

УДК 633.2/3

РАСЧЕТ ВИДОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В МНОГОВИДОВЫХ СООБЩЕСТВАХ

В.П. Трибис, кандидат сельскохозяйственных наук
Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

Постановка задачи

Продуктивность многолетних трав – ключевой показатель хозяйственной оценки травостоев. Известные методы ее определения можно разделить на три группы: прямые (методы учета), косвенные и комплексные.

Среди прямых методов чаще всего используют укосный [1], при котором в каждой растительной группировке на типичных участках определенной площади травостой срезают или скашивают отдельно с нескольких рендомизированных выбранных площадок. Взятые образцы трав затем взвешивают и разбирают по хозяйственным или ботаническим группам.

Другим прямым методом, связанным с отчуждением растительной массы, является метод точечного урожая [6], в котором учитывают следующие три фактора: площадь покрытия почвы основаниями растений того или иного вида, массу надземной части вида и обилие (истинное покрытие этим же видом).

Можно назвать следующие недостатки названных прямых методов:

- низкая производительность;
- сложности подбора типичных участков (требуется предварительное оконтуривание локальных неоднородностей растительного покрова);
- ошибки переноса полученных значений продуктивности на всю обследуемую территорию.

Косвенные методы учета продуктивности травостоев состоят в поиске эмпирических зависимостей между теми или иными параметрами растительного покрова (например, классом покрытия и его продуктивностью, как это сделал В.С. Ипатов, рис. 1).

Недостатком косвенных методов, основанных на оценках покрытия, является необходимость постоянного уточнения калибровочных зависимостей для различных экологических условий и времени проведения работ, так как масса растений зависит, очевидно, не только от площади покрытия, но и от степени развития трав.

Современным косвенным методом, не уступающим прямым по точности оценки биомассы растений, является гамма-метод, основанный на измерении степени ослабления растительной массой гамма-излучения кобальта-60 и реализованного в удобном для полевых работ портативном варианте (вес прибора около 2.6 кг) при габаритах каркаса 20*30*25 см [3]. Несомненным достоинством метода является возможность массового

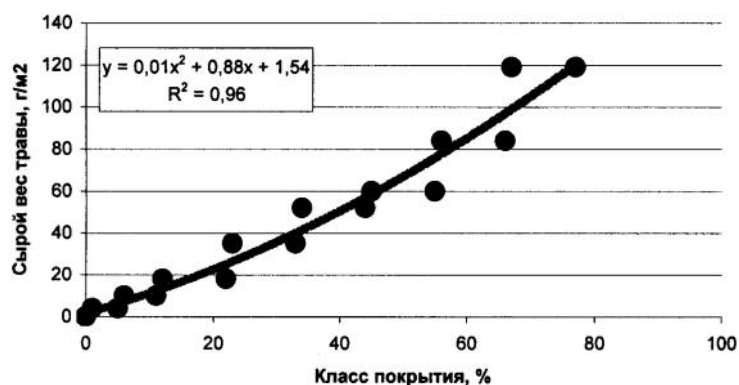


Рис. 1. Взаимосвязь между покрытием и надземной массой трав (по [6])

автоматического учета урожайности трав. Недостатком являются высокие требования к уровню квалификации исполнителей.

Прямые и косвенные методы дополняют друг друга и могут сочетаться в некоторых комплексных оптимальных по затратам и точности системах учета продуктивной функции биогеоценоза и входящих в его состав видов. Однако в общем можно заключить, что исследование смешанных агрофитоценозов не бывает дешевым, как замечают авторы одного из методических руководств по этой теме [4], и поиск оптимальных схем оценки продуктивности многовидовой травяной растительности еще далек от завершения.

Между тем поиск подобных схем особенно актуален на новообразованных почвах, так называемых старопашотных (сработанных) антропогенно преобразованных комплексах [2]. Так, на подобных почвенных формациях очень велик локальный разброс продуктивности сельскохозяйственных культур, в том числе и многолетних трав, особенно при исключении внесения азотных удобрений.

Обоснование актуальности проблемы

Для подтверждения этого положения нами на Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства проведен дробный прямой учет урожая на учетных площадках по 0,5 м² двумя параллельными полосами общей длиной 32 м. Данные по урожайности сопоставляли с глубиной торфа (рис. 2).

Как видно из рис. 2, в пределах глубин зондирования 15-45 см урожайность травы по зеленой массе колеблется почти в десятикратном диапазоне. Расчеты, произведенные на основе опытных данных, показали, что в этих условиях среднее падение урожая зеленой массы старовозрастных злаковых трав на 1% снижения мощности торфа (в пределах 25-40 см) составляет 2.2%. Это может быть интерпретировано таким образом, что снижение урожайности трав на старопашотных сработанных торфяниках в отсутствие внесения минеральных азотных удобрений идет опережающими темпами по сравнению со сработкой торфа.

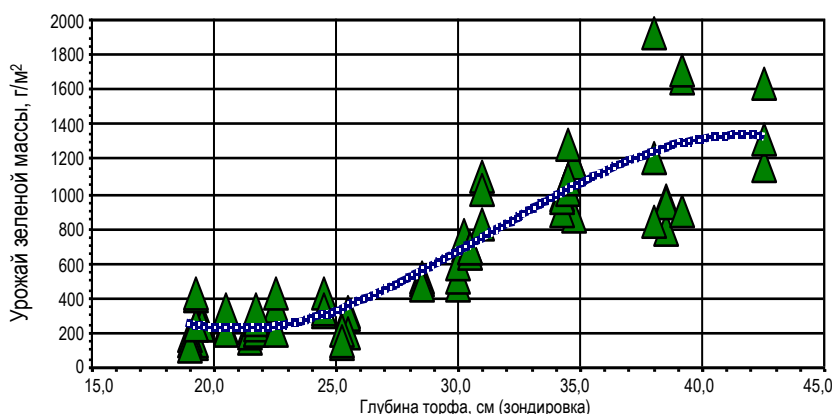


Рис. 2. Взаимосвязь между глубиной торфа и локальной урожайностью трав на фоне без внесения минерального азота (ПОСМЗиЛ, 2004)

Как видим, тенденция снижения доз вносимых удобрений под многолетние травы, если она сохранится и в дальнейшем, еще более усилит неоднородность почвенных условий на этих землях и, следовательно, пестроту продуктивности трав по площади поля. Поэтому разработка и совершенствование методов оценки продуктивности многолетних трав имеет большое прикладное значение. Проблема совершенствования этих методов становится особенно важной в связи с развитием техники дистанционного обследования сельхозугодий и тенденциями перехода к системам точного земледелия.

Технический аппаратный и программный прогресс в анализе дистанционных снимков, особенно при гиперспектральной зондировке, обуславливает выходы потребителей получаемой видеoinформации на еще более тонкие и точные технологии. Исследователи отмечают [5], что особый интерес представляет исследование в оптическом диапазоне, когда число спектральных каналов достигает 1000 при очень высоком спектральном разрешении при высоком пространственном разрешении. Переход к гиперспектральной съемке не только увеличивает количество получаемой информации, но обеспечивает уникальный качественный характер данных съемки, что позволит выделить в растительном покрове те или иные локальные особенности с разрешением порядка от нескольких метров до долей метра. Очевидно, что выделение ареалов с различным ботаническим составом позволяет рассчитывать на детальное дистанционное «прочтение» земной поверхности, занятой многолетними травами, и получать планы полей с детальными характеристиками растительного покрова, что необходимо для перехода к системам точного земледелия.

Однако для точной дешифровки снимков и получения оперативных данных по продуктивности кормовых угодий необходимо создать соответствующие ключевые участки и провести наземное экспериментальное выявление видов-индикаторов продуктивности травостоев. По наличию отдельных видов, или их сочетаний, наиболее существен-

но связанных с продуктивностью, можно было бы определять расчетную продуктивность трав по всей площади поля и выявить локальную пестроту плодородия. Если для зерновых культур эта проблема практически решена [7], то для кормовых культур проблемы адаптации к технике точного земледелия еще впереди.

Пример реализации

Для повышения производительности метода оценки продуктивности и снижения ошибок экстраполяции мы попытались использовать такой легко определяемый параметр растительного покрова, как встречаемость видов. Этот параметр не требует сложного специального оборудования. Задача состоит лишь в том, чтобы найти регрессионные связи между встречаемостью видов и их удельной продуктивностью для данного участка.

Для этого необходимо ввести такое понятие, как удельный расчетный вклад вида в общую продуктивность травостоя. Для получения исходных данных прямым методом производят одновременный учет на площадках по 0,5 м² следующих параметров: нарушенность дернины, наличие видов и общий урожай с делянки. После этого с помощью средств MS Excel подбирают эмпирические коэффициенты в многофакторное регрессионное уравнение стандартного вида. При этом нарушенность дернины выражают в долях единицы, а показатель продуктивности каждой делянки – в отклонениях от среднего значения в %.

$$dY = A_0 + A_1 * X_1 + \sum A_i * X_i,$$

где dY – отклонение урожая делянки от среднего по участку;

A₀ – свободный член;

A₁ – регрессионный коэффициент при показателе нарушенности дернины в долях 1;

X₁ – индекс нарушенности дернины в долях 1;

$\sum A_i * X_i$ – сумма произведений регрессионных коэффициентов (удельный расчетный вклад вида в общую продуктивность) на участие вида в фитоценозе (встречаемость).

Исходные данные получены нами на стационарном опытном участке Минского экспериментально-производственного предприятия (бывшая Минская болотная станция). Почвы участка – торфянисто-глеевые антропогенно преобразованные с остаточной мощностью оторфованного горизонта 20-25 см. Режим использования двуукосный, без внесения минерального азота. Общее число видов высших растений на обследованной площади (63 учетных площадки) – 35 при среднем числе видов на одной 7-8.

Некоторые результаты подбора средствами Excel коэффициентов регрессионной модели (приведены величины коэффициентов, превышающие 5% по абсолютному значению) представлены в таблице.

Из таблицы видно, что в группу с высокой удельной расчетной продуктивностью вошли такие биологически продуктивные виды, как кострец безостый, ежа сборная, козлятник, крапива двудомная, подмаренник болотный. Кроме них, в этой группе представлены виды-индикаторы повышенной продуктивности – горошек мышиный, подорожник большой, будра плющевидная, одуванчик лекарственный, мхи гипновые (индикаторы увлажненности).

**Удельный расчетный вклад некоторых видов в общую продуктивность травостоя
(Минское ЭПП, 2003)**

Вид	Удельный расчетный вклад вида в общую продуктивность, %
Горошек мышиный	26,0
Крапива двудомная	25,1
Подорожник большой	18,4
Мхи гипновые	12,3
Ежа сборная	9,3
Одуванчик лекарственный	9,3
Козлятник	7,1
Фиалка полевая	6,5
Будра плющевидная	5,4
Кострец безостый	5,3
Подмаренник болотный	5,2
Бодяк болотный	-7,3
Гречишка птичья	-7,9
Ярутка	-8,3
Дрема белая	-11,4
Щавель конский	-12,3
Марь белая	-12,8
Гречишка вьюнковая	-13,5
Мелколепестник	-13,6
Звездчатка	-14,6
Лютик ползучий	-24,2
Бодяк полевой	-26,7
Пикульник	-27,3
Тмин обыкновенный	-48,4

Индикаторами низкой продуктивности в нашем примере являются тмин обыкновенный, пикульник, бодяки полевой и болотный, лютик ползучий, звездчатка, мелколепестник, гречишки вьюнковая и птичья, марь белая, щавель конский, дрема белая, ярутка. Как видим, это в основном широко распространенные сорные виды.

На основе полученной информации можно сделать некоторые практические выводы. Например, включать в план мероприятий по повышению продуктивности обследованного участка те или иные приемы улучшения видового состава травостоя. Этого можно достичь либо путем создания условий, благоприятных для полезных видов и неблагоприятных для вредных, например, путем использования видоспецифических регуляторов роста растений (гербицидов) или агротехнических мероприятий по локальному подсеву в дернину полезных с хозяйственной точки зрения видов.

Следует оговориться, что хотя полученные по модели расчетные и фактические величины хорошо коррелируют друг с другом ($R^2 = 0,836$), ее статистическая оценка требует специального рассмотрения, так как в ней участвует большое число переменных при сравнительно малом числе наблюдений. Это противоречие можно устранить получением более обширных данных и допустимым снижением числа переменных. Массовый материал позволит проводить локальную оценку хозяйственной значимости видов мето-

дом скользящего оценивания и составлять – наподобие экологических шкал – продукционные шкалы видов сосудистых растений для конкретных участков лугов и пастбищ.

Заключение

После более обширной апробации предлагаемого метода такой относительно легко определяемый показатель, как видовой состав растительного покрова (встречаемость видов), может послужить косвенным индикатором продуктивности многолетних трав. Предложенный метод основан на расчете зависимостей регрессионного вида между урожайностью и показателями встречаемости видов. Предлагаемый метод может найти применение в мелкоконтурном земледелии и, в частности, для дешифровки изображений, получаемых при дистанционном исследовании сельскохозяйственных угодий в системах точного земледелия.

Литература

1. Андроников В.Л., Семенова Н.А. Методические рекомендации по применению материалов аэрофотосъемки при крупномасштабном геоботаническом и культуртехническом обследовании природных кормовых угодий лесной зоны. – М.: Гидрометеиздат, 1983. – 36 с.
2. Белковский В.И., Даутина Д.Б., Савенкова Н.А. Проблемы сельскохозяйственного использования и повышения плодородия антропогенных почв, формирующихся на месте сработанных торфяников// Мелиорация переувлажненных земель. Тр. БелНИИ мелиорации и луговодства. Т.47. – 2000. – С. 192-208.
3. Ермаков К.Н., Олейник В.С., Олейник М.В. Гамма-метод измерения биомассы растений. Гатчина, 2000. – Петербург. Ин-т ядерн. физики. – Препринт. – 21 с.
4. Ламан Н.А., Самсонов В.П., Прохоров В.Н., Шашко К.Г., Путьрский К.Н., Кравченко В.М. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов. – Мн.: Навука і тэхніка, 1996. – 101 с.
5. Непобедимый С.П., Родионов А.И., Воронцов Д.В. и др. Гиперспектральное дистанционное зондирование Земли// Докл. Российской АН. – 2004. Т.397. – №1. – С. 45-48.
6. Понятовская В.М. Учет особенности размещения видов в естественных растительных сообществах// Полевая геоботаника Т.3. – М.-Л., 1964. – С. 209-299.
7. Panten K., Haneklays S., Schnug E. Spatial accuracy of online yield mapping/ Landbayforschung Volkenrode 4/2002 (52):205-209.

Summary

Tribis V. Calculations of specific productivity of perennial grasses in multi-specific assemblages

The indirect method of evaluation of specific relative productivity of a vegetative cover of perennial grasses is offered. The method is based on calculations of regression relations between yielding capacity and parameters of occurrence of kinds. The following factors essential for an evaluation of productivity are considered: disturbance of a sod, availability of productive kinds, and availability of indicators-kinds having a higher or lower productivity. The example of realization of calculated specific productivity of vegetation kinds in multi-specific assemblages of perennial grasses on the basis of usage of this method is presented.