

and Oils of Mosquito (Diptera: Culicidae) Repellent Plants from Sweden and Guinea-Bissau / T. G. T. Jaenson, K. Palsson, A.-K. Borg-Karlson // Journal of Medical Entomology. – 2006. – Vol. 43. – No. 1. – P. 113–119.

11. Aromatic Plants and Essential Constituents / Zhu Liangfend [et al.] // South China Institute of Botany, Chinese Academy of Science, Hai Feng Publishing Co. – Hong Kong. – 1993. – P. 80.

12. Tattje, D. H. E. Composition of essential oil of *Ledum palustre* // D. H. E. Tattje, R. Bos // Journal of Medicinal Plant Research. – 1981. – Vol. 41. – P. 303–307.

13. Dembitskya, V. Ascaridole and related peroxides from the genus *Chenopodium* /

V. Dembitskya, I. Shkrob, L. O. Hanus // Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub. – 2008. – Vol. 152. – No. 2. – P. 209–215.

14. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. Vol. 24, Pg. 359, 1925.

Адрес для корреспонденции:

210023, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
УО «Витебский государственный
ордена Дружбы народов
медицинский университет»,
кафедра фармакогнозии с курсом ФПК и ПК,
тел. раб.: 8(0212) 64-81-78,
е mail: buzukg@mail.ru
Бузук Г. Н.

Поступила 07.10.2016 г.

Е. В. Руденко, Г. Н. Бузук, Н. А. Кузьмичева

**НЕЛИНЕЙНЫЙ ХАРАКТЕР ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ФИТОМАССОЙ
И ПРОЕКТИВНЫМ ПОКРЫТИЕМ ЛАНДЫША МАЙСКОГО
В РАЗЛИЧНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ**

Витебский государственный орден Дружбы народов медицинский университет

Изучена связь фитомассы и проективного покрытия листьев ландыша в шести различных фитоценозах. Во всех случаях она имеет нелинейный характер и хорошо аппроксимируется функцией Weibull. Степень приближения фактических данных к вычисленным с помощью данной функции зависит от пространственной ориентации листьев и максимальна для горизонтально расположенных листьев. Угол наклона листьев удобнее всего определять с помощью обработки цифровых фотографий в программе ImageJ.

Ключевые слова: ландыш майский, проективное покрытие, урожайность, функция Weibull, угол наклона листа, программа ImageJ.

ВВЕДЕНИЕ

Проведенные нами ранее исследования связей фитомассы (урожайности) и проективного покрытия (ПП) лекарственных растений в целом ряде случаев выявили их нелинейный характер [1–2]. Лучшими функциями, аппроксимирующими нелинейные зависимости фитомассы и проективного покрытия, были функции Chapman-Richards и Weibull [2].

Для дальнейшей оценки возможности использования этих и подобных им функций для описания зависимостей между фитомассой и ПП других лекарственных растений необходимо было расширить круг объектов исследования. Кроме того, оставался неясным диапазон изменчиво-

сти нелинейных зависимостей для одного вида, но произрастающего в различных условиях.

Целью настоящего исследования является дальнейшее изучение характера зависимостей между урожайностью и проективным покрытием на примере ландыша майского, произрастающего в различных экологических условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в природных популяциях ландыша майского в различных местообитаниях в окрестностях г. Витебска. Всего изучено 6 фитоценозов:

1. Березняк ландышевый вейниково-ортилиевый (А).

2. Сосняк злаково-ландышевый (B).
3. Сосняк ландышевый папоротниково-горичниковый (C).
4. Сосняк с примесью дуба разнотравный (D).
5. Ельник ландышево-кисличный (E).
6. Сосняк ландышево-кисличный (F).

В каждом фитоценозе проективное покрытие ландыша майского составляло до 80–90%. Условия произрастания значительно различались, что отражалось как в списке видов напочвенного покрова, так и во внешних признаках ландыша. В частности, ориентация листьев в пространстве была различной: от почти горизонтальной до косовертикальной. Для объективизации этих наблюдений были сделаны фотографии растений ландыша сбоку таким образом, чтобы листья были по возможности повернуты ребром к наблюдателю (рисунок 1, см. 2 стр. обложки журнала). В литературе описана методика измерения углов между вертикальной осью и перпендикуляром к центральной жилке листа в двух точках: в основании листа (угол β_1 на рисунке 1) и в его середине (угол α на рисунке 1) с использованием функции измерения углов программы Imagej (Menu → Angle Tool → Measure) [3]. На практике более удобным оказалось измерение углов между горизонтальной осью и центральной жилкой листа (угол β_2 на рисунке 1). Очевидно, что углы β_1 и β_2 равны между собой.

В пределах пятен исследуемого вида на каждой пробной площади делали фото растительного покрова с высоты 0,7–0,8 м с помощью цифрового фотоаппарата (размер изображения 2800 x 2000 пикселей, около 2,8 Мб). Одновременно в том же месте с учетной площадки размером 48 x 35 см строго по контуру рамки (для минимизации краевого эффекта) срезали все сырьевые части растения (листья) и взвешивали с точностью до 0,01 г. Площадки располагали систематически вдоль линии, проходящей от одного края пятна растений до другого через область максимальной плотности особей. Всего было изучено по 20 учетных площадок в каждом фитоценозе.

В условиях лаборатории на цифровое изображение растительного покрова подпрограммой Grid программы (<http://rsbweb.nih.gov/ij>) накладывали сетку из точек в пределах рамки, ограничивающей площадку для срезки. После вызова подпрограммы Grid в появившемся меню

устанавливали Grid Type (crosses), Color (blue или black) и Area per Point. Значение последнего рассчитывали по формуле (1):

$$(L \cdot S) / N, \quad (1)$$

где L и S – длина и ширина изображения соответственно, в пикселях; N – общее число меток на матрице изображения, 200.

Тип сетки (Grid Type) и цвет (Color) выбирали удобными для локализации метки на цветном фоне изображения.

Затем с помощью подпрограммы Cell Counter программы Imagej подсчитывали число меток, локализованных на поверхности исследуемого растения.

Проективное покрытие рассчитывали по формуле (2):

$$\text{ПП} = (n / N) \cdot 100, \quad (2)$$

где ПП – проективное покрытие, в %; n – число меток на поверхности исследуемого растения; N – общее число меток на матрице изображения.

Для аппроксимации зависимостей между проективным покрытием и урожайностью использовали функцию Weibull [2]:

$$y = a \cdot (1 - e^{-b \cdot x^c}), \quad (3)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные представлены графически на рисунках 2–4. Как видно из представленных результатов, во всех без исключения местообитаниях ландыша майского наблюдается нелинейный характер зависимости между фитомассой и проективным покрытием.

Наблюдается некоторое различие в значениях асимптот (a) – максимального проективного покрытия в конкретном местообитании. Оно изменяется в пределах от 83,5 до 104,7% (таблица 1). Коэффициент корреляции R^2 между фактическими данными и аппроксимирующей функцией достаточно высок, в среднем он составляет 0,90 и в 4 фитоценозах из 6 равен 0,97–0,99.

При объединении всех данных из 6 фитоценозов в один массив получен график, представленный на рисунке 5.

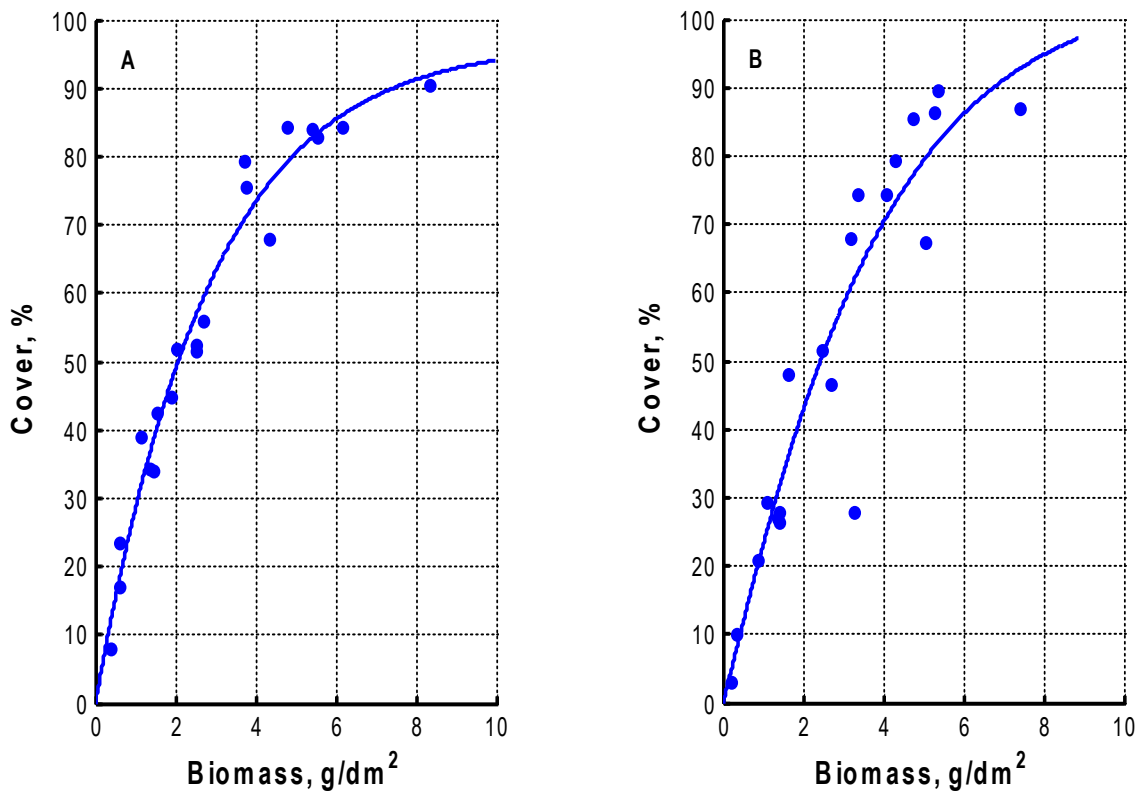


Рисунок 2 – Зависимость между фитомассой и проективным покрытием ландыша майского, произрастающего в березняке ландышевом вейниково-ортилиевом (А) и сосняке злаково-ландышевом (В)

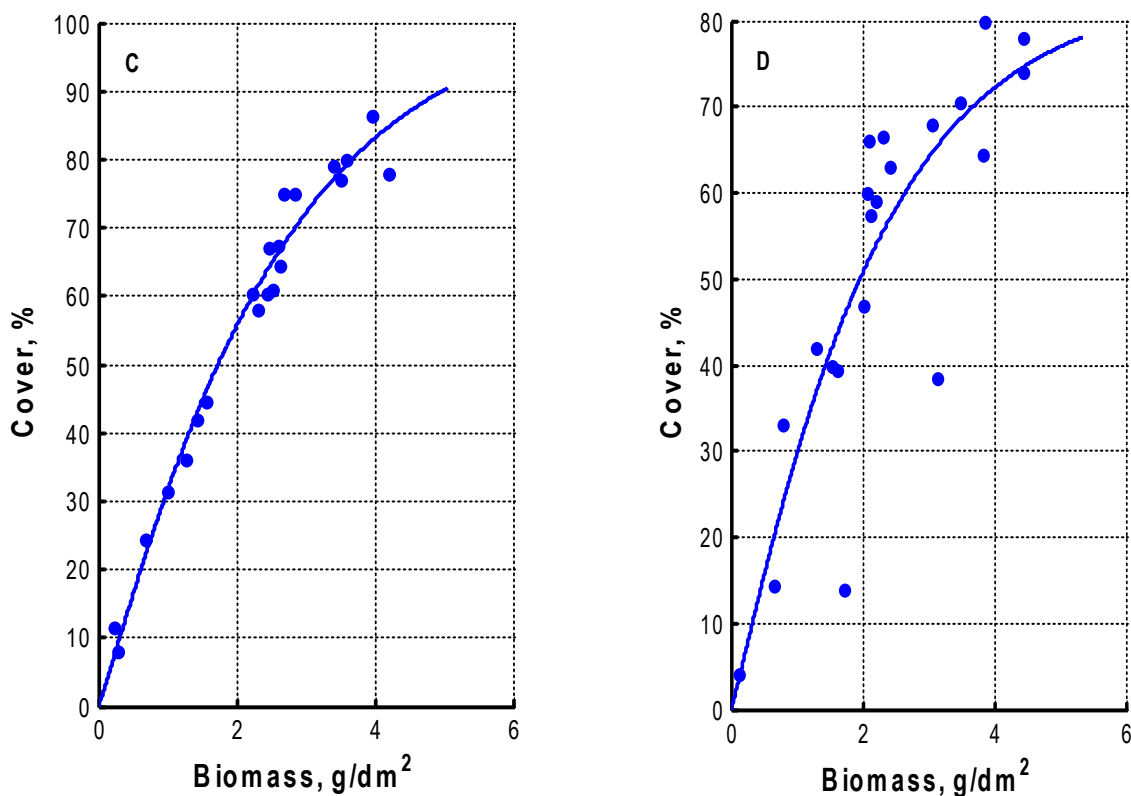


Рисунок 3 – Зависимость между фитомассой и проективным покрытием ландыша майского, произрастающего в сосняке ландышевом папоротниково-горичниковом (С) и сосняке с примесью дуба разнотравном (D)

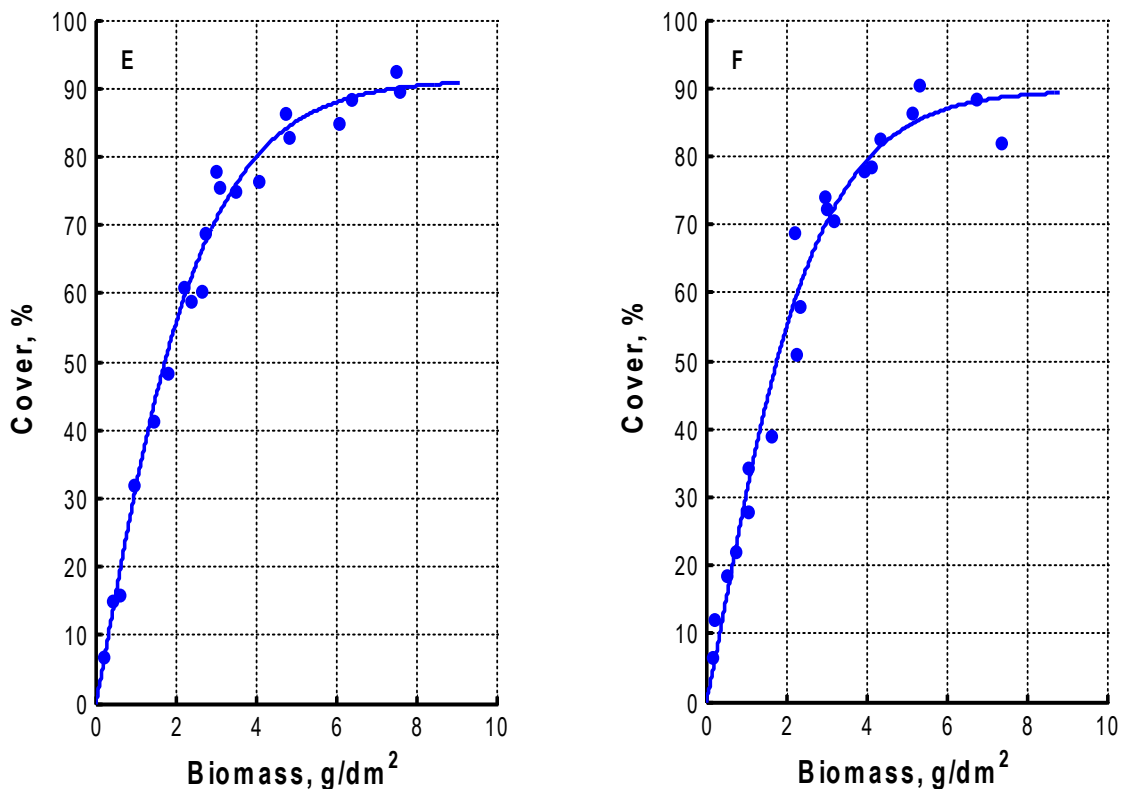


Рисунок 4 – Зависимость между фитомассой и проективным покрытием ландыша майского, произрастающего в ельнике ландышево-кисличном (E) и в сосняке ландышево-кисличном (F)

Таблица 1 – Значения коэффициентов функции Weibull для различных местообитаний ландыша

Местообитание	Коэффициенты функции			R ²
	a	b	c	
Березняк ландышевый вейниково-ортилиевый (A)	96,68	0,35	1,02	0,97
Сосняк злаково-ландышевый (B)	104,68	0,25	1,08	0,87
Сосняк ландышевый папоротниково-горичниковый (C)	101,95	0,37	1,09	0,98
Сосняк с примесью дуба разнотравный (D)	83,50	0,44	1,09	0,73
Ельник ландышево-кисличный (E)	91,22	0,42	1,16	0,99
Сосняк ландышево-кисличный (F)	89,63	0,41	1,19	0,97
Сумма A – F	91,67	0,38	1,12	0,90

Для выяснения связи между пространственной ориентацией листьев ландыша и степенью приближения фактических данных зависимости фитомассы от проективного покрытия к теоретическим (функция Weibull) были определены углы отклонения листовой пластинки ландыша от горизонтали (таблица 2).

Угол наклона листа не является постоянным для конкретного вида растений и в значительной степени зависит от фазы вегетации, экологических условий места произрастания, погоды и даже времени суток. На

примере кукурузы показано, что фаза вегетации влияет на угол наклона листьев сильнее, чем экологические условия [3]. Физиологическое значение расположения листьев в пространстве очень велико. Более вертикально расположенные листья имеют меньшую температуру по сравнению с горизонтально расположенными и испаряют меньше воды [4]. В горизонтально расположенных листьях содержится больше хлорофилла, более интенсивно идет фотосинтез [5], они получают больше солнечного света и обладают большей отражающей способностью [3].

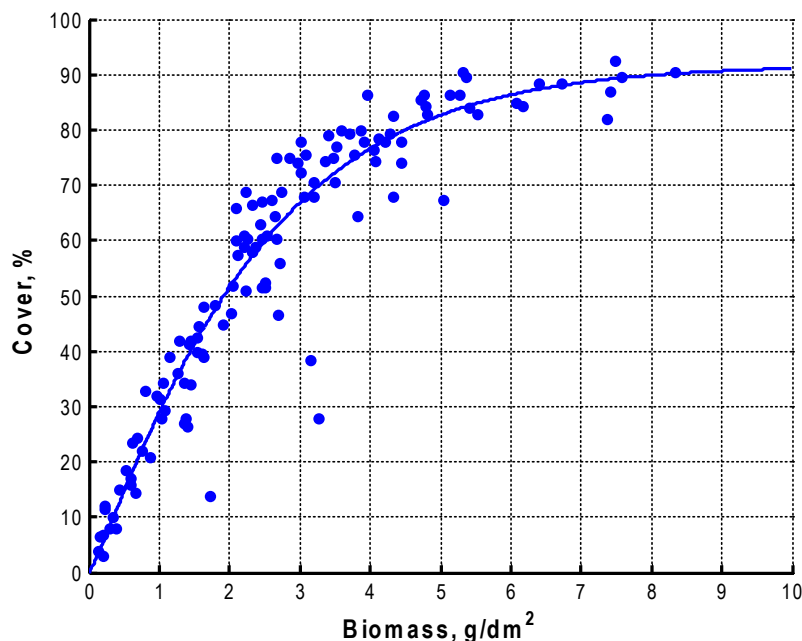


Рисунок 5 – Обобщенная зависимость между фитомассой и проективным покрытием ландыша майского, произрастающего в местообитаниях (А – F)

Таблица 2 – Углы отклонения основания и середины листовой пластинки ландыша от горизонтали в различных местообитаниях

Местообитание	Угол отклонения от горизонтали, град	
	основания листа	середины листа
Березняк ландышевый вейниково-оргилиевый (А)	59,8±3,2	34,4±3,1
Сосняк злаково-ландышевый (В)	61,1±2,9	40,9±3,7
Сосняк ландышевый папоротниково-горичниковый (С)	55,0±1,6	35,2±2,1
Сосняк с примесью дуба разнотравный (D)	66,5±2,9	55,7±3,6
Ельник ландышево-кисличный (Е)	48,5±3,4	21,9±2,3
Сосняк ландышево-кисличный (F)	58,4±2,5	28,9±3,0

Наибольший угол отклонения листьев ландыша наблюдался в сосняке с примесью дуба разнотравном (местообитание D), наименьший – в ельнике ландышево-кисличном (местообитание E). В этих же фитоценозах отмечены и крайние значения коэффициента корреляции между фактическими и теоретическими данными (таблица 1). Поэтому был рассчитан коэффициент корреляции между углами отклонения листовых пластинок ландыша и вышеуказанным коэффициентом. Он оказался отрицательным и равным – 0,81 для основания листа и – 0,93 для середины листа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, функция Weibull в наибольшей степени адекватно отобра-

жает характер связи между фитомассой и проективным покрытием листьев ландыша в фитоценозах с максимально горизонтальным расположением листьев. Связь между фитомассой и проективным покрытием ослабевает по мере перехода от горизонтального к почти вертикальному расположению листьев (коэффициент детерминации R^2 снижается от 0,99 до 0,73).

Для предварительной оценки расположения листьев в пространстве наиболее удобно измерять угол между центральной жилкой середины листовой пластинки и горизонтальной осью с помощью программы ImageJ на цифровых фотографиях, где растение должно быть расположено в вертикальной плоскости, а хотя бы один лист ребром к наблюдателю.

SUMMARY

E. V. Rudenko, G. N. Buzuk,
N. A. Kuzmichova
NON-LINEAR FORMAT
OF DEPENDENCY BETWEEN
PHYTOMASS AND PROJECTIVE
COVER OF *CONVALLARIA MAJALIS*
IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL
CONDITIONS

Format of dependency between phytomass and projective cover of lily of the valley leaf in six different phytocoenoses was investigated. It has non-linear character in all cases and approximated successfully by Weibull function. Degree of approximation of experimental data to calculated ones depends on leaves orientation and it is maximal for horizontal leaves. Digital photographic method using Imagej program is the most convenient for measurement of the leaf inclination angle.

Keywords: *Convallaria majalis*, projective covering, productivity, Weibull function, leaf inclination angle, Imagej program.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузук, Г. Н. Характер связей между проективным покрытием и урожайностью побегов брусники в сосняке зеленомошном / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2013. – № 4. – С. 44–49.

2. Бузук, Г. Н. Применение функций

роста и асимптотических функций при определении проективного покрытия и урожайности лекарственных растений / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2014. – № 1. – С. 59–67.

3. Fang, F. The retrieval of leaf inclination angle and leaf area index in maize [Электронный ресурс] / F. Fang. – 2015. – Режим доступа www.itc.nl/library/papers-2015/msc/gem/fang.pdf. – Дата доступа: 08.06.2016.

4. Smith, M. Effect of Leaf Angle and Orientation on Photosynthesis and Water Relations in *Silphium terebinthinaceum* / M. Smith, D. Ullberg // American Journal of Botany. – Vol. 76, No. 12 (Dec., 1989). – P. 1714–1719.

5. Петрова, Л. Н. Ориентация листьев, структурная организация фотосинтетического аппарата, продуктивность и качество зерна озимой пшеницы / Л. Н. Петрова // Научный журнал КубГАУ. – № 24 (8). – 2006. – С. 1–9.

Адрес для корреспонденции:

210023, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
УО «Витебский государственный
ордена Дружбы народов
медицинский университет»,
кафедра фармакогнозии с курсом ФПК и ПК,
тел. раб.: 8(0212) 64-81-78,
e mail: buzukg@mail.ru,
Бузук Г. Н.

Поступила 07.10.2016 г.

Г. Н. Бузук

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТООБЪЕМА КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО
ПОКРОВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНИЙ ТОЧЕК: ВАРИОГРАММНЫЙ
АНАЛИЗ И КРИГИНГ**

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет

Предложена методика определения продуктивности растений, в том числе лекарственных, основанная на определении фитообъема, с применением метода линий точек с одновременной оценкой высоты (длины) побегов растений. Построена поверхность отклика на основе оценки высоты растений в ограниченном числе точек методом геостатической интерполяции, проведен вариограммный анализ. Показана сильная пространственная зависимость высоты растений от их расположения в пределах пробной площади (ПП). При определении продуктивности растений определение фитообъема более предпочтительно по сравнению с определением проективного покрытия.

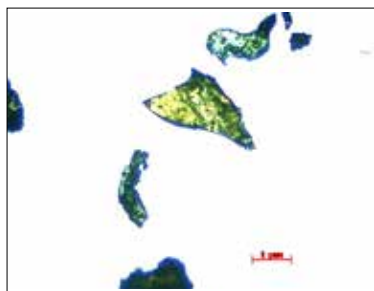
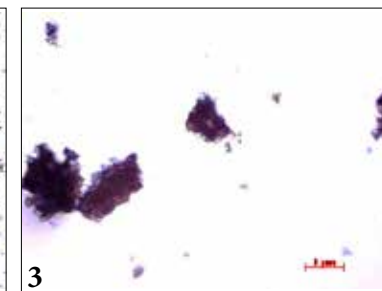
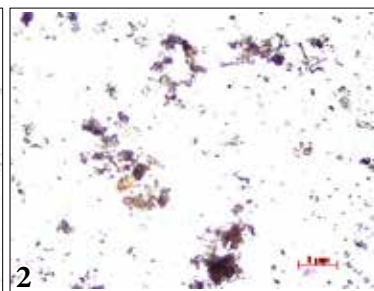
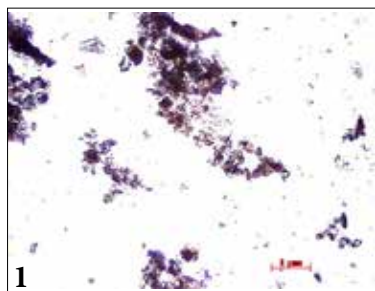
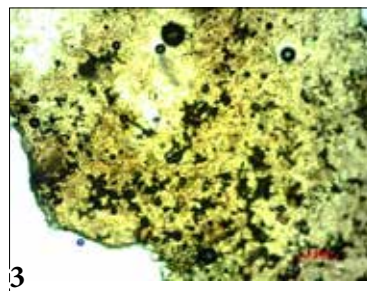
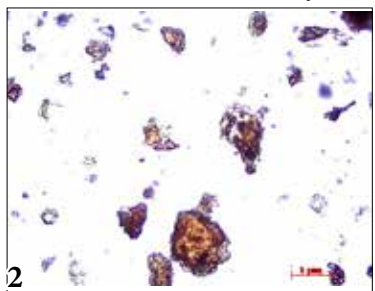
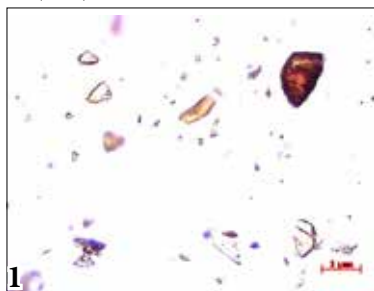


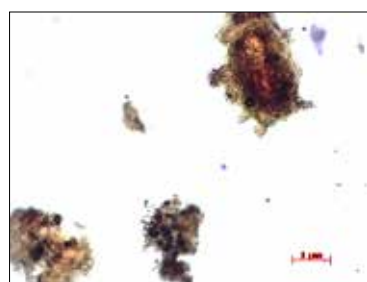
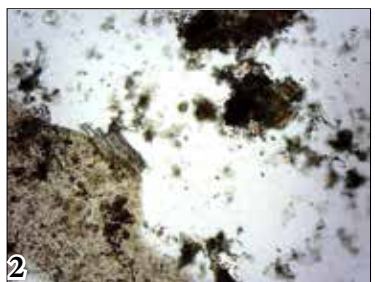
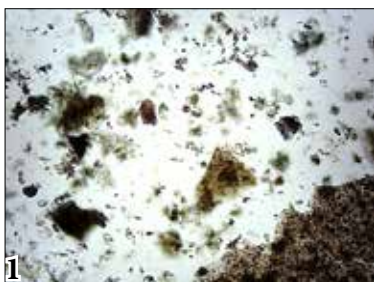
Рисунок 1 – Частицы сухого экстракта володушки золотистой (40х)



1 – pH 7,0; 25°C; 2 – pH 7,0; 60°C; 3 – pH 5,8; 25°C
Рисунок 2 – Влияние pH и температуры воды очищенной на размер частиц сухого экстракта володушки золотистой



1 – в глицерине; 2 – в пропиленгликоле; 3 – в спирте этиловом 40% при температуре 25°C
Рисунок 3 – Суспензии сухого экстракта володушки золотистой в различных растворителях



1 – в системе вода очищенная: глицерин: ПГ 1:1:1; 2 – в системе вода очищенная: глицерин: ПГ 2:1:1 при температуре 25°C

Рисунок 4 – Растворимость сухого экстракта володушки золотистой

Рисунок 5 – Растворимость сухого экстракта в сиропе «Лоратадин»

Рисунки к статье Е. В. Руденко, Г. Н. Бузук, Н. А. Кузьмичева «Нелинейный характер зависимости между фитомассой и проективным покрытием ландыша майского в различных местообитаниях» (С. 25-30)



Рисунок 1 – Схема измерения углов отклонения листовых пластинок ландыша

Рисунки к статье Г. Н. Бузук «Определение фитообъема компонентов растительного покрова с использованием линий точек: вариограммный анализ и кригинг» (С. 30-38)

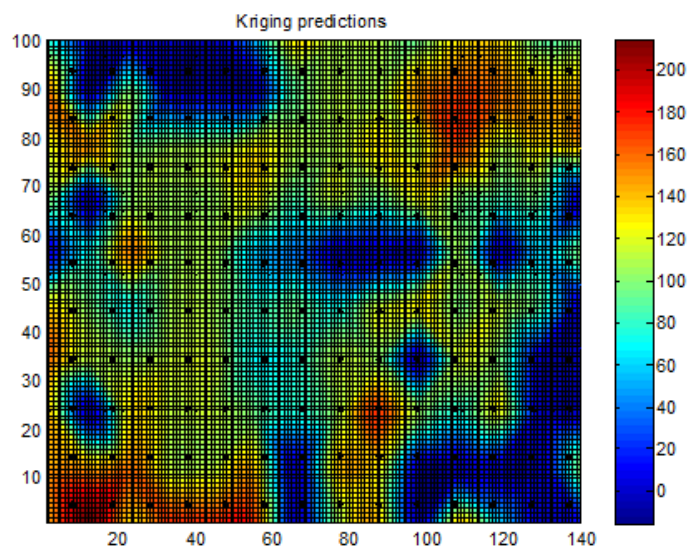


Рисунок 3 – Картограмма ПП высот побегов брусники (мм) после кригинга с моделью gaussian и нанесенной сетью точек