

PRODUCTIVITY OF PERENNIAL LEGUMES ON WIND EROSION DANGEROUS SOILS OF BELORUSSIAN POLESYE

A.N. Hapanjyk, A.V. Soroka, N.N. Kastsiuhenka

Summary

The data on perennial legume crops productivity on various wind erosion dangerous soils are stated in the article. It is found that the greatest perennial grasses yield was obtained on peat-mineral and sod-gley soils. Forage crops cultivation on sod-podzolic light gley sandy soils leads to sharply decreasing of green mass and dry matter and also raw protein yield.

Поступила 18.04.13

УДК 631.4:528.8

МОНИТОРИНГ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ СПУТНИКА LANDSAT 7

С.Г. Черный, Д.А. Абрамов

Николаевский национальный аграрный университет, г. Николаев, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Для рационального, экономного и эффективного использования почв необходимо владеть точной информацией об их состоянии. Большое значение мониторинга украинских почв как источника объективных оценок для выработки мероприятий, направленных на их охрану, уже много раз было зафиксировано в различных документах. Это и материалы научных конференций, и монографии (например, фундаментальный труд академика В.В. Медведова [3]), и законодательные акты [например, 2], и правительственные и ведомственные постановления. Организация полноценного мониторинга почв в Украине становится особенно актуальной сейчас, в преддверии реализации заключительной фазы земельной реформы – формирования рынка земель сельскохозяйственного назначения.

Следует отметить, что традиционные методы мониторинга почв и (или) их отдельных свойств, основанные на локальных, одноразовых наблюдениях, не дают адекватной оценки современного состояния почвенного покрова. Давно назрел переход к пространственно-временным методам с использованием современных геоинформационных и аэрокосмических технологий. Последние получают сейчас быстрое распространение вследствие своей оперативности, объективизма и относительной дешевизны, а также уникальных возможностей разового охвата достаточно больших территорий.

Важным свойством почвы является содержание в ней органического вещества. Особенный интерес к мониторингу почвенного гумуса состоит не только в широко известной исключительной его роли в плодородии, но и в современных процессах дегумификации. Наземные исследования, приведенные в работах [8], демонстрируют печальный факт интенсивной потери органического вещества из почв Южной Степи Украины, что в современных хозяйственных условиях объясняется вымыванием из структуры посевных площадей многолетних трав, бобовых культур, сокращением норм органических удобрений, интенсификацией водной и ветровой эрозии почв. Анализ литературных источников [1,4,5,6,7] показывает, что наиболее перспективным методом мониторинга содержания гумуса является многоспектральное сканирование поверхности почвы с помощью специальной аппаратуры, расположенной на борту космических аппаратов. Поскольку гумус является темноокрашенным веществом, то его содержание в почве будет пропорциональным яркости солнечного света, отразившегося от поверхности оголенной почвы. Определение изменений такой яркости в определенных частях спектра является эффективным оперативным средством мониторинга содержания гумуса в почве [7].

Чаще всего для мониторинга гумуса используются значения яркости в красном и инфракрасном спектре. В частности, согласно работе А.Б. Ачасова и Д.И. Бидолаха [1], содержание гумуса наиболее тесно связано со значениями яркости в красной части спектра снимка, полученного камерой КФА–1000 спутника «Ресурс Ф1». Коэффициент корреляции здесь равен 0,74. А.В. Шатохин и М.А. Лындин [9], которые объектом исследования выбрали черноземы обыкновенные Донецкой области, при использовании архивных данных спектрального сканирования космического аппарата SPOT установили, что между содержанием гумуса в верхнем слое почвы и яркостью в ближнем инфракрасном спектре существует достаточно тесная зависимость ($r = 0,94$). А.И. Сахацкий [4] приводит результаты исследований по оценке содержания гумуса по данным космической съемки Landsat 7 в пределах тестовых участков на почвах Черниговской и Хмельницкой областей Украины. Статистическая обработка данных показала на линейную корреляционную зависимость между спектральными характеристиками Landsat 7 в красном спектре ($r = 0,95$) и ближнем инфракрасном спектре ($r = 0,85$) со средним содержанием гумуса. Трускавецкий С.Р. [6] проводил исследования на землях Житомирского Полесья с использованием многоспектрального сканирования поверхности почвы спутником SPOT. Установлено, что имеется тесная связь между спектральной яркостью и содержанием гумуса в почве: $r = -0,88$ (зеленый спектр), $r = -0,88$ (красный спектр), $r = -0,90$ (ближний инфракрасный спектр).

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Многоспектральное сканирование (МСС) – это оптико-механический дистанционный метод получения данных о земных поверхностях, в том числе и почвы. В процессе разработки МСС в разных системах используется от 4 до 24 полос спектра, как правило, в интервале 0,3–15,0 мкм. МСС, которое осуществляется многоспектральной камерой ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), что находится на борту американского спутника Landsat 7, работает в семи частях спектра (спектральных каналах): голубой – 0,45–0,52 мкм,

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

зеленый – 0,53–0,61 мкм, красный – 0,63–0,69 мкм, ближний инфракрасный – 0,78–0,90 мкм, средний инфракрасный – 1,55–1,75 мкм и 2,09–2,35 мкм, а также тепловой инфракрасный канал – 10,4–12,5 мкм. Элементарная пространственная единица (пиксель на экране дисплея), с которой МСС ЕТМ+ получает данные по каждому из первых шести каналов, равна на местности квадрату в 30×30 м, или 0,09 га.

Для разработки методики спутникового мониторинга гумусового состояния чернозема южного использовались безоблачные спутниковые снимки весны 2012 г. (три срока съемки – 21.04, 30.04, 05.05) двух спектральных каналов – 3-го (красный) и 4-го (ближний инфракрасный). Снимки загружались с сервера Геологической службы США (USGS) (www.glovis.usgs.gov). Трехкратное последовательное определение яркостей в каждом пикселе не только увеличивает точность их определения, но и помогает избежать полной или частичной потери информации при попадании на объекты исследования возможных дефектов спутниковых изображений (т.н. «черных полос»), связанных с работой линейного сканирующего корректора (ScanLineCorrector, или SLC) камеры ЕТМ+ спутника Landsat 7. Эти пробои или разрывы в изображениях (gaps – в англоязычной литературе [10, 11]) существенно затрудняют использование снимков в автоматическом дешифрировании. Но благодаря тому, что при повторном пролете эти пробои не пересекаются, возможно изготовление композитов из 2–3 снимков одной территории. Количественное определение величины яркости осуществлялось в каждом пикселе с помощью специального программного обеспечения – ENVI 4.8.

Анализ структуры посевных площадей региона показал, что конец марта – начало мая является наиболее благоприятным периодом для дистанционного зондирования поверхности почвы, так как в это время почва максимально не покрыта растительностью. Кроме этого, учитывались и метеорологические особенности этого периода, так как высокая влажность почвы может существенно исказить отражательные характеристики ее поверхности. В частности, чем выше влажность почвы, тем темнее ее поверхность, и яркость почвы в ближнем инфракрасном диапазоне будет увеличена по сравнению с сухим ее состоянием [6]. Анализ архивов метеорологических данных метеостанции Николаев показал, что за апрель – начало мая 2012 г. выпало 20,3 мм осадков в виде небольших дождей, по 2–5 мм каждый. Очевидно, что на фоне исключительно высоких температур этого периода никакого серьезного влияния на влажность, а следовательно, и на отражательные характеристики поверхности почвы в момент съемки многоспектральной камерой ЕТМ+ эти осадки не имели.

В качестве стационарных тестовых участков использовались земли УНПЦ Николаевского национального аграрного университета (УНПЦ ННАУ), расположенные в Николаевском районе Николаевской области, в зоне Южной Степи Украины (рис. 1). Почвенный покров полей УНПЦ представлен черноземами южными средне- и тяжелосуглинистыми на лессах разной степени эродированности. Координаты северо-восточного угла полей УНПЦ, изображенных на фрагменте спутникового снимка, взятого из приложения GoogleEarth (рис. 1) – 46°56'56,5" с.ш., 31°42'56,5" в.д.



Рис. 1. Схема расположения
УНПЦ Николаевского национального аграрного университета

На этих землях в 2011–2012 гг. с учетом эродированности почв, положения мест исследований на склонах (их экспозиций, расстояний до водоразделов и т. п.) была заложена система почвенных разрезов. Проведена пространственная привязка разрезов с помощью GPS–навигатора фирмы Garmin GPSMAP 60Сх с целью точной идентификации мест проведения почвенных исследований на спутниковых многоспектральных снимках. Из почвенных разрезов определена мощность гумусового горизонта (А + АВ) и послойно отобраны образцы почвы, в которых затем в пятикратной повторности определялось содержание гумуса по методу Тюрина (национальный стандарт ДСТУ 4289–2004).

Статистический анализ данных проводился с помощью программного пакета Excel, входящего в состав стандартного набора Microsoft Office.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенные анализы отобранных образцов показали, что на землях УНПЦ ННАУ диапазон изменения гумуса в слое 0–10 см составляет 3,54 % – 6,71 % при среднем значении 4,71%, а в гумусовом горизонте – 2,50–4,50 % при среднем – 3,02 %. Мощность гумусового горизонта колебалась в диапазоне 40–110 см при среднем значении 61 см. Главной причиной таких больших колебаний содержания гумуса и мощности гумусового горизонта на землях УНПЦ ННАУ является интенсивная водная эрозия. На рис. 2, где представлены некоторые поля УНПЦ ННАУ и который является фрагментом панхромного снимка, взятого из приложения GoogleEarth, хорошо видна водно-эрозионная ручейковая сеть со смытыми и намывными почвами.

Так как для поиска статистических связей между яркостями почвенных поверхностей и количественными характеристиками свойств почв следует использовать оголенную (или близкую к этому состоянию) поверхность почвы, то необходимо определить степень открытости ее поверхности. Наличие (или

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

отсутствие) растительных остатков, сельскохозяйственной растительности и сорняков на поверхности почв определялось с помощью расчета так называемого вегетационного индекса *NDVI*. Он идентифицируется по значениям яркостей красного спектрального канала и ближнего инфракрасного:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED), \quad (1)$$

где *NIR* – значение яркости ближнего инфракрасного канала, *RED* – значение яркости красного канала. Согласно [4], если значение вегетационного индекса меньше 0,15, то считается, что поверхность почвы не имеет развитого растительного покрова и значение яркостей характеризует лишь оптическое состояние поверхности почвы. Согласно этому критерию, из массива данных было отобрано 24 точки со значением $NDVI < 0,15$.



Рис. 2. Ручейковая сеть, эродированные и намытые почвы на землях УНПЦ ННАУ

Поскольку приведенный выше анализ литературных данных показывает, что чаще всего существует зависимость между содержанием гумуса и спектральными яркостями красного и (или) ближнего инфракрасного диапазона, то статистический анализ включал все возможные связи и комбинации этих двух спектральных характеристик поверхности. Такой анализ показал, что наибольший коэффициент детерминации ($r^2 = 0,43$) существует при квадратичной регрессионной зависимости между содержанием гумуса в слое 0–10 см и отношением RED/NIR (рис. 3):

$$\Gamma_{0-10} = -2,94 \cdot (RED / NIR)^2 + 5,73 \cdot (RED / NIR) + 2,51), \quad (2)$$

где Γ_{0-10} – содержание гумуса в слое 0–10 см, *NIR* – значение яркости ближнего инфракрасного канала, *RED* – значение яркости красного канала. Показатели *RED* и *NIR* рассчитывались как среднее арифметическое соотношений

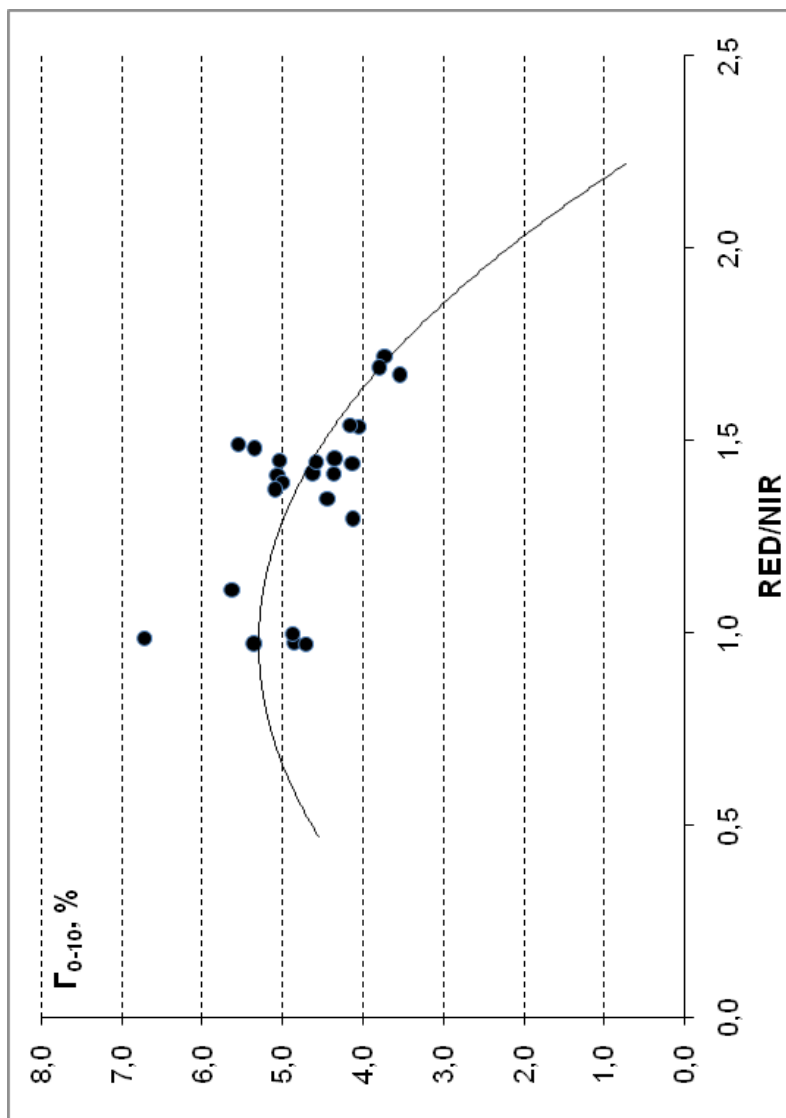


Рис. 3. Зависимость между содержанием гумуса в слое 0–10 см (Γ_{0-10}) и показателем RED/NIR

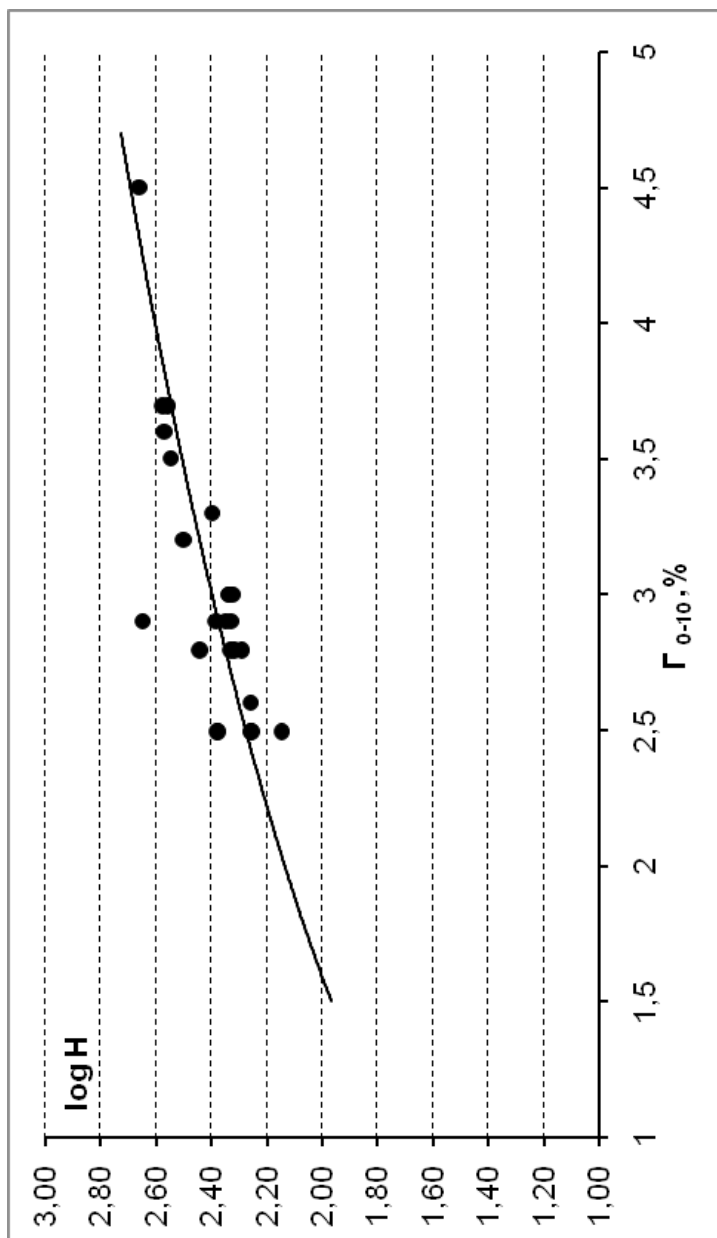


Рис. 4. Зависимость между содержанием гумуса в слое 0–10 см (Γ_{0-10}) и запасами в почве (H)

трех сроков съемки (21.04.12, 30.04.12, 05.05.12), а в случае наличия описанных выше разрывов в изображениях (gaps) они определялись по двум или одному сроку съемки.

Между содержанием гумуса в слое 0–10 см (G_{0-10}) и десятичным логарифмом запасов гумуса в почве ($\log H$) существует зависимость, которая аппроксимируется показательной функцией с коэффициентом детерминации 0,62:

$$\log H = 1,75 \cdot G_{0-10}^{0,29} \quad (3)$$

Таким образом, подставляя (2) в (3), можно достаточно легко определить запасы гумуса в южных черноземах средне- и тяжелосуглинистых через величины яркостей в красной и инфракрасной частях спектра, определенных по результатам многоспектрального сканирования, произведенного спутником Landsat 7:

$$\log H = 1,75 \cdot [-2,94 \cdot (\text{RED/NIR})^2 + 5,73 \cdot (\text{RED/NIR}) + 2,51]^{0,29} \quad (4)$$

Уравнение (4) пригодно для использования в мониторинге гумусового состояния почв в Южной Степи Украины.

ВЫВОДЫ

Исследования показали, что существуют достаточно надежные связи между яркостями поверхности почвы в красной и инфракрасной частях спектра космических снимков Landsat 7 и содержанием и запасами гумуса в черноземах южных. Полученные зависимости можно использовать для мониторинга гумусового состояния почв Южной Степи Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ачасов, А.Б. Использование материалов космической и наземной цифровой фотосъемки для определения содержания гумуса в почвах / А.Б. Ачасов, Д.И. Бидолах // Почвоведение. – 2008. – № 3. – С. 280–286.
2. Земельный кодекс України [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2768-1>.
3. Медведев, В.В. Мониторинг почв Украины: концепция, предварительные результаты, задачи / В.В. Медведев. – Харьков: Антиква, 2002. – 428 с.
4. Сахацкий, О.І. Досвід використання супутникових даних для оцінки стану ґрунтів з метою розв'язання природо-ресурсних задач / О.І. Сахацкий // Доповіді Національної академії наук України. – 2008. – № 3. – С. 109–115.
5. Терехов, А.Г. Методика оценки содержания гумуса в пахотных землях Северного Казахстана на основе спутниковых данных / А.Г. Терехов, А.М. Кауазов // Ин-т космических исследований ЦАФИ МОН. – Алматы, 2006. – С. 358–364.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

6. Трускавецький, С.Р. Використання багатоспектрального космічного сканування та геоінформаційних систем у дослідженні ґрунтового криву Полісся України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.18 / С.Р. Трускавецький. – Х., 2006. – 24 с.
7. Чорний, С.Г. До питання визначення вмісту гумусу в ґрунтах дистанційними методами / С.Г. Чорний, І.М. Гашпоренко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2009. – № 2(49). – С. 163–167.
8. Чорний, С.Г. Моніторинг вмісту гумусу в ґрунтах Миколаївської області: просторово-часові аспекти / С.Г. Чорний, В.М. Любарцев, Т.М. Чорна // Збірка наукових праць Подільського Державного агро-технологічного університету. – Вип. 15. – С. 34–37.
9. Шатохин, А.В. Сопряженное изучение черноземов Донбасса наземными и дистанционными методами / А.В. Шатохин, М.А. Лындин // Почвоведение. – 2001. – № 9. – С. 1037–1044.
10. Beck, R. Scan Line Corrector-off Products Available / R. Beck // Landsat Project News. October/November 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://landsat.usgs.gov/project_news/October_November_2003.php
11. Williams, D.L. Landsat: Yesterday, Today and Tomorrow / D.L. Williams, S. Goward, T. Arvidson // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 2006. – Vol. 72. – № 10. – P. 1171–1178.

HUMUS CONDITION MONITORING OF CHERNOZEM SOUTHERN WITH USING MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGE LANDSAT 7

S.G. Chorny, D.A. Abramov

Summary

The possibility of using spectral images of Landsat 7 for monitoring of humus condition Southern Steppe Ukraine soils was examined. The regression equations of relation between the humus content in topsoil layer, humus reserve and spectral brightness of satellite images was calculated.

Поступила 02.04.13