development of the perennial herbage over 1 to 3 years of its life. The statistical treatment of data revealed that the maximum effect on the spatial variability of plant height is produced by slope exposure. A significant influence of landscape factors has been proved only for the temporal dynamics of timothy grass height, whereas the features of clover growth do not depend on relief and soils parameters. Based on the results obtained, it is possible to develop a system of adaptive placement of grass stands in an agricultural landscape making it possible to manage the quantity and quality of fodder.

Keywords: perennial grasses, monitoring, agricultural landscape, statistical analysis.

Введение

Продукционный потенциал агроландшафтов с точки зрения кормопроизводства оценивается в основном урожайностью трав, которая во многом зависит от высоты сеяных компонентов травостоя [1–3]. Однако высота растений определяется многими факторами, часто независимыми друг от друга. Это приводит к ее значительной пространственно-временной пестроте, которая осложняет процесс определения истинного продукционного потенциала геосистемы [4]. Исследование характера этой пестроты позволяет устано-

вить основные закономерности формирования продукционной способности агрогеосистемы, факторы, ее определяющие, пределы ее колебаний и другие параметры, позволяющие характеризовать территорию по ее главному для человека критерию – возможности производить биомассу [5]. Знание особенностей пространственно-временной вариабельности высоты трав позволяет также разработать алгоритм ее прогнозирования во времени и пространстве, на основе которого могут быть созданы ландшафтно-мелиоративные системы земледелия различных территорий [6].

¹ По материалам сообщения на Международной научно-практической конференции «Проблемы экологии и сельское хозяйство в XXI веке», Москва, 3–6 октября 2022 года.

Современным методом исследования пространственно-временной вариабельности высоты трав является ее долговременный мониторинг в пределах агроэкологических стационаров, наиболее полно выполняющийся в режиме ландшафтно-полевого опыта (ЛПО) [7]. Целью данной работы является выявление факторов природной среды, определяющих особенности пространственно-временной динамики высоты сеяных трав в различных ландшафтных и агроклиматических условиях в пределах агроэкологического стационара Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель (ВНИИМЗ).

Методика

Долговременный мониторинг высоты клевера лугового (ВИК 7) и тимофеевки луговой (ВИК 9) клеверотимофеечных травостоев 1–3 годов жизни проводили в 2019–2021 годах на агроэкологическом стационаре ВНИИМЗ, расположенном в пределах конечно-моренного холма в 4 км к востоку от г. Тверь. Холм, относительной высотой 15 м, состоит из плоской вершины, северного пологого склона, крутизной 2–3°, южного более крутого склона (3–5°) и межхолмных депрессий (северной и южной) [7]. Почвообразующие породы на территории стационара – двучленные отложения. На южном склоне пахотные горизонты почв имеют песчаный и супесчаный гранулометрический состав, мощность легкого наноса местами превышает 1,5 м. На вершине и северном склоне пахотные горизонты сложены супесью и легким суглинком, мощность легкого кроющего наноса колеблется около 1 м, местами в межхолмной депрессии морена выходит на поверхность. В нашем опыте различия в экспозиции склонов определяет не только разницу в прогреве территории, но и неоднородность гранулометрического состава почв, что во многом определяется генезисом конечно-моренных образований [8].

Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв, развивающихся на двучленных отложениях различной мощности [9].

Исследования проводились на агроэкологической трансекте (физико-географическом профиле) – узком поле, пересекающем все микроландшафтные позиции конечно-моренного холма: транзитно-аккумулятивные агромикрорландшафты (АМЛ) нижних частей склонов и межхолмных депрессий, характеризующиеся аккумуляцией элементов питания из намывных и грунтовых вод; транзитные АМЛ, расположенные в центральных частях склонов, в которых господствует латеральный ток влаги; элювиально-транзитные местоположения верхних частей склонов, где наряду с латеральным током влаги присутствует ее вертикальное перемещение по почвенному профилю и элювиально-аккумулятивный ландшафт вершины, в пределах которого происходит вертикальное промы-

вание почвенного профиля и локальная аккумуляция влаги в микропонижениях (блюдцах).

Трансекта состоит из 7 продольных полос (шириной 7,2 м, длиной 1300 м), каждая из которых засеяна отдельной культурой зерноотрубного севооборота. Технология выращивания культуры однотипна по всей полосе. Изучаемый агроценоз был образован вследствие посева овса сорта «Аргамак» и трав клевера и тимофеевки 2 мая 2019 года. Покровный посев развивался без внесения удобрений, кроме одноразовой подкормки аммиачной селитрой в фазу кущения в дозе 1 ц/га. Следует отметить, что 5 июня 2019 года он был обработан гербицидами (Линтаплант) в дозе 1,5 л на гектар, 25 августа 2019 года произведена уборка овса. Учет высоты растений осуществлялся девять раз за вегетацию: 30 мая, 1 июля, 21 августа и 10 октября 2019 года, 1 июня, 24 июня и 13 октября 2020 года, а также 6 июня и 10 августа 2021 года в 120 точках, регулярно расположенных по трансекте на расстоянии 10 м одна от другой. Площадь учетной делянки – 1 м². Травостои 1 и 2 годов пользования эксплуатировались в одноукосном режиме без внесения удобрений.

Результаты мониторинга обрабатывали при использовании программного пакета STATISTICA 12. Применялась функция Partial least squares (PLS), которая позволяет оценить зависимость вариабельности высоты растений в каждый тур наблюдений от экологических условий разномасштабных структурных образований в пределах агроландшафта. Наиболее крупными частями в пределах конечно-моренной гряды являются склоны разной экспозиции. В пределах склонов располагаются агромикрорландшафты. Самыми мелкими структурными частями являются пятна почв разной степени заболоченности и микроструктурные отдельности почвенного покрова. Использовался также метод корреляционного анализа для выявления влияния агроклиматических условий и возраста травостоя на степень воздействия разнообразных ландшафтных структур на временную вариабельность высоты трав.

Результаты и обсуждение

Средняя, в пределах агроландшафта за все время наблюдений, высота клевера составила 24,6 см, а тимофеевки – 33,0 см, то есть сообщество многолетних трав после уборки покровной культуры (овса) представляет собой многоярусный агроценоз, в котором в первом ярусе доминирует тимофеевка, во втором – клевер, а в третьем – внедрившиеся виды. Высота тимофеевки колеблется в пространстве трансекты ($V = 49,8\%$), меньше, чем высота клевера (64,8%), что говорит о сильной зависимости бобовых, находящихся во втором ярусе, от степени освещенности и от конкуренции с другими растениями.

Усредненные, по турам обследования, результаты расчетов PLS показаны на рис. 1.

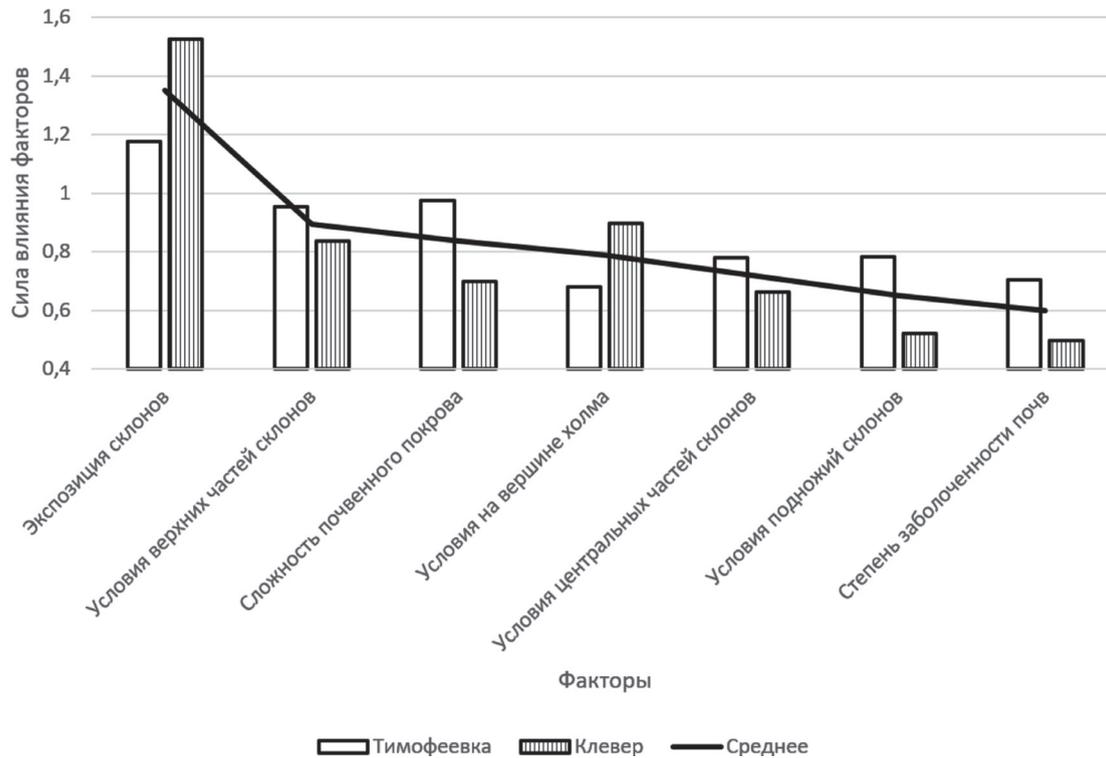


Рис. 1. Влияние факторов ландшафтной среды на пространственное колебание высоты сеяных трав

Характер пространственного изменения высоты сеяных трав в пределах агроландшафта моренного холма в наибольшей степени зависит от экспозиции склонов вследствие их сильных различий по освещенности и гранулометрическому составу почв, причем на высоту клевера этот структурный параметр ландшафта действует сильнее, чем на высоту тимopheевки, что объясняется дефицитом освещенности во втором ярусе агроценоза. Пространственная вариабельность микрорельефа, увлажнения и других характеристик почв в элювиально-аккумулятивном агромикрорландшафте вершины холма (в местоположении с наименьшим дефицитом освещенности) также сильнее влияет на пространственную пестроту высоты клевера. Другие изученные структурные параметры агроландшафта сильнее влияют на колебания в пространстве высоты тимopheевки. Значительно сильнее, по сравнению с клевером, тимopheевка откликается на характер чередования почв с различной заболоченностью, на вариабельность микрорельефа и свойств почв подножий склонов и на пестроту почвенного покрова в пределах всего агроландшафта.

Корреляционный анализ зависимости средней высоты растений от характера изменчивости во времени силы влияния на нее факторов, включенных в модель PLS, показал, что временная динамика высоты клевера

от него достоверно не зависит. Это можно объяснить тем, что на бобовые сильно влияют биогеоэцотические связи, которые заглушевают влияние эдафических факторов на процессы роста и развития. Временная динамика высоты тимopheевки, господствующей в первом ярусе агроценоза, значительно сильнее зависит от изменчивости влияния на нее экологических условий разнообразных частей агроландшафта. Коэффициенты корреляции между средними значениями высоты растения в каждом туре обследования и силой воздействия в это время на нее со стороны экологических условий на вершине холма ($r = -0,80$) превышают [0, 67] и могут считаться статистически значимыми.

Пузырьковая диаграмма, показывающая совокупное влияние экологических условий вершины, верхних и средних частей склонов на высоту тимopheевки, показана на рис. 2. Видно, что по мере увеличения степени влияния экологических условий местоположений на пространственное колебание высоты сеяных злаков, высота тимopheевки снижается (уменьшается размер пузырьков). Диаграммы показывают также, что влияние верхних частей склонов на высоту трав значительно сильнее, чем транзитов. Однако в диапазоне силы влияния транзитов большей 1 наблюдается резкое снижение высоты тимopheевки.

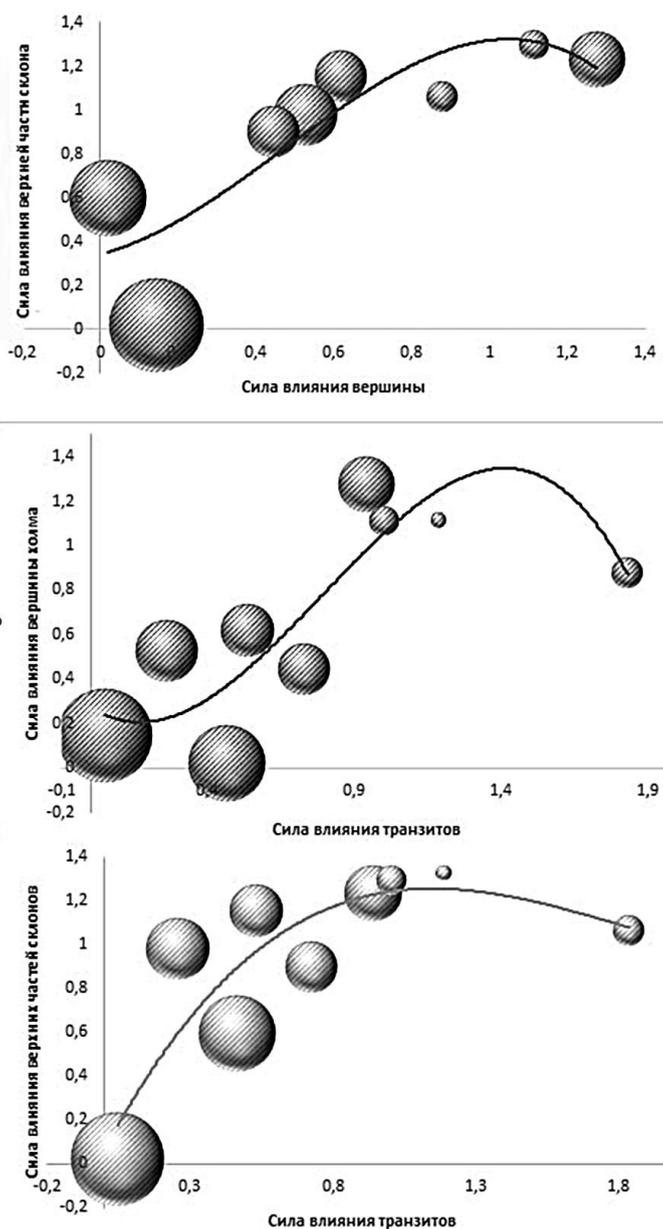


Рис. 2. Диаграмма зависимости высоты тимфеевки от экологических условий различных частей склонов

Изменение силы влияния экологических условий местоположений на высоту трав во времени обусловлено в основном динамикой агроклиматических условий, прежде всего влажности почв и непостоянства фитоценологических взаимосвязей в агроценозе, характер которых также во многом зависит от увлажнения. Другие эдафические факторы (пестрота почвенного покрова, микрорельеф и так далее) оста-

ются неизменными вследствие того, что расположение точек опробования в пространстве не меняется. Увеличение силы влияния экологических условий вершины, верхних и средних частей склонов холма на высоту трав наблюдается по мере уменьшения степени атмосферного увлажнения, когда почвы на верхних гипсометрических отметках высыхают, вследствие испарения, вертикального оттока по профилю, поверхностного и внутрипочвенного латерального сброса (самодренажа) влаги, гораздо быстрее, чем на подножьях. Нелинейный характер трендов на рис. 2 показывает, что в засушливых условиях наблюдается резкое снижение роста тимфеевки на склонах и вершине холма.

Выводы

Агроценоз клеверотимфеичного травостоя имеет трехъярусную структуру, в которой сеяные злаки образуют верхний ярус, бобовые - средний, а сорные виды – надземный. Конкуренция за освещенность и межвидовая борьба обуславливают большую пространственную вариабельность высоты клевера по сравнению с тимфеевкой.

Максимальное влияние на пространственную пестроту высоты сеяных трав оказывает экспозиция склонов, определяющая не только степень освещенности травостоя, но и гранулометрический состав почв. По сравнению с тимфеевкой, вариабельность высоты клевера значительно сильнее зависит от экспозиции склонов и экологических условий вершины холма. Тимфеевка сильнее откликается на степень заболоченности почв, общей пестроты их свойств, а также на экологические условия подножий.

Временная динамика высоты клевера не обнаруживает достоверных зависимостей от колебания экологических условий в пределах различных структурных подразделений агроландшафта, вследствие сильного влияния на нее разнообразных фитоценологических взаимодействий. Высота тимфеевки заметно зависит от временных колебаний состояния природной среды вершины холма, верхних и средних частей склонов, которая во многом обусловлена степенью увлажнения. Уменьшение количества осадков приводит к снижению высоты сеяных злаков в этих местоположениях.

Для управления высотой сеяных трав в режиме адаптивно-ландшафтного земледелия рекомендуется травостой с преобладанием клевера размещать на северных склонах холмов, в ареалах распространения относительно тяжелых почв, а для регуляции высоты тимфеевки нужно применять двойное регулирование водно-воздушного режима почв вершин и склонов холмов.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Кирюхин СВ, Зарьянова ЗА. Соотношение высоты травостоя различных видов трав с их кормовой продуктивностью при многолетнем использовании. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2021;38(2):115-22.
2. Касаткина НИ, Нелюбина ЖС. Особенности роста и развития многолетних трав на основе клевера лугового тетраплоидного. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019; 3(20):247-55.
3. Жумадилова ЖШ, Идрисова ДТ, Абдиева КМ, Таутенов ИА, Тодерич КН. Мелиоративная и кормовая ценность многолетних трав на засоленных почвах казахстанского Приаралья. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018;12(2):287-92.
4. Иванова НН, Капсамун АД, Амбросимова НН. Кормовая и средообразующая роль пастбищных травостоев в условиях осушаемых почв Центрального Нечерноземья. *Кормопроизводство*. 2019;(4):14-7.
5. Иванов ДА. Виды динамики состояния мелиорированных агроландшафтов. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;4(65):4-18.
6. Иванов ДА, Ковалев НГ. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (прикладная агрогеография). Тверь: Издатель А.Н. Кондратьев; 2017.
7. Иванов ДА, Корнеева ЕМ., Салихов РА, Петрова ЛИ, Пугачева ЛВ, Рублюк МВ. Создание ландшафтного полигона нового поколения. *Земледелие*. 1999;(6):15-6.
8. Борзов АА. Геоморфология Калининской области. *Ученые записки МГУ*. 1938;(23):6-54.
9. thereof]. *Zernobobovye i Krupianye Kultury*. 2021;38(2):115-22. (In Russ.)
2. Kasatkina NI, Neliubina ZhS. [Growth and development characteristics of perennial grass stands based on tetraploid clover]. *Agrarnaya Nauka Yevro-Severo-Vostoka*. 2019;20(3):247-55. (In Russ.)
3. Zhumadilova ZhSh, Idrisova DT, Abdiyeva KM, Tautenov IA, Toderich KN. [Ameliorative and fodder value of perennial grasses on saline soils of saline soils near Aral Sea in Kazakhstan]. *Mezhdunarodnyi Zhurnal Prikladnykh i Fundamentalnykh Issledovaniy*. 2018;12(2):287-92. (In Russ.)
4. Ivanova NN, Kapsamun AD, Ambrosimova NN. [The fodder and environmental roles of pasture grass stands under conditions of drainage soils of Central Non-Chernozem Area]. *Kormoproizvodstvo*. 2019;(4):14-7. (In Russ.)
5. Ivanov DA. [Types of dynamics of ameliorated landscape conditions]. *Agrarnaya Nauka Yevro-Severo-Vostoka*. 2018;65(4):4-18. (In Russ.)
6. Ivanov DA, Kovalev NG. *Landshaftno-Meliorativnye Sistemy Zemledeliya (Prikladnaya Agrogeografiya)*. Tver: Izdatel A.N. Kondratyev; 2017. (In Russ.)
7. Ivanov DA, Korneyeva YeM, Salikhov RA, Petrova LI, Pugacheva LV, Rubliuk MV. [Development of a new-generation landscape testing area]. *Zemledeliye*. 1999;(6):15-6. (In Russ.)
8. Borzov AA. [Geomorphology of Kaliniskaya Oblast]. *Uchenye Zapiski MGU*. 1938;(23):16-54. (In Russ.)
9. Bulgakov DS, Rukhovich DI, Shishkonakova EA, Vilchevskaya EV. The application of the soil-agroclimatic index for assessing the agronomic potential of arable lands in the forest-steppe zone of Russia. *Eurasian Soil Sci*. 2018;51(4): 448-59. (In Russ.)

Общий список литературы/List of references

1. Kiriukhin SV, Zaryanova ZA. [Relationships between the heights of different grass stands and their fodder yields during long-time use