УДК 621.72:633.2
Код ВАК 06.01.01
DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-37-44

Интенсивность формирования травостоя на имитационных моделях пастбищ различного сезона использования

С. Ю. Турко[1]✉, К. Ю. Трубакова[1]
✉*E-mail: turkosvetlana73@mail.ru*
[1] Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

Аннотация. **Целью** исследований является обоснование связи между показателем наибольшего прироста растений с конкретной нормой выпаса животных на пастбище. Необходимо решить задачи с интенсивностью выпаса, а также по полученным данным установить статистическую зависимость между параметрами логистического уравнения, описывающего среднестатистический рост растений в условиях естественного выпаса животных. **Методы исследований.** Закладка опытов была проведена на вегетационных площадках лизиметрического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН с различными почвенными субстратами (Кумский песок, Бажиганский песок, черноземовидный супесчаный субстрат). Был проведен посев смесей поликомпонентных трав Ставропольской селекции для дальнейшего анализа роста и развития растений с учетом разного сезона использования. **Результаты исследований**. В статье приведено уравнение хода роста травостоя за вегетационный период, которое доказывает, что и после изъятия части фитомассы закон роста растений сохраняется по принципу сигмоидной кривой. Максимальная высота растений после имитации стравливания фитомассы зафиксирована на лизиметре № 6 и в среднем составила: с изъятием ⅓ – 121 см; ½ – 97 см; ⅔ – 61 см. Наименьшая средняя высота растений отмечена на лизиметре № 13 – 64 см. Наибольшая высота на этом лизиметре составила 110 см при ⅓ изъятии. Средний прирост на конец вегетационного периода растений по всем имитационным моделям распределился следующим образом: при изъятии 33 % – 73 %; 50 % – 53 %; 67 % – 31 %. Проведенные эксперименты установили, что изымать более ⅓ фитомассы растений не рекомендуется. Для стабильного восстановления травостоя деградированных пастбищ главную роль играет норма изъятия фитомассы, точнее норма выпаса, учитывается также стадия вегетации, на которой находится растение. **Научная новизна.** Установлена связь между параметрами роста растений, которая позволяет прогнозировать характеристики дальнейшего прироста, улучшить естественные деградированные травостои, установить очередность выпаса на разных участках в соответствии с видовым составом растений.

Ключевые слова: травостой, пастбища, деградация, фитомасса, имитационные модели, имитация стравливания, уравнения хода роста.

Для цитирования: Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Интенсивность формирования травостоя на имитационных моделях пастбищ различного сезона использования // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 37–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-37-44.

Дата поступления статьи: 16.07.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Привлечение внимания к генетическим ресурсам кормовых растений, создание генофонда с применением методов биотехнологии, получение исходного материала для организации высокопродуктивного аридного кормопроизводства – важнейшие задачи аридной науки [1, с. 271]. Деградация пастбищ в аридной зоне страны – это многоуровневая сложная экологическая и хозяйственная система, требующая многопланового подхода, особенно на территориях с почвенным субстратом легкого гранулометрического состава в районах, где дефляционная опасность очень высока [2, с. 69], [3, с. 10]. Особенно это относится к югу и юго-востоку Европейской части России, а это более 75 млн га территории, которая является кормовой базой традиционного пастбищного животноводства, основанного на свойстве их ежегодного самовозобновления, при эксплуатации, не превышающей определенного предела (отсутствие перевыпаса). Эти условия часто не соблюдаются и приводят к деградации пастбищ. Следует отметить, что для половины деградированных пастбищ сейчас негативные изменения приобрели практически необратимый характер. Поэтому без крупных вложений в антропогенную энергию самостоятельное их восстановление или невозможно, или для этого требуется очень длительный период заповедного режима. На сегодняшний день требуется разработать методы ускоренной фитомелиорации пастбищ с учетом свойств растительного покрова, его долговечности, засухоустойчивости, солеустойчивости, кормовой ценности, хорошей возобновляемости и почвозащищенности в ветроэрозионный период [4, с. 428]. Для эксплуатационных показателей пастбищ более важно знать объемные характеристики

© S. Yu. Turko, K. Yu. Trubakova, 2020

[5, с. 74]. Это касается и норм выпаса скота, и деградационных процессов на пастбищах. Динамика прироста растений напрямую зависит от почвенно-климатических условий и регулируемого объема изъятия фитомассы. Изъятие нужно проводить в период наиболее интенсивного прироста растений с учетом типа пастбища [6, с. 2], [7, с. 410].

Методология и методы исследования (Methods)

Для создания фоновой картины аридных пастбищных экосистем на основных полупустынных и пустынно-степных почвенных субстратах были созданы имитационные лизиметрические модели мелиорированных пастбищ для весенне-летнего, летнего и летне-осеннего использования [8, с. 28], [9, с. 58], [10, с. 31].

Закладка опытов была проведена в 2015 г. на вегетационных площадках лизиметрического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН. Произвели посев смесей поликомпонентных кормовых трав. При подборе травосмесей сочетали злаковые, злаково-бобовые и злаково-полынно-бобовые травы Ставропольской селекции (пырея удлиненного и солончакового, костра безостого, житняка гребенчатого, овсяницы луговой, полыней белой, черной и песчаной, люцерны синей).

Виды травосмесей:

1. Весенне-летнее пастбище: житняк + пырей + костер (ж + пр + к).

2. Летнее пастбище: житняк + овсяница + люцерна (ж + о + л).

3. Летне-осеннее пастбище: житняк + полынь + люцерна (ж + пл + л).

Опыты были заложены на разных почвенных субстратах: Кумский песок, Бажиганский песок, черноземовидная супесчаная почва. Бажиганские пески мелкозернисто-пылеватые, полиминеральные, карбонатные, более влагоемкие. Пески Кумского массива мелкозернистые и по водно-физическим свойствам близки к Бажиганским пескам. Черноземоводная супесчаная почва – это супесь песчаная со значительным содержанием крупного и среднего песка. Во всех почвенных субстратах в верхнем слое содержание гумуса варьировалось от 0,216 до 1,439 %. На черноземовидных супесчаных почвах (лизиметр № 6) отмечается повышенное содержание гумуса 1,087–1,756 %. Лизиметры № 13, 15 – Бажиганский и Кумский пески – очень близки по содержанию гумуса – 0,016–0,478 %. Норма высева для трав Ставропольской селекции – из расчета 10 кг/га, для полыней – 6–8 кг/га, люцерны – 8–12 кг/га. Соотношение видов – 1:1:1 [11, с. 17], [12, с. 215], [13], [14, с. 14], [15, с. 275].

За период 2015–2019 гг. на субстратах в течение вегетации проводились уходы за посевами, изучался рост и состояние растений, определялись продолжительность вегетационного периода, время цветения, плодоношения. Первое скашивание трав проводилось для бобовых в фазу бутонизации, для злаковых – в фазу трубкования с последующим скашиванием через 10, 20 и 30 суток, а также в конце вегетации. Норма изъятия фитомассы позволила выявить закономерность ее отрастания в функции времени после ее стравливания. Разработка моделей прогноза продуктивности природных пастбищ при разных режимах выпаса осуществлялось при помощи агрофизических законов продуцирования растений (законы растениеводства и земледелия) и данных по их отрастанию полученных на вегетационных площадках при различной норме изъятия фитомассы [16, с. 121], [17, с. 8], [18].

Результаты (Results)

Ранее мы уже применяли закон аллометрического роста, связав зависимость между высотой растений и объемными показателями травостоя [8, с. 27]. Объемные показатели в связи с высотой напрямую зависят от коэффициента покрытия травостоем поверхности и коэффициента оптической плотности растений. Исследования показали, что при изъятии части фитомассы растений в определенный период времени (искусственное стравливание) параметры травостоя по высоте и массе никогда не достигали тех величин, которые были в вариантах без изъятия части фитомассы. В более раннем исследовании приведены кривые хода роста травостоя за вегетационный период, которые свидетельствуют о том, что и после изъятия части фитомассы закон роста растений сохраняется (по принципу сигмоидной кривой) [8, с. 30]. Отметим, что интенсивность роста изменяется тем больше, чем больше изымается фитомассы.

Растения, как и все живые организмы, имеют биологический ритм роста. Чтобы придать выявленному закону теоретическое обрамление, были выведены уравнения хода роста растений, в которых появились дополнительные характеристики, требующие соответствующего описания.

Начнем с хода роста растений при разном изъятии фитомассы. Он, как показали эксперименты, может быть описан с помощью уравнения вида:

$$H_t = H_{m.i.o}\left(\frac{1}{1+a_i e^{-\lambda_i t}}\right), \quad (1)$$

где a_i, λ_i – средние значения коэффициентов при том или ином изъятии части фитомассы, зависящие от условий роста растений;

i – варианты изъятия фитомассы,

t – возраст растений;

$H_{m.i.o}$ – максимальная высота растений после изъятия части фитомассы, см;

H_t – высота растений возрасте t, (рис. 1, таблица 1).

Приведенные в таблице данные говорят о том, что лучшие условия для роста растений были созданы на лизиметре № 6. В среднем величин $H_{m.i.o}$ на участке без изъятия составляла 130 см, с изъятием ½ – 97 см. Лизиметр № 13 выдал наихудший результат, где без изъятия $H_{m.i.o}$ в среднем составляла 123 см, с изъятием ½ – 84 см.

Что же касается связи между a_i и λ_i, то она оказалась близкой к экспоненциальной с достаточно стабильным коэффициентом θ. Выразим ее следующим образом:

$$a_i = e^{\theta\lambda_i}, \quad (2)$$

где θ – коэффициент, который в среднем равен 49.

Зависимость (2) находилась из общефизических соображений, с использованием соответствующего гипотетического предположения дифференциальной связи и соответствующих граничных условий. Представим это следующим выражением:

© С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова, 2020

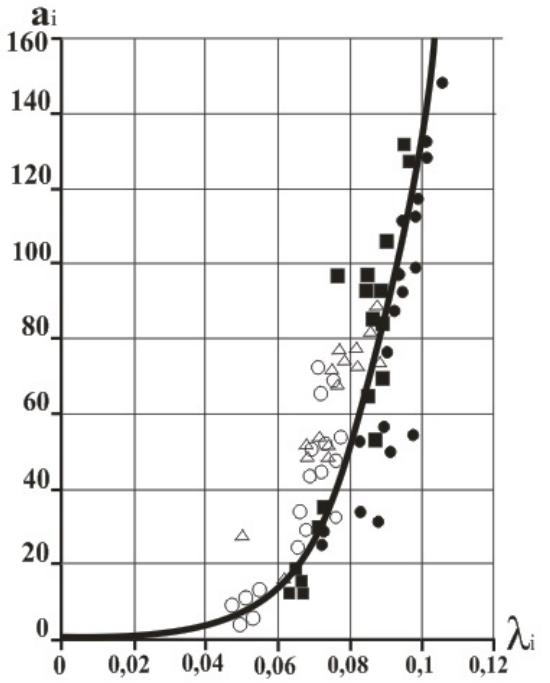

Рис. 1. Связь между показателями a_i и λ_i: ● – без изъятия фитомассы; ■ – изъятие ⅓ фитомассы; ○ – изъятие ½ фитомассы; Δ – изъятие ⅔ фитомассы

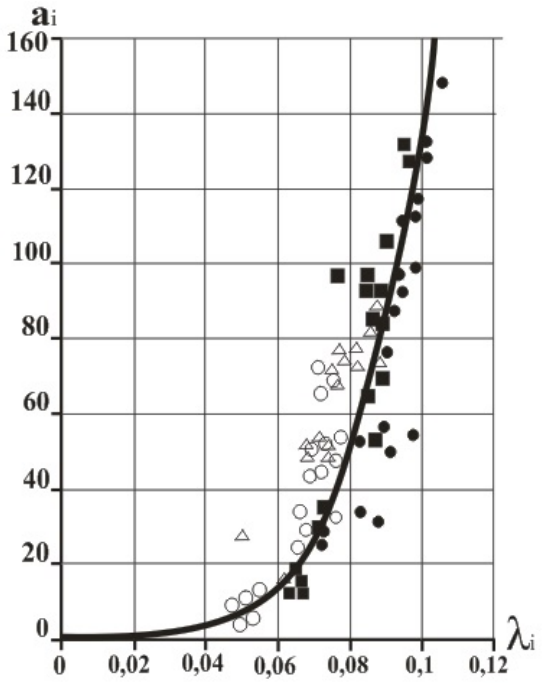

Fig. 1. The relationship between indicators a_i and λ_i: ● – without phytomass removal; ■ removal of ⅓ phytomass; ○ – removal of ½ phytomass; Δ – removal of ⅔ phytomass

Таблица 1

Параметры, входящие в уравнение (1) хода роста растений по высоте при разном изъятии фитомассы

Без изъятия			Изъятие ⅓ фитомассы			Изъятие ½ фитомассы			Изъятие ⅔ фитомассы		
a_i	λ_i	$H_{m.i.o}$	a_i	λ_i	$H_{m.i.o}$	a_i	λ_i	$H_{m.i.o}$	a_i	λ_i	$H_{m.i.o}$
Лизиметр № 6											
33	0,083	130	23	0,073	120	15	0,063	95	15	0,058	63
58	0,090	130	53	0,085	123	47	0,078	96	53	0,078	65
149	0,104	130	132	0,094	120	78	0,077	99	74	0,071	83
Лизиметр № 13											
53	0,086	120	34	0,072	110	30	0,067	78	25	0,066	62
112	0,099	130	86	0,089	120	68	0,079	92	45	0,071	63
95	0,095	119	64	0,085	100	54	0,078	82	46	0,065	66
Лизиметр № 15											
167	0,107	115	124	0,097	108	77	0,082	83	33	0,078	55
100	0,099	130	96	0,078	120	75	0,078	95	53	0,069	66
115	0,096	120	92	0,089	108	79	0,085	93	60	0,076	66

Table 1

The parameters included in equation (1) the movement of plant growth in height for different phytomass removal

Without phytomass removal			*Removal of ⅓ phytomass*			*Removal of ½ phytomass*			*Removal of ⅔ phytomass*		
a_i	λ_i	$H_{m.i.o}$	a_i	λ_i	$H_{m.i.o}$	a_i	λ_i	$H_{m.i.o}$	a_i	λ_i	$H_{m.i.o}$
Lysimeter No. 6											
33	*0.083*	*130*	*23*	*0.073*	*120*	*15*	*0.063*	*95*	*15*	*0.058*	*63*
58	*0.090*	*130*	*53*	*0.085*	*123*	*47*	*0.078*	*96*	*33*	*0.078*	*55*
149	*0.104*	*130*	*132*	*0.094*	*120*	*78*	*0.077*	*99*	*53*	*0.069*	*66*
Lysimeter No. 13											
53	*0.086*	*120*	*34*	*0.072*	*110*	*30*	*0.067*	*78*	*25*	*0.066*	*62*
112	*0.099*	*130*	*86*	*0.089*	*120*	*68*	*0.079*	*92*	*45*	*0.071*	*63*
95	*0.095*	*119*	*64*	*0.085*	*100*	*54*	*0.078*	*82*	*46*	*0.065*	*66*
Lysimeter No. 15											
167	*0.107*	*115*	*124*	*0.097*	*108*	*77*	*0.082*	*83*	*53*	*0.078*	*65*
100	*0.099*	*130*	*96*	*0.078*	*120*	*75*	*0.078*	*95*	*60*	*0.076*	*66*
115	*0.096*	*120*	*92*	*0.089*	*108*	*79*	*0.085*	*93*	*74*	*0.071*	*83*

$$\frac{da_i}{d\lambda_i} = \theta a_i \quad . \tag{3}$$

Вполне очевидно, что по a_i всегда можно находить значение λ_i, используя обратную зависимость функции вида:

$$\lambda_i = \frac{1}{\theta}\ln a_i \, . \tag{4}$$

Таким образом, чтобы проблема с определением коэффициентов a_i и λ_i, была окончательно решена, рассчитав a_i или λ_i. Исследования показали, что легче всего определить коэффициент α, он для вариантов без изъятия части фитомассы может быть найден из соотношения:

$$\frac{H_{m.i.o} - H_{\min}}{H_{\min}}, \tag{5}$$

где $H_{m.i.o}$ – минимальная высота растений в начале вегетации, см.

Как видим, появляется новая составляющая H_{min}, которая легко учитывается, зная фактический ход роста растительности, так как она связана с $H_{m.i.o}$. Для практических расчетов H_{min} можно принять равным 1,5 см. Что же касается $H_{m.i.o}$, то она может быть найдена по формуле (6):

$$H_{m.i.o} = 100 \cdot \left[\frac{q_{\max}}{31{,}5 \cdot K_{on}}\right]^2, \tag{6}$$

где q_{max} – максимальная фитомасса растений в конце вегетации в случае отсутствия изъятия определенной части фитомассы т/га;

$K_{оп}$ – оптическая плотность травостоя (в опытах варьировалась от 0,04 до 0,34).

Все зависит от правильности задания параметров, заложенных в формулу (6). Изложенные материалы относятся к максимуму высоты и фитомассы, которая соответствует концу вегетации растений, причем без изъятия части фитомассы. Однако важно знать, каким образом эти параметры изменяются при изъятии части фитомассы. Иначе говоря, важно знать параметр $H_{m.i.o}$.

Чтобы сделать вывод о том, как влияет изъятие части фитомассы на дальнейший ход роста растений, мы проанализировали данные в безразмерной форме (таблица 2).

Как видно из таблицы 2 и рис. 2, нормированные величины параметров a_i, λ_i и $H_{m.i.o}$ для различных типов растительности и отдельных опытов варьируются в определенном промежутке и четко обозначают закономерности их связи с характеристиками $\Delta h_{ск}$ и $\Delta h_{ост}$. Выявлено, что на всех лизиметрах эти закономерности могут быть описаны однотипными уравнениями. По опытным данным были составлены следующие уравнения:

$$\frac{a_i}{a_0} = 1 - 0{,}546 \cdot \Delta h_{сн}^{\,0{,}834}; \qquad \frac{\lambda_i}{\lambda_0} = 1 - 0{,}44 \cdot \Delta h_{сн}^{\,0{,}751} \tag{7}$$

где a_0, λ_0 – среднее значение показателей для вариантов без изъятия части фитомассы растений;

a_i, λ_i – среднее значение показателей при определенном изъятии части фитомассы растений;

$\Delta h_{сн}$ – доля изъятия по высоте части фитомассы растений.

Если говорить о вариации этих нормированных показателей, то они с вероятностью 99 % лежат в пределах 7–25 % для $\frac{a_i}{a_0}$ и 5–23 % для $\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$.

В таблице 3 представлены данные прироста растений при изъятии 33, 50 и 67 % фитомассы через определенные промежутки времени.

По полученным данным из таблицы 3 видно, что с увеличением изымаемой фитомассы прирост растений ниже, причем этот прирост бывает тем меньше, чем больше объем изъятия. Средний прирост на конец вегетационного периода растений составил при изъятии 33 % – 73 %; 50 % – 53 %; 67 % – 31 %. Из этого следует, что для восстановления травостоя деградированных пастбищ необходимо точно рассчитывать норму изъятия фитомассы, точнее норму выпаса. Вместе с тем не стоит забывать, что интенсивность отрастания растений после изъятия меняется в зависимости от времени, т. е. нужно учитывать, на какой стадии вегетации находится растение.

Таблица 2

Относительные значения параметров H_i, a_i и λ_i при различных значениях изъятия части фитомассы ($\Delta h_{ск}$)

№ лизиметра	Параметры								
	Изъятие ⅓ фитомассы			Изъятие ½ фитомассы			Изъятие ⅔ фитомассы		
	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_o}$	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_o}$	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_o}$
6	0,93	0,83	0,91	0,74	0,60	0,79	0,47	0,46	0,71
13	0,89	0,72	0,88	0,68	0,58	0,81	0,52	0,45	0,70
15	0,92	0,84	0,92	0,76	0,63	0,80	0,59	0,63	0,71

Table 2

Relative values of the parameters H_i, a_i u λ_i at various values of the removal of part of the phytomass (Δh_{gc})

No. of lysimeter	*Parameters*								
	Removal of ⅓ phytomass			*Removal of ½ phytomass*			*Removal of ⅔ phytomass*		
	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_o}$	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_o}$	$\frac{H_{m.i.o}}{H_{p.m.o}}$	$\frac{a_i}{a_i}$	$\frac{\lambda_i}{\lambda_o}$
6	*0.93*	*0.83*	*0.91*	*0.74*	*0.60*	*0.79*	*0.47*	*0.46*	*0.71*
13	*0.89*	*0.72*	*0.88*	*0.68*	*0.58*	*0.81*	*0.52*	*0.45*	*0.70*
15	*0.92*	*0.84*	*0.92*	*0.76*	*0.63*	*0.80*	*0.59*	*0.63*	*0.71*

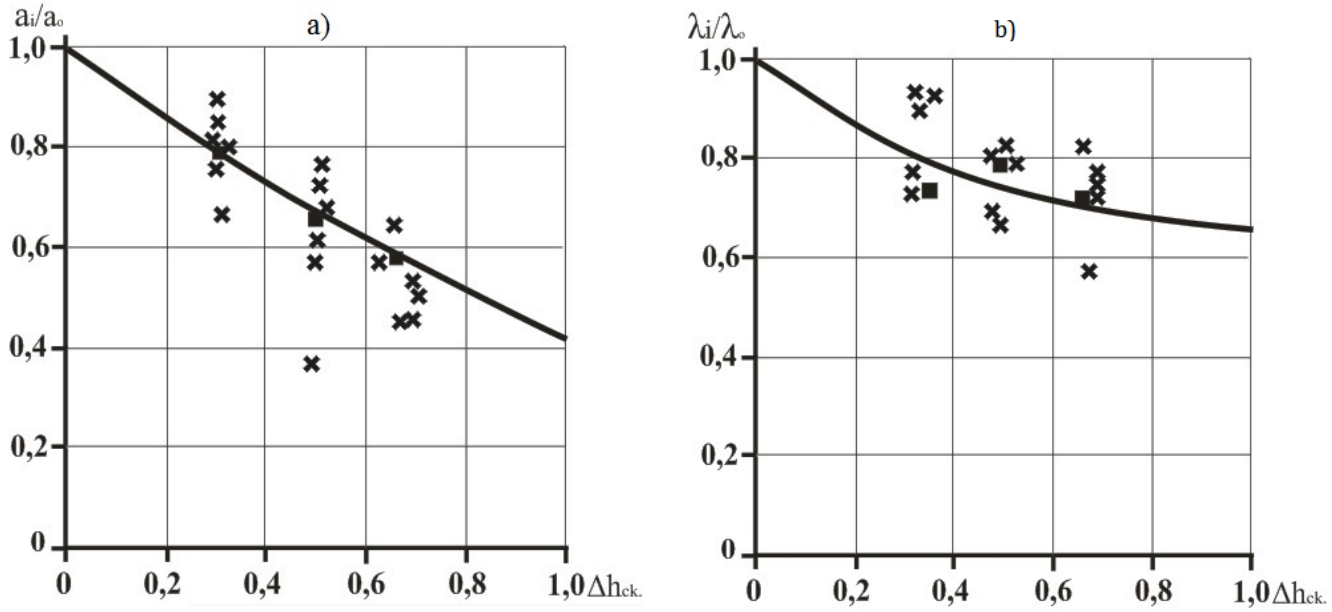

Рис. 2. Связь между: а) $\frac{a_i}{a_0}$, б) $\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$ и величиной изъятия части фитомассы $\Delta h_{ск}$:
■ *– среднее по всем вариантам;* ✖ *– средние по культуре и лизиметру*
Fig. 2. The relationship between a) $\frac{a_i}{a_0}$, b) $\frac{\lambda_i}{\lambda_0}$ and the removal of part of the phytomass $\Delta h_{ск}$:
■ *– average for all options;* ✖ *–average in culture and lysimeter*

Таблица 3

Ход роста растений на лизиметре № 6 в зависимости от доли изъятия фитомассы, лизиметрический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН

Сутки	Изъятие части фитомассы, см		
	33 %	50 %	67 %
40	41,7	33,3	22,3
60	86,7	61,7	40,0
80	115,0	86,0	53,3

Table 3

Plant growth movement on lysimeter No. 6 with different parts of phytomass removal, lysimetric complex FSC of Agroecology RAS

Days	*Removing part of the phytomass, cm*		
	33 %	*50 %*	*67 %*
40	*41.7*	*33.3*	*22.3*
60	*86.7*	*61.7*	*40.0*
80	*115.0*	*86.0*	*53.3*

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Связь между параметрами роста растений *a* и λ позволяет определенным образом прогнозировать дальнейшее поведение роста растений и рациональную норму ее отчуждения при естественном стравливании на песчаных землях аридной зоны. В среднем максимальная высота растений после имитации стравливания фитомассы зафиксирована на лизиметре № 6: с изъятием ⅓ – 121 см; ½ – 97 см; ⅔ – 61 см. Наименьшая средняя высота растений отмечена на лизиметре № 13 – 64 см. Наибольшая высота на этом лизиметре составила 110 см при ⅓ изъятии.

Установлено, что и после изъятия части фитомассы закон роста растений сохраняется по принципу сигмоидной кривой. Отметим, что интенсивность роста изменяется тем больше, чем больше изымается фитомассы. Средний прирост на конец вегетационного периода растений распределился следующим образом: при изъятии 33 % – 73 %; 50 % – 53 %; 67 % – 31 %. Проведенные эксперименты показали, что изымать более ⅓ фитомассы растений не рекомендуется. Изъятие должно проходить в период интенсивного роста растений (ближе к середине вегетационного периода), что связано с биометрическими ритмами растений.

Для стабильного восстановления травостоя деградированных пастбищ главную роль занимает норма изъятия фитомассы, точнее норма выпаса, с учетом стадии вегетации, на которой находится растение.

Библиографический список

1. Шамсутдинов З. Ш., Косолапов В. М., Шамсутдинова Э. З., Благоразумова М. В., Шамсутдинов Н. З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 2. С. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.

2. Зволинский В. П., Федорова В. А., Мухортова Т. В., Власенко М. В., Турко С. Ю. Технология создания устойчивых кормовых фитоценозов в условиях орошения северо-западного Прикаспия // Адаптивное кормопроизводство. 2016. № 1. С. 68–75.

3. Лапенко Н. Г., Оганян Л. Р. Присельские пастбища – важная кормовая база для животных индивидуального сектора // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11. (190). С. 9–17. DOI:10.32417/article_5dcd861e318036.10746233.

4. Васильев Ю. И. К вопросу о логистической модели формирования сухой фитомассы сельскохозяйственных растений // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию создания Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института. Волгоград, 2016. С. 426–430.

5. Казьмин В. Д., Абатуров Б. Д., Джапова Р. Р., Аюшева Е. Ч., Джапова В. В., Нохаева Д. В., Миноранский В. А., Медянников И. Н. Показатели пастбищной экологии *Equus ferus przewalskii (Equidae)* в степях долины западного Маныча (юго-восток Ростовской области, Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2019. Т. 4. No. S2. С. 72–77. DOI: 10.24189/ncr.2019.022.

6. Watanabe T., Shirasaka S. Pastoral practices and common use of pastureland: the case of Karakul, north-eastern Tajik Pamirs // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. Т. 15. No. 12. 2725. Pp. 1–18 DOI: 10.3390/ijerph15122725.

7. Morales A., Godoy M., Beltrán I, Muller A. Changes in herbage mass and time of herbage allocation modify nutritional and metabolic status of dairy cows // Chilean journal of agricultural research. 2018. Vol. 78 (3). Pp. 409–418. DOI: 10.4067/S0718-58392018000300409.

8. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Рост и развитие растений на пастбищах аридной зоны и вопрос их эксплуатации (на примере искусственно созданных моделей) // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4 (183). С. 27–34. DOI: 10.32417/article_5cf950fe6812b9.37149947.

9. Турко С. Ю., Вдовенко А. В., Трубакова К. Ю. Имитационные модели мелиорированных пастбищ на различных почвах в условиях сухой степи и полупустыни // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 3 (67). С. 57–62.

10. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Математическое моделирование в оптимизации использования пастбищ // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (42). С. 30–34.

11. Власенко М. В. Видовое разнообразие и устойчивость фитоценозов песчаных пастбищ Ростовской области // Аграрная Россия. 2019. № 3. С. 17–21. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-3-17-21.

12. Гасанов Г. Н., Салихов Ш. К., Гаджиев К. М., Маллалиев М. М., Шайхалова Ж. О., Гимбатова К. Б. Видовой состав и продуктивность луговых фитоценозов горы маяк (Гунибское плато, республика Дагестан) // Растительные ресурсы. 2016. № 52 (2). С. 214–224.

13. Лапенко Н. Г., Дудченко Л. В. Восстановление природной растительности с использованием ресурсосберегающей технологии создания травостоев сенокосно-пастбищного использования в условиях Ставропольского края: практические рекомендации. Ставрополь, 2019. 22 с.

14. Лапенко Н. Г., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г. Растительность степных фитоценозов и особенности ее вегетации в условиях Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. 2020. № 2 (193). С. 9–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-9-19.

15. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // Arid Ecosystems. 2019. Т. 9. No. 4. Pp. 273–281.

16. Суслов С. А. Законы растениеводства и земледелия // Вестник НГИЭИ. 2012. № 1 (8). С. 119–130.

17. Кулик К. Н., Салугин А. Н. Моделирование дефляции аридных пастбищ с помощью марковских цепей // Экосистемы: экология и динамика. 2017. № 1 (4). С. 5–22.

18. France J., Thornley J. H. M. Mathematical Models in Agriculture // The Quarterly Review of Biology. 1985. Vol. 60. No. 1. Pp. 135–136. DOI: 10.1086/414311.

Об авторах:

Светлана Юрьевна Турко[1], кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 185088; *+7 961 064-31-17, turkosvetlana73@mail.ru*

Каринэ Юрьевна Трубакова[1], младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-0528-3367, AuthorID 934885; *+7 927 537-59-92, trubakova.karine@mail.ru*

[1] Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

Intensity of grass stand formation on simulation models of pastures for different seasons of use

S. Yu. Turko[1]✉, K. Yu. Trubakova[1]
[1] Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia
✉*E-mail: turkosvetlana73@mail.ru*

Abstract. **The purpose of the research** is to substantiate the relationship between the parameter of the greatest growth of plants with a specific rate of grazing of animals on pasture. It is necessary to solve problems with the intensity of animal grazing, and also to establish, according to the data, a statistical relationship between the parameters of the logistic equation that describes the average statistical growth of plants on natural pastures. **Research methods.** The experiments were carried out at the research sites of the lysimetric complex of the FSC of Agroecology RAS with various soil substrates (Kumskiy sand, Bazhiganskiy sand, chernozem-like sandy loam substrate). Sowing mixtures of multicomponent herbs of the Stavropol selection was performed for further analysis of plant growth and development, taking into account the different season of use. **Results.** The article presents the equation of the course of growth of the grass stand for the growing season, which proves that even after the removal of part of the phytomass, the plant growth law is preserved according to the principle of the sigmoid curve. The maximum plant height after simulating phytomass etching was recorded on a lysimeter No. 6 and averaged: with phytomass removal of ⅓ – 121 cm, ½ – 97 cm, ⅔ – 61 cm. The smallest average plant height was noted on lysimeter No. 13 – 64 cm. The highest height on this lysimeter was 110 cm with ⅓ removal. The average growth at the end of the growing season of plants for all simulation models was distributed as follows: with the withdrawal of 33 % – 73 %; 50 % – 53 %; 67 % – 31 %. The experiments showed that it is not recommended to remove more than ⅓ of the plant phytomass. The main role is played by the rate of phytomass removal (grazing rate) for the stable restoration of the grass stand of degraded pastures, and it is also necessary to take into account the vegetative period of the plant. **Scientific novelty.** The relationship between plant growth parameters has been established. It allows you to predict the characteristics of further growth, improve the natural degraded grass stands, establish the sequence of grazing in different areas in accordance with the species composition of plants.
Keywords: grass, pastures, degradation, phytomass, simulation models, simulation of grass, growth equations of growth.

For citation: Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Intensivnost' formirovaniya travostoya na imitatsionnykh modelyakh pastbishch razlichnogo sezona ispol'zovaniya [Intensity of grass stand formation on simulation models of pastures for different seasons of use] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 37–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-37-44. (In Russian.)

Paper submitted: 16.07.2020.

References

1. Shamsutdinov Z. Sh., Kosolapov V. M., Shamsutdinova E. Z., Blagorazumova M. V., Shamsutdinov N. Z. O kontseptsii ekologicheskoy nishi i eye roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agroekosistem [About the concept of ecological niche and its role in design of adaptive arid pasture agroecosystems] // Agricultural Biology. 2018. T. 53. No. 2. Pp. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus. (In Russian.)
2. Zvolinskiy V. P., Fedorova V. A., Mukhortova T. V., Vlasenko M. V. , Turko S. Yu. Tekhnologiya sozdaniya ustoychivykh kormovykh fitotsenozov v usloviyakh orosheniya severo-zapadnogo Prikaspiya [The technology of creating sustainable fodder phytocenoses under irrigation conditions in the northwestern Caspian] // Adaptive Fodder Production. 2016. No. 1. Pp. 68–75. (In Russian.)
3. Lapenko N. G., Oganyan L. R. Prisel'skiye pastbishcha – vazhnaya kormovaya baza dlya zhivotnykh individual'nogo sektora [Rural pastures - the important food supply for animals of the individual sector] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. № 11. (190). Pp. 9–17. DOI: 10.32417/article_5dcd861e318036.10746233. (In Russian.)
4. Vasil'ev Yu. I. K voprosu o logisticheskoy modeli formirovaniya sukhoy fitomassy sel'skokhozyaystvennykh rasteniy [To the question of the logistic model of the formation of dry phytomass of agricultural plants] // Zashchitnoye lesorazvedeniye, melioratsiya zemel', problemy agroekologii i zemledeliya v Rossiyskoy Federatsii: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu sozdaniya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo agrolesomeliorativnogo instituta. Volgograd, 2016. Pp. 426–430. (In Russian.)
5. Kaz'min V. D., Abaturov B. D., Dzhapova R. R., Ayusheva E. Ch., Dzhapova V. V., Nokhaeva D. V., Minoranskiy V. A., Medyannikov I. N. Pokazateli pastbishchnoy ekologii Equus ferus przewalskii (Equidae) v stepyakh doliny zapadnogo Manycha (yugo-vostok Rostovskoy oblasti, Rossiya) [Indexes of pasturable ecology of Equus ferus przewalskii (Equidae) in steppes of the western Manych valley (south-east of the rostov region, Russia)] // Nature Conservation Research. 2019. T. 4. No. S2. Pp. 72–77. DOI: 10.24189/ncr.2019.022. (In Russian.)

6. Watanabe T., Shirasaka S. Pastoral practices and common use of pastureland: the case of Karakul, north-eastern Tajik Pamirs // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. T. 15. No. 12. 2725. Pp. 1–18 DOI: 10.3390/ijerph15122725.

7. Morales A., Godoy M., Beltrán I, Muller A. Changes in herbage mass and time of herbage allocation modify nutritional and metabolic status of dairy cows // Chilean journal of agricultural researchю 2018. Vol. 78 (3)ю Pp. 409–418. DOI: 10.4067/S0718-58392018000300409.

8. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Rost i razvitiye rasteniy na pastbishchakh aridnoy zony i vopros ikh ekspluatatsii (na primere iskusstvenno sozdannykh modeley) [Growth and development of plants on pastures in arid zone and question of their exploitation (on the example of artifically created models)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 4 (183). Pp. 27–34. DOI: 10.32417/article_5cf950fe6812b9.37149947. (In Russian.)

9. Turko S. Yu., Vdovenko A. V., Trubakova K. Yu. Imitatsionnyye modeli meliorirovannykh pastbishch na razlichnykh pochvakh v usloviyakh sukhoy stepi i polupustyni [Simulation models of irrigated pastures on various soils under the conditions of dry steppe and semi-desert] // Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2017. No. 3 (67). Pp. 57–62. (In Russian.)

10. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Matematicheskoye modelirovaniye v optimizatsii ispol'zovaniya pastbishch [Modeling pasture performance to predict their status in economic activities] // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 2 (42). Pp. 30–34. (In Russian.)

11. Vlasenko M. V. Vidovoye raznoobraziye i ustoychivost' fitotsenozov peschanykh pastbishch Rostovskoy oblasti [Species diversity and stability of phytocenoses of sandy pastures of Rostov oblast'] // Agrarian Russia. 2019. No. 3. Pp. 17–21. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-3-17-21. (In Russian.)

12. Gasanov G. N., Salikhov Sh. K., Gadzhiev K. M., Mallaliev M. M., Shaykhalova Zh. O., Gimbatova K. B. Vidovoy sostav i produktivnost' lugovykh fitotsenozov gory mayak (Gunibskoye plato, respublika Dagestan) [Species composition and productivity of meadow plant communities of Mayak mountain (Gunib plateau, Dagestan)] // Rastitelnye resursy. 2016. No. 52 (2). Pp. 214–224. (In Russian.)

13. Lapenko N. G., Dudchenko L. V. Vosstanovleniye prirodnoy rastitel'nosti s ispol'zovaniyem resursosberegayushchey tekhnologii sozdaniya travostoyev senokosno-pastbishchnogo ispol'zovaniya v usloviyakh Ctavropol'skogo kraya: prakticheskiye rekomendatsii. [Restoring natural vegetation using resource-saving technology for creating grass stands for hay-pasture use in the conditions of the Stavropol Territory: practical recommendations]. Stavropol, 2019. 22 p. (In Russian.)

14. Lapenko N. G., Eroshenko F. V., Storchak I. G. Rastitel'nost' stepnykh fitotsenozov i osobennosti eye vegetatsii v usloviyakh Stavropol'skogo kraya [Vegetation of steppe phytocenoses and features of its vegetation under complicated conditions of the Stavropol krai] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 2 (193). Pp. 9–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-9-19.

15. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A.N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // Arid Ecosystems. 2019. T. 9. No. 4. Pp. 273-281.

16. Suslov S. A. Zakony rasteniyevodstva i zemledeliya [Laws of plant growing and agriculture] // Bulletin NGIEI. 2012. No. 1 (8). Pp. 119–130. (In Russian.)

17. Kulik K. N., Salugin A. N. Modelirovaniye deflyatsii aridnykh pastbishch s pomoshch'yu markovskikh tsepey [Modeling deflation of arid ecosystems with markov chains] // Ekosistemy: ekologiya i dinamika. 2017. No. 1 (4). Pp. 5–22. (In Russian.)

18. France J., Thornley J. H. M. Mathematical Models in Agriculture // The Quarterly Review of Biology. 1985. Vol. 60. No. 1. Pp. 135–136. DOI: 10.1086/414311.

Authors' information:

Svetlana Yu. Turko[1], candidate of agricultural sciences, research scientist, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 185088; *+7 961 064-31-17*, *turkosvetlana73@mail.ru*

Karine Yu. Trubakova[1], junior researcher, ORCID 0000-0002-0528-3367, AuthorID 934885; *+7 927 537-59-92*, *trubakova.karine@mail.ru*

[1] Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia