

Зависимость усредненной по высоте толщины проводящих пучков растения от его высоты

Петрова Екатерина Сергеевна, 11 класс

ГБОУ «Гимназия №1506»

Руководитель: Лисицын Федор Викторович

1. Введение

Актуальность исследования:

Результаты работы позволяют достаточно точно вычислить закономерность значения средней толщины проводящих пучков растения в зависимости от его высоты. С помощью данной методики можно изучать и сравнивать аналогичные показатели у других групп растений.

Объект исследования:

Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*). Это растение было выбрано ввиду своей распространенности и хорошо развитой проводящей системы. Приведу немного энциклопедической информации:

Тысячелистник обыкновенный — многолетнее травянистое растение; вид рода Тысячелистник семейства Астровые отряда Двудольные.



Широко распространённый в Европе и Азии вид, занесён также и на другие континенты. В России встречается практически во всех регионах. Обычное растение во всех областях европейской части России, а также во многих районах Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока, Кавказа и Средней Азии.

Применяется как лекарственное, пряное, декоративное и медоносное растение.

Предмет исследования:

Проводящие пучки растений Тысячелистника обыкновенного.

Цель исследования:

Выявить закономерности изменения толщины стебля и толщины проводящих пучков относительно высоты растения.

Гипотеза исследования:

Толщина стебля и его проводящих пучков будет уменьшаться по мере продвижения к верхушке растения; при этом будет проявляться определенная зависимость, которую можно высчитать. С помощью полученных данных будет возможно оценивать развитость проводящей системы растения, лишь зная его высоту. Подобные закономерности должны встречаться и у других групп растений, хотя, скорее всего, зависимость будет выражаться в других цифрах, что связано со многими факторами: эволюционной степенью развитости проводящей системы (например, у хвощей она устроена значительно проще, чем у двудольных), количества запасных веществ, содержащихся в стебле (к примеру, у сахарного тростника их в стебле откладывается очень много, что заметно влияет на его толщину) и т.д. Но, тем не менее, для каждого вида можно высчитать нужное значение с совсем небольшой погрешностью, которая появляется лишь за счет индивидуальных особенностей растения, которые, как правило, не связаны с общим строением проводящей системы, одинаковой для всех растений данного вида.

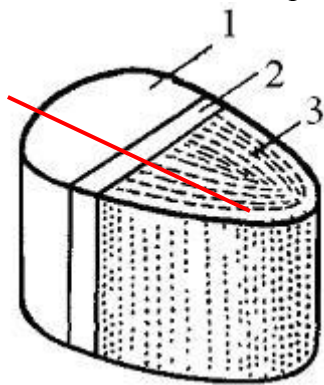
2. Теоретическая часть работы

Есть ли одинаковое для всех растений одного вида соотношение ширины их проводящих пучков, то есть их развитости, от высоты растения?

То есть, то значение, которое можно высчитать теоретически и проверить практически? Так, чтобы зная, например, высоту растения, предугадать толщину его проводящих пучков?

Занявшись этим вопросом, я начала с практической части, а затем подтвердила полученные данные теоретическими расчетами. Поэтому в этой главе я буду использовать данные (например, коэффициент C), получение которых обосную в следующей части.

Сначала рассмотрим строение проводящей системы растения. Проводящими тканями растения являются ксилема (древесина) и флоэма (луб). По ксилеме в восходящем направлении передвигается вода с растворенными в ней минеральными веществами, поглощаемыми корнем из почвы, и органическими, вырабатываемыми самим корнем, а по флоэме в нисходящем направлении – от листа к корню – движутся продукты ассимиляции, главным образом, углеводы.¹ Флоэма и ксилема объединены в пучки, в случае тысячелистника – в коллатеральный открытый.



1 – флоэма, 2 – камбий, 3 – ксилема

В своей работе я измеряла толщину проводящего пучка, ее я выделила красной линией. Более подробно процесс отображен в следующей части работы.

После всех подсчетов, я подтвердила свою гипотезу, что между высотой растения и развитостью его проводящей системы есть определенная зависимость, которую можно выразить формулой

$$d = 1/C * h,$$

где d – ширина самого крупного проводящего пучка, h – высота растения и C – коэффициент, полученный мной в ходе расчетов, равный 646. Сразу следует оговориться, что для других видов константу C лучше нужно высчитывать отдельно.

Так как C – константа, можно утверждать, что

$$d \sim h$$

Сразу отмечу, что так как далее я буду работать с пропорциями, коэффициент, нужный для равенств, я указывать не буду.

Теперь нужно подтвердить главную пропорцию теоретическими расчетами.

Итак, сначала следует сделать несколько допущений:

1. Количество питательных веществ (воды, минеральных солей, органических веществ) должно быть пропорционально массе растения, а масса растения, в свою очередь, пропорциональна объему стебля, т.е.

$$N_{\text{пит. вещ.}} \sim m_{\text{растения}}$$

Это следует из того, что на каждую условную единицу своей массы растение должно потреблять определенное количество питательных веществ.

$$m_{\text{растения}} = m_{\text{стебля}} + m_{\text{корней}} + m_{\text{листьев}} + m_{\text{соцветия}}$$

Примем еще одно допущение:

$$m_{\text{стебля}} \sim m_{\text{корней}} \sim m_{\text{листьев}} \sim m_{\text{соцветия}}$$

несмотря на то, что у разных тканей разный уровень обмена, эти части растения развиваются пропорционально друг другу.

Отсюда следует, что

$$m_{\text{растения}} \sim m_{\text{стебля}}$$

$$m_{\text{стебля}} \sim V_{\text{стебля}}$$

Отсюда:

$$N_{\text{пит. вещ.}} \sim m_{\text{растения}} \sim V_{\text{стебля}} \quad (1)$$

Таким образом, количество потребляемых растением ресурсов прямо пропорционально объему его стебля.

2. Количество питательных веществ, поступающих в растение, прямо пропорционально сумме площадей сечений всех его проводящих пучков, но так как их площади сечения всех пучков приблизительно одинаковы, то их общая площадь сечения будет пропорциональна площади сечения одного. То есть:

$$N_{\text{пит. вещ.}} \sim S_{\text{пров. пучка}} \sim d^2 \quad (2)$$

3. $V_{\text{стебля}} \sim D^2 * h, \quad (3)$

где D – диаметр стебля (усредненный по высоте растения диаметр стебля), h – высота растения. Это утверждение верно, как для цилиндрических стеблей, так и для стеблей в форме призмы, усеченного конуса и усеченной пирамиды .

Теперь рассмотрим, от чего в общем зависят показатели высоты и объема стебля. В процессе эволюционного развития различные характеристики растения, стебель в частности, приобрели максимальную эффективность, позволяющую растению получать необходимое с минимальными для него потерями. Это и уменьшающее затраты энергии строение проводящей системы, и эпидерма, предохраняющая растение от высыхания, болезнетворных микроорганизмов и поедания животными, и пробка, обладающая водо- и газонепроницаемостью, и корка, выполняющая приблизительно те же защитные функции. Стебель должен иметь толщину, достаточную для того, чтобы вместить все нужные растению ткани: проводящую, запасную, механическую и фотосинтетическую, в меньшей степени покровную. К тому же, он должен обладать достаточной прочностью, чтобы противостоять внешним неблагоприятным факторам. В нашем случае не будем подробно рассматривать факторы, связанные с утолщением покровных тканей, препятствующих потере влаги, проникновению патогенов и т.п., так как они не сильно влияют на толщину стебля (тем более что я рассматриваю травянистое растение, у которого нет вторичных покровных тканей). Лучше обратить внимание на такие неблагоприятные условия окружающей среды, как ветер, сильный дождь, способный «прибить» траву к земле и т.п. То есть стебель должен обладать определенной механической прочностью.

В связи с этим рассмотрим так называемую разрушающую силу, $F_{\text{разр.}}$, формулу которой вывел Леонардо да Винчи:

$$F_{\text{разр.}} \sim D^2/h,$$

где D^2 – диаметр балки (в нашем случае – ширина стебля), h – высота балки (стебля). Отсюда:

$$D^2 \sim F_{\text{разр.}} * h$$

$F_{\text{разр.}}$ зависит от не высоты растения, а от силы ветра или дождя, поэтому мы примем ее за константу, отсюда

$$D^2 \sim h \text{ (4).}$$

Теперь, так как мы знаем, что

$$V_{\text{стебля}} \sim D^2 * h \text{ (см. формулу №3),}$$

то заменим D^2 на h (см. формулу №4). Получим

$$V_{\text{стебля}} \sim h * h,$$

т.е.

$$V_{\text{стебля}} \sim h^2 \text{ (5)}$$

А нам известно, что $N_{\text{пит. вещ.}} \sim V_{\text{стебля}}$ (см. формулу №1), и также $N_{\text{пит. вещ.}} \sim d^2$ (см. формулу №2).

Таким образом,

$$V_{\text{стебля}} \sim d^2,$$

В то же время

$$V_{\text{стебля}} \sim h^2 \text{ (см. формулу №5)}$$

Следовательно,

$$h^2 \sim d^2$$

$$h \sim d.$$

Таким образом, мы получили теоретическое обоснование экспериментально выявленной закономерности: усредненная по высоте толщина проводящих пучков растения пропорциональна его высоте, точное значение будет зависеть от константы, для тысячелистника равная 646. Данная формула будет верна для любых растений, для которых применима формула для расчета прочности балки (стебель будет один, без разветвления). Для точных расчетов потребуется значение константы, индивидуальные для, по крайней мере, одного вида.

3. Методика проведения практической части работы

Методы работы

1. Сбор растений в пределах одной популяции (в моем случае луг и расположенная рядом обочина дороги в деревне Зеленьково). Растение срезается бритвой на границе с корневищем. Растения выбраны разной длины, всего их получилось 8.

2. Измерить длину стебля (от места среза до соцветия) линейкой.

3. Сделать срез стебля у корня, посередине и перед соцветием.

4. Рассмотреть срезы под биноклем, затем подсоединить цифровую камеру для микроскопической съемки. Вывести полученное изображение на экран компьютера. С помощью функции Length Measurement измерить толщину стебля и пучка в пикселях. Выбирается самый крупный пучок и самый большой диаметр стебля. Занести данные в таблицу.

5. Перевести пиксели в миллиметры. 1 мм = 428 пикселей (получено на основании измерения миллиметрового деления линейки с помощью Length Measurement).

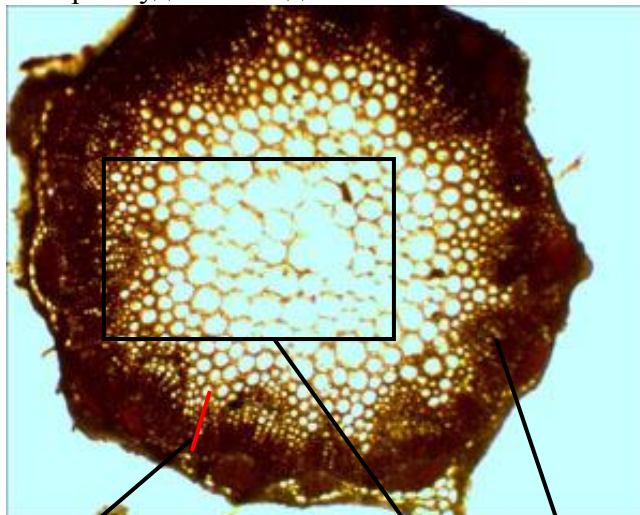
6. Провести все необходимые расчеты в MS Excel. Там же построить диаграммы.

Оборудование

- Линейка
- Бритва «Sputnik»
- Препаровальная игла
- Бинокль «Микромед МС-1»
- Цифровая камера для микроскопической съемки «Scope Photo»
- ПК

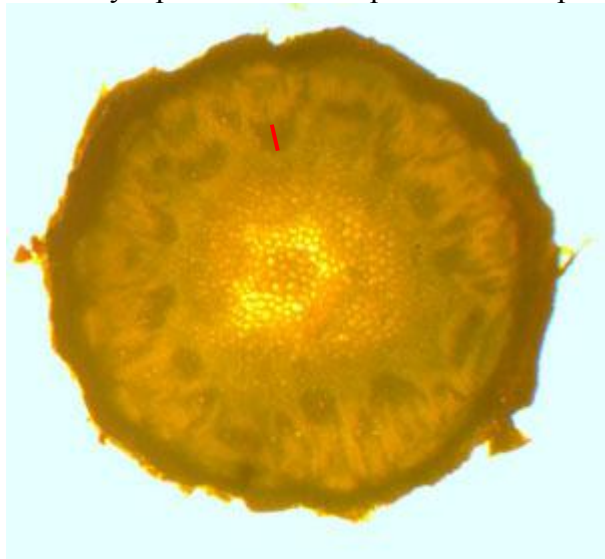
4. Практическая часть работы

Главной задачей этой части работы является нахождение точных значений ширины проводящих пучков. Но для этого на срезе прежде всего необходимо найти сами пучки. Обычно препараты обрабатывают флороглюцинолом и концентрированной соляной кислотой, которые окрашивают лигнин, являющийся компонентом клеточной стенки клеток ксилемы и придающий им достаточную прочность. Окрашенный срез будет выглядеть так:



Хорошо видны проводящие пучки (красным выделен один), клетки паренхимы, эпидерма. На таком рисунке посчитать толщину проводящего пучка, которая выделена красной линией, несложно. Но обрабатывать все срезы таким способом довольно долго, т.к. флороглюцинол нужно держать минуту, потом убрать излишки красителя фильтровальной бумагой, затем обработать соляной кислотой, затем разбавить ее и опять убрать излишки жидкости. Если обрабатывать все срезы, которых по три с каждого растения, это займет очень много времени. Если же обрабатывать несколько сразу, то это тоже неудобно, так как тонкие срезы перетекают вместе с жидкостью по предметному стеклу и надо потратить много времени, чтобы вернуть их на место. К тому же, из-за большого числа срезов можно передержать соляную кислоту и срезы обуглятся, пучки по этой причине видно не будет, как, впрочем, и все остальное.

Поэтому я работала с неокрашенными препаратами. Они выглядят так:



Пучки тем не менее хорошо различимы, а работа продвигается значительно быстрее.

Для работы я взяла восемь растений. В идеале, конечно, нужно больше, но я формулирую довольно общие вещи, для которых не требуется абсолютная точность вычислений. При необходимости получить точные статистические данные можно взять еще несколько десятков образцов, тогда погрешность измерений будет небольшая.

После всех измерений составляем таблицу:

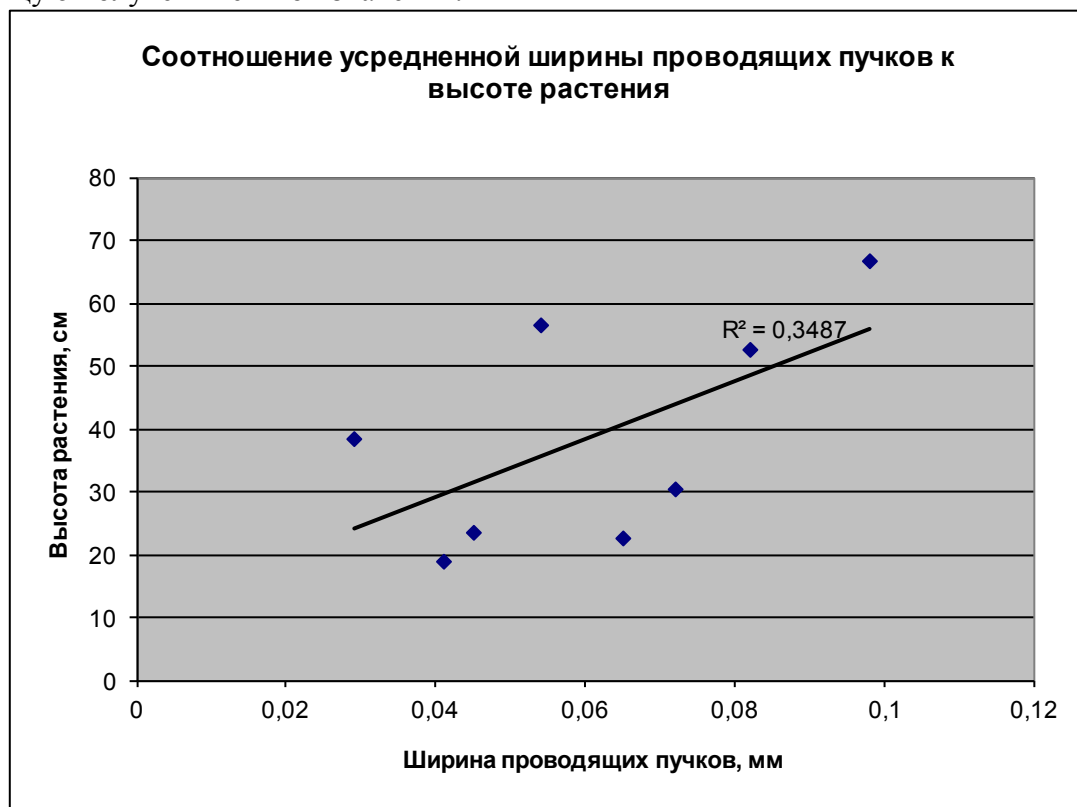
№ растения	Длина стебля, см	Ширина стебля у корня, мм	Ширина проводящего пучка на срезе у корня, мм	Ширина стебля посередине, мм	Ширина проводящего пучка на середине стебля, мм	Ширина стебля перед соцветием, мм	Ширина проводящего пучка в точке перед соцветием, мм	Среднее арифметическое ширины проводящих пучков, мм	Отношение длины стебля к среднему арифметическому ширины проводящих пучков
1	66,8	3,144	0,096	2,626	0,116	1,935	0,082	0,098	681
2	23,6	1,599	0,057	1,745	0,064	1,162	0,043	0,054	437
3	38,5	2,187	0,107	1,631	0,066	1,135	0,074	0,082	469
4	22,7	0,986	0,023	0,957	0,041	0,861	0,025	0,029	782
5	56,6	3,137	0,105	2,633	0,071	1,611	0,042	0,072	786
6	19	1,609	0,074	1,089	0,026	1,105	0,035	0,045	422
7	52,7	2,168	0,082	2,389	0,07	1,48	0,043	0,065	810
8	30,5	1,629	0,037	1,442	0,035	1,054	0,053	0,041	743
	38,8							0,06	641

Общее соотношение- 646

(В таком виде читать ее не очень удобно, но по-другому поместить ее на странице не получается. Но если увеличить масштаб, то все видно.)

Эта таблица отображает основные данные, без подробных расчетов и промежуточных значений, так как ничего особо интересного в них нет, а нам важен результат.

Главное, что я получила – это отношение длины стебля к среднему арифметическому ширины проводящих пучков, т.е. ту самую константу С, равную 646 (значение этой константы не совсем точно по причине малого количества растений; для более точного значения С нужно большее количество растений). То есть я установила четкую закономерность изменения толщины проводящих пучков в зависимости от высоты растения. Эти полученные практические данные я подтвердила теоретическими расчетами в предыдущей главе. Теперь я приведу диаграмму, отображающую полученные мной значения:



Из диаграммы видно, что мы имеем некую прямую угол наклона которой равен константе С, то есть имеем графическое подтверждение того, что $h \sim d$. Конечно, следует отметить, что коэффициент корреляции $R^2 = 0,3487$ довольно мал, что объясняется малым количеством взятых растений. Но с увеличением количества растений значение R^2 будет приближаться к 1. Это подтверждает суждения, высказанные мной в теоретической части работы.

5. Выводы

Между высотой растения и шириной его проводящих пучков есть прямо пропорциональная зависимость, а именно:

$h \sim d$ (h – высота, d – ширина проводящего пучка)

При известной константе это можно выразить формулой

$d = 1/C * h$, которая будет справедлива для всех растений.
Конкретно для тысячелистника формула будет иметь вид
 $d = 1/646 * h$.

6. Список литературы

- Л. И. Лотова «Ботаника. Морфология и анатомия высших растений» стр.58, 69, 70, 72, 81;
- Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут «Биология», том 1, стр. 230-237;
- Статья из Википедии «Тысячелистник обыкновенный».