

**Департамент образования и науки города Москвы
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
города Москвы «Школа № 771»**

**СРАВНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЛОЖНЫХ ПЛОДОВ НА ЖЕНСКИХ И
ГЕРМАФРОДИТНОМ РАСТЕНИЯХ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ**

Автор:

Жойдик Кристина Дмитриевна, 11 класс,
ГБОУ г. Москвы «Школа № 771».

Руководители:

Баратова З. Р. – учитель химии, кхн;
Федешова Н. В. – учитель биологии.

Москва

2020

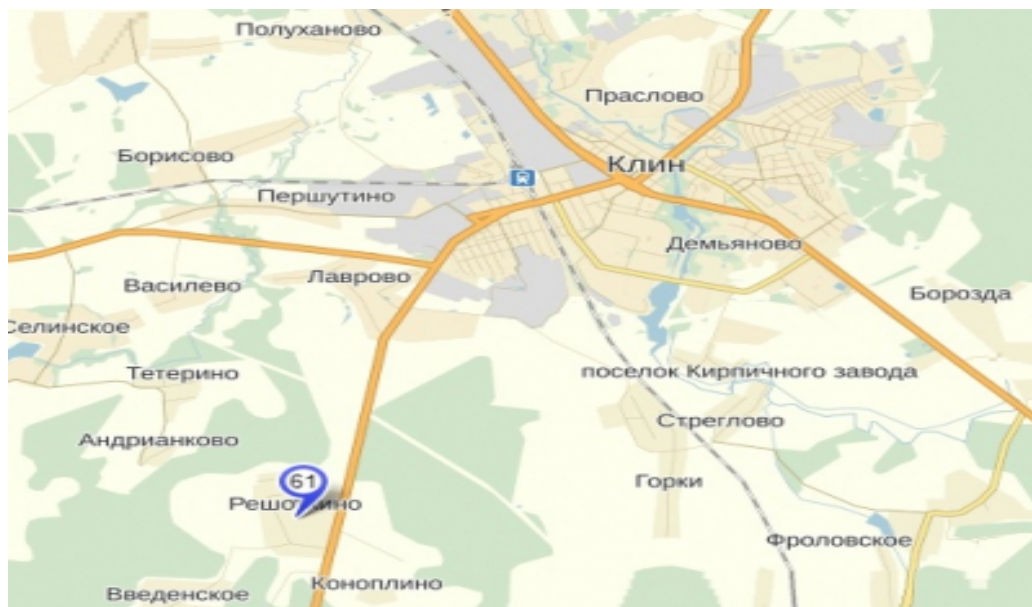
ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Объект и методы исследования.....	5
Результаты и их обсуждение	8
Выводы.....	12
Литература.....	13

Введение

Мое исследование посвящается изучению ложных плодов облепихи крушиновидной на мужском (гермафродите) и женских растениях.

У нас на даче (Московская область) произошёл интересный случай, рядом, в 2,5 м друг от друга случайно посадили два мужских растения, причём, одно растение было старше другого на 8 лет.



Карта 1. Расположение места дачи (61)

И когда появились побеги на молодом растении с мужскими соцветиями, хотели выкопать, но так как растение улучшает бедную кислотную почву, неприхотливо, не колется и дает тень, решили оставить.



Рис. 1 Мужской побег с плодами

А в 2018 году я увидела необычные плоды на мужском молодом растении, плодов было только несколько – всего 12. В 2019 году с плодами гермафродита можно было производить биохимические эксперименты, их было около 150 (Рис. 1), тогда и решила исследовать эти плоды, сравнив их с

плодами женских растений, но в 2020 году количество плодов на гермафродите резко сократилось до 40.

В литературных источниках [1-3; 14-19] очень часто можно прочесть, что у двудомных растений, женское не способно изменять свой пол и чтобы началось опыление (ветроопыляемое растение) необходимо наличие мужского растения, расположенного не дальше чем на 50 метров. Однако богатый урожай можно ожидать только, если женские и мужское растения расположены рядом. Поэтому обычно в культуре сажают на 5 – 8 женских растений одно мужское растение или прививают мужские побеги (черенки) на женские растения. Этот прием даёт возможность получать большие урожаи. Но, никаких сведений по изменению пола у мужских растений облепихи, кроме того, что это явление есть, я не нашла.

Изучая материал по определению пола у растений, выяснила, что гомогаметность и гетерогаметность у двудомных растений существует и впервые она описана К. Корренсом [4, 5]. Но, в литературе мы не нашли описания гермафродитных форм у облепихи, хотя некоторые двудомные растения могут менять свой пол при определенных условиях. Наш случай, появление гермафродитности только на незначительной части мужских побегов может быть проявлением соматических мутаций, влиянием фитогормонов, абиотических факторов или балансовой детерминации [14-19] (хотя мы не нашли этому доказательств в литературе конкретно по облепихе).

Однодомные растения – очень частое явление в растительном мире, а вот раздельнополое двудомное растение – это, скорее исключение из общего правила. К двудомным растениям относятся: тополь, ива, облепиха, крапива двудомная, лавр, конопля и др. [2].

У двудомных растений пол меняется не часто, но такие случаи известны, например одно из таких растений растет у нас в Москве – это тополь бальзамический [6; 7]. Мужские особи облепихи, которая встречается почти во всех садах Московской области, оказывается тоже может происходить изменение пола с образованием гермафродитных особей и наша работа посвящена изучению именно этого явления.

Цель работы: Сравнить биофизикохимические характеристики плодов облепихи крушиновидной на женских и мужском (гермафродите) растениях.

Задачи:

1. Изучить и сравнить общие биологические особенности ложных плодов на женском и гермафродитном растениях.
2. Определить и сравнить физикохимические показатели плодов на женских и мужском (гермафродите) растениях.

3. Выдвинуть свою гипотезу причин изменения пола на побегах мужского растения облепихи крушиновидной.

Объект и методы исследования

Объектом исследования являются ложные плоды облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) из семейства Лоховые (Elaeagnaceae Adans.) на женских и мужском (гермафродите) растениях (Рис. 2 и Рис. 3), растущих в деревне Решоткино Клинского района Московской области (Карта 1).

Облепиха – интересное растение, родиной которого является Сибирь, введена в культуру и выращивается ради плодов, которые содержат много полезных для человека веществ. Облепиха крушиновидная растение двудомное, т.е. мужские и женские цветки находятся на разных растениях, во - вторых, оно может быть разной жизненной формы: или кустарник или дерево (у меня это деревья), имеет плод орешек, который одет цветоложем, напоминающим плод, и называется ложной костянкой (в народе её ложный плод называют ягодой), встречается в умеренном климате повсеместно в Евразии [1 – 3].

Изучение общих биологических особенностей проводили методом наблюдений. Наблюдения проводились в течение 2 лет (2019 и 2020гг.).



Рис. 2. Побеги с плодами мужского гермафродита



Рис. 3. Плоды женского растения

У растения облепихи крушиновидной развит половой диморфизм, женские и мужские растения морфологически отличаются [8, 9] (Рис.4 и Рис. 5).

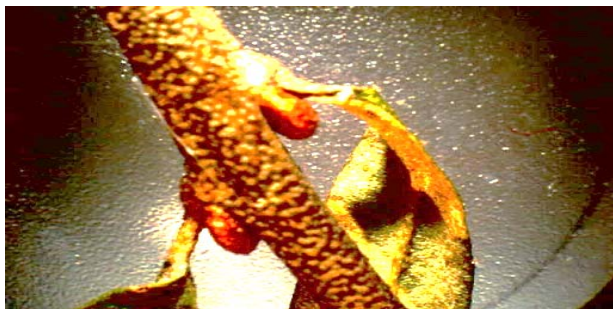


Рис. 4. Побег женского растения



Рис. 5. Побег мужского растения

Исследования физикохимических показателей плодов проводили в течение 2019 – 2020 гг. Определялись и сравнивались следующие физикохимические показатели плодов на женском и мужском (гемрафродите) растениях: 1) общее содержание влаги [10], плотность сока; 2) титруемая и истинная кислотность [11]; 3) содержание масла [12]; 4) каротин [12]; 5) дубильные вещества [12]; 6) содержание железа [12]; 7) витамин С [12]; углеводов [13].

Методы исследования физико-химических показателей плодов.

Определение общего содержания влаги [10]. В высушенный до постоянной массы и взвешенный с точностью до 0,5-1,0 мг бюкс помещали 5-6 г измельченного продукта. Бюкс с навеской помещали в сушильный шкаф при температуре 150°C на 1 час, после чего бюксу закрывали крышкой и охлаждали в эксикаторе, затем взвешивали. Содержание влаги определяли по формуле:

$$W_n = \frac{(m_1 - m_2)100\%}{m_1 - m_0}$$

где W_n – процент воды; m_0 – масса бюксы с крышечкой, г;

m_1 – масса бюксы с крышечкой и навеской, г;

m_2 – масса бюксы с крышечкой и навеской после высушивания, г.

Определение кислотности методом титрования [11] основано на способности щелочи количественно нейтрализовать находящиеся в исследуемом растворе не только свободные кислоты, но и их кислые соли. При определении преобладающей кислоты в исследуемом продукте пользуются тем общим правилом, что растворы, имеющие одинаковую нормальность, реагируют между собой всегда равными объемами. Поэтому, зная количество израсходованной при титровании щелочи и химическую реакцию, протекающую при этом между щелочью и нейтрализуемой кислотой, можно найти количество искомой кислоты в анализируемом продукте.

Из 25г облепихи получили сок, который довели до объема 25 см³ и внесли 3 капли фенолфталеина. Титровали щелочью концентрации 0,1 М до появления

розовой окраски. Титруемая кислотность сока облепихи (X) в процентах на яблочную кислоту вычислена по следующей формуле:

$$X = \frac{V_1 \cdot V_2 \cdot c \cdot M \cdot 0,1}{m \cdot V_0}$$

где V – количество щелочи концентрации 0,1M, израсходованной на титрование, мл;

c – концентрация щелочи, M;

M – молярная масса яблочной кислоты ($1/2 C_4H_6O_5$) 67 г/моль

M – молярная масса лимонной кислоты ($1/3 C_6H_8O_7$) 64 г/моль

V_2 – объем, до которого доведена навеска, мл; 100 – пересчет на 100 г продукта;

V_0 – объем фильтрата моркови, взятый для титрования, см³;

m – навеска продукта, г.

Истинная кислотность – это концентрация ионов водорода в среде, характеризующаяся величиной pH. Кислотность определяли стандартным способом, используя pH- метр [11].

Содержание масла [12]. Отстаивание сока из плодовой мякоти облепихи (женский плод) в течение 12—24 часов приводит к образованию жирного масла на его поверхности. Это масло имеет интенсивную оранжевую окраску, а масло семян облепихи окрашено в более светлый, слабожелтый цвет (Рис. 6), что возможно связано с разным количеством каротина и йодным числом, которое определено качественно. Количество связанного йода для масла плодов облепихи было меньше, чем для масла, полученного из косточек. Йодное число является характеристикой, связанной с количеством ненасыщенных связей в кислотных остатках жира.



Рис. 6. Экстракт: из (слева на право) 1 – мужских плодов; 2 – растительное масло; 3 – женских. Количество каротина в наших опытах по уменьшению: мякоть плодов облепихи (женской), косточки (женские), мякоть плодов облепихи (мужской), косточки (мужские).

Каротин [12] обеспечивает желто-оранжевую окраску. Определение каротинов основано на их экстракции органическим растворителем и фотометрии экстракта на длине волны 470 нм. Качественное определение

каротина осуществляли следующим образом: навески облепихи 10 г растерли в фарфоровой ступке и залили растительным маслом. Изменение цвета масла наблюдали в течение нескольких суток.

Определение содержания дубильных веществ [12]. Промытые ягоды растирали в фарфоровой ступке. Отжатый сок отфильтровывали, полученный раствор. 2 мл фильтрата доводили водой до 100 мл и титровали 1% раствором хлорида железа (III).

Обнаружение катионов железа в свежеприготовленном соке облепихи. К 2 мл свежесжатого и профильтрованного сока вводили 0.5 мл 20% раствора роданида калия. $Fe^{3+} + 3CNS^- = Fe(CNS)_3$ При концентрации ионов железа более 2,0 мг/л появляется розовое окрашивание, при концентрации более 10 мг/л окрашивание становится красным. Для сока облепихи содержание железа (женские) – более 2мг/л.

Определение содержания углеводов [13] в соках ягод проводилось по качественным реакциям на многоатомные спирты и альдегидную группу. Время проявления признаков реакции для соков стало определяющим для сравнительной оценки содержания углеводов, а также глюкозы.

В стаканчик на 100 мл добавили 10 мл 10% раствора сульфата меди (II) и (при размешивании) 20 мл 20% раствора гидроксида натрия. Затем полученную щелочную взвесь гидроксида меди (II) разливали по 5 мл в свежеприготовленные соки при комнатной температуре. Определяли время проявления реакции в каждом случае. pH растворов всех соков доводили до 7.

Определение количества аскорбиновой кислоты (лактон 2,3–дегидро–L–гулоновой кислоты) методом йодометрии [12]. В колбу наливали 2 мл свежеприготовленного и профильтрованного сока, добавили 2 мл 2% раствора соляной кислоты и 2 мл 1% раствора крахмала. Разбавили содержимое колбы водой до объема 100 мл. Полученный раствор титровали раствором йода до появления не исчезающей синей окраски. Расчет молярной концентрации аскорбиновой кислоты в анализируемой пробе производится по формуле: $C_{(аск)} = V_{(йод)} \cdot C_{(йод)} / V_{(пробы)}$, где $V_{(йод)}$ – объем раствора йода, пошедшего на титрование, мл; $C_{(йод)}$ – молярная концентрация раствора йода, моль/л; раствор йода (10мл 5%-й йодной настойки растворяют в 200мл дистиллированной воды, что соответствует молярной концентрации раствора йода 0,02 моль/л). $V_{(пробы)}$ – объем анализируемой пробы сока, мл. $m_{(аск)} = C_{(аск)} \cdot M_{(аск)} \cdot V_{(сока)}$, где $M_{(аск)}$ – молярная масса аскорбиновой кислоты, 176 г/моль; $V_{(сока)}$ – объем сока, полученный из 100г ягод или цитрусовых; $m_{(аск)}$ – масса аскорбиновой кислоты, мг.

Результаты и их обсуждение

При рассмотрении плодов на женских и мужском (гермафродите) растениях выяснили количественные характеристики:

1) Все плоды возникли на укороченных побегах, но женские плоды выросли из почек прошлого года, а мужские – текущего года. (Цветочные почки у облепихи, если это женское растение, закладываются только на приросте текущего года, т.е. на однолетних побегах. Образуются плоды на двулетних побегах).

2) На одном укороченном побеге мужское растение дает по одному плоду, а на женском может быть от 2 до 6 плодов.

3) На одном текущем побеге количество укороченных плодоносящих мужских побегов от 1 до 12, а у женских от 1 (плодов может быть 6) до 20 укороченных побегов (плодов может быть 1 – 6) (Рис. 7 и Рис. 8).

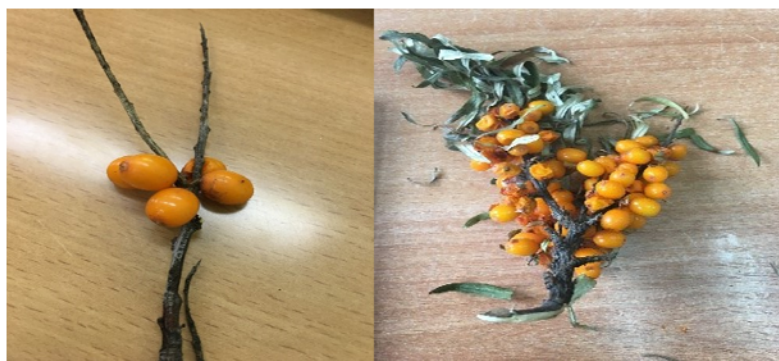


Рис. 7. Количество плодов на женских растениях



Рис. 8. Количество плодов на мужских растениях

4) Размеры мужских плодов меньше женских (рис. 9).

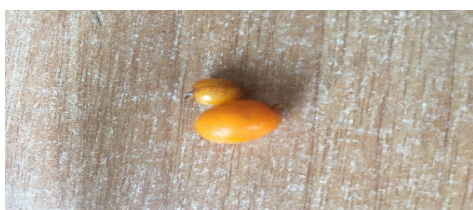


Рис. 9. Плоды с женского и мужского гермафродитного растения

мужской плод – верхний, женский плод – нижний

В результате исследований физикохимических показателей плодов, проведённых в 2019 – 2020 гг., были получены следующие данные:

1. Химический состав ягод отличается значительным количеством воды, которая занимает более 80% от массы всего вещества плода, а у некоторых видов – до 90 %. В нашем случае количество воды в плодах приблизительно одинаково – в плодах на женских растениях от 82,5% – 85% , а плодах мужского гермафродита – 83,5%.

Таблица 1. Содержание воды в плодах облепихи.

№	Плоды	содержания воды в плодах по лит. источникам [1-3] в 100 г (%)	содержания воды в наших плодах в 100 г (%)	Плотность сока
1	женские	83 - 90 (в зависимости от сорта)	82,5-85	1,017
2	Мужские гермафродита	-	83,3	1,005

2. Кислотность плодов облепихи низкая, в сумме органических кислот основное место принадлежит яблочной, за нею следуют лимонная, щавелевая, янтарная. Кислотность плодов колеблется от 1,3 до 2,8%.

Таблица 2. Кислотность и pH.

№	Плоды	Титруемая кислотность сока в пересчете на яблочную кислоту [12]	Титруемая кислотность сока в пересчете на яблочную кислоту	pH сока
1	женские	2.4 % – 2.8%	2,24 %	3,5
2	мужские	-	2,64%	3

В наших исследования рН сока – 3,5 у плодов женского растения и 3 у плодов мужского растения, атитруемая кислотность сока в пересчете на яблочную кислоту выше 2,64% у плодов на гермафродите и только 2,24% на плодах женского организма. Из литературных источников титруемая кислота у разных сортов (женских растений) составляет от 1,2 (сорт Михалевская сладкая) – 2,8% (у многих сортов).

3. Отстаивание сока из плодовой мякоти облепихи (женский плод) в течение 12 – 24 часов приводит к образованию жирного масла на его поверхности. Это масло имеет интенсивную оранжевую окраску, а масло семян облепихи окрашено в более светлый, слабозелтый цвет, что возможно связано с разным количеством каротина и йодным числом, которое определено качественно. Количество связанного йода для масла плодов облепихи было меньше, чем для масла, полученного из косточек. Облепиха занимает особое место среди других ягод, так как содержание жирного масла в мякоти плодов от 1,8 до 5,3% масла в пересчете на сырую массу плодов. Получение масла из мужских плодов облепихи очень незначительное – менее 1%.

4. Каротина, который придает желто–оранжевую окраску плодам больше в мякоти и косточках женских растений (Рис. 10) и составляют от 0,3 до 20 мг на 100 г. В наших плодах 15 мг на 100г в мякоти плодов женского растения и 9 мг на 100 г в орешках.



Рис. 10. Экстракт из: 1 – мужских плодов; 2 – растительное масло; 3 – женских

Количество каротина в наших опытах по уменьшению: мякоть ложных плодов облепихи (женской), истинных плодах – орешек (женские), мякоть плодов облепихи (мужской гермафродит), орешек (мужские гермафродит).

5. Дубильные соединения придают плодам характерный терпкий вяжущий вкус. Содержание их в плодах и ягодах колеблется от 0,02% (абрикосы, персики) до 1,7% (рябина, терн). Несмотря на то, что дубильных веществ в плодах и ягодах немного, они обуславливают многие их качества и технологические особенности.

Дубильные вещества – группа весьма разнообразных и сложных по составу растворимых в воде органических веществ ароматического ряда, содержащих гидроксильные радикалы фенольного характера.

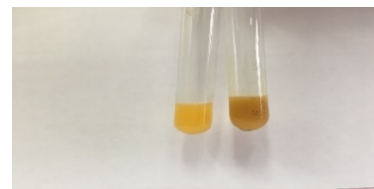


Рис. 11. Сок облепихи (слева), сок облепихи + FeCl₃ (справа)

Количество катионов железа, при изучении наличия дубильных веществ приблизительно одинаково – более 2мг/л (Рис. 11).

6. Определение содержания углеводов в соках ягод проводилось по качественным реакциям на многоатомные спирты и альдегидную группу. Время проявления признаков реакции для соков стало определяющим для сравнительной оценки содержания углеводов, а также глюкозы.

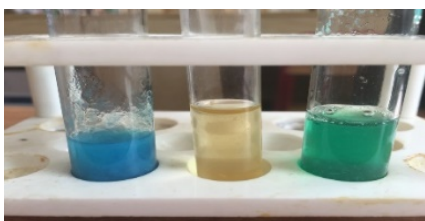


Рис.12. а). Cu(OH)₂; б). сок облепихи; в). сок + Cu(OH)₂

Качественное определение наличия углеводов приведено для плодов женских растений. По литературным источникам она составляет 9% (сорт б-32), 3% (Владимирка). Наличие углеводов в плодах мужского растения незначительно, судя по признакам реакции (Рис. 12).

7. В плодах (в соке и плодовой мякоти) облепихи (женское растение) накапливается от 37, 5 (сорт Михалевская сладкая) до 275, 5 (сорт Оранжевая) мг, но может содержать 800 мг (в Альпах) водорастворимого витамина С на 100г продукта. Содержание витамина С в соке наших плодах женских растений – 194мг на 100г. Содержание витамина С для плодов мужских растений на порядок меньше.

Что же касается причин изменения пола у мужского растения, то этот факт требует отдельного изучения. Возможно, к причинам изменения пола можно отнести внешние причины, например, влияние мужских особей друг на друга, что приводит к изменению одной из них. В литературе, которую я нашла, есть примеры изменения пола [2, 4–6; 15–19], но гермафродитизм у мужских растений облепихи не описан. По нашим наблюдениям количество плодов от года к году то увеличивается, то уменьшается, что вероятно зависит от климатических условий года (температура, влажность) влияющих на гермафродит. Так если в 2018 году их было только несколько – 12, то в 2019 году их количество значительно выросло и можно было производить биохимические эксперименты, а в 2020 г, когда лето было холодным и влажным, количество их резко сократилось до одиночных на некоторых побегах.

Выводы

1. При сравнении особенностей развития плодов женских и гермафродитного растений установили, что у гермафродитного растения урожайность (количество плодов) во много раз ниже. Все плоды возникли на укороченных побегах, но на женских растениях плоды выросли из почек прошлого года, а на мужских – текущего года. На одном укороченном побеге мужское растение дает по одному плоду, а на женском может быть от 2 до 6 плодов. На одном текущем побеге мужских растений количество укороченных плодоносящих побегов от 1 до 12, а у женских от 1 (плодов может быть 6) до 20 укороченных побегов (плодов может быть 1 – 6).

2. Качество плодов на мужском растении намного хуже. Количество витамина С намного ниже, около 194 мг в на 100 г плодов женского растения и порядка 20 мг у плодов на мужском растении. Ниже количество и других полезных продуктов: углеводов (сахаров), облепихового масла (5% в плодах женских растений и менее 1% в плодах гермафродитного растения), каротина (15 мг – в жен. и около 1 мг в мякоти гермафродита), увеличивается йодное число (качественное определение) и кислотность (титруемая кислотность 2,24% для женского растения и 2,64% – гермафродита; рН сока падает до 3).

3. Моя гипотеза о причинах возникновения гермафродита или изменения пола мужского растения следующая: скорее всего это влияние может быть вызвано воздействием на мужское растение нескольких факторов, к которым, в первую очередь, можно отнести наличие фитогормонального воздействия растущего рядом более старшего растения. Другими возможными причинами могут являться климатические факторы, воздействующие на растения, Но для её доказательства или опровержения требуются дополнительные исследования.

Литература

1. Гуляров М.С. Биологический энциклопедический словарь. Москва, «Советская энциклопедия» 1986г. – С. 330, 414
2. Под редакцией академика АН СССР Тахтаджяна А.Л., Цветковые растения. Порядок Лоховые // Жизнь растений. Том 5, часть вторая. М.: Просвещение, 1981. – С. 338 - 340.
3. Букштынов Т. Т. и др. Облепиха / А. Д. Букштынов, Т. Т. Трофимов, Б. С. Ермаков и др.— М.: Лесная пром-сть, 1985. – 192 с.
4. Большая советская энциклопедия М.: Том 3, издание 1969 – 1978гг.
5. Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия М.: «Кирилл и Мефодий». 1998-2011. Электронная мультимедийная энциклопедия.
6. Альбенский А.В. Культура тополей / А.В. Альбенский. – М.: Государственное техническое изд-во, 1946. – 44 с.
7. Редько Г.И. Биология и культура тополей / Г.И. Редько. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1975. – 174 с.
8. Царев А.П. Сортоведение тополя / А.П. Царев. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1985. – 152 с.
9. Алексеев Ю.Е. Деревья и кустарники / Ю.Е. Алексеев, П.Ю. Жмылев, Е.А. Карпухина. Энциклопедия природы России. М.: АБФ, 1997. – С. 485-488.
10. ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги».
11. ГОСТ ISO 750-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности».
12. О.С.Аранская, И.В.Бурая Проектная деятельность школьников в процессе обучения химии. – М.: Вентана Граф, 2005. – С.176-180.
13. А.М.Радецкий Практические работы во внеклассных занятиях //Химия в школе – 2005. – №10. – С.60-62.
14. Геращенко Г. А., Рожнова Н. А. Участие фитогормонов в регуляции пола у растений // Физиология растений, 2013, том 60, № 5, с. 634–648.
15. Львова И.Н. Пол у растений. – М.: Изд-во МГУ, 1963. – 56 с.
16. Хрянин В.Н. Эволюция путей половой дифференциации у растений. – Физиология растений, 2007, т. 54, № 6. – С. 945 – 953.
17. Чайлахян М.Х., Хрянин В.Н. Пол растений и его гормональная регуляция. – М.: Наука, 1982. – 176 с.
18. Чайлахян М.Х., Хрянин В.Н. Гормональная регуляция проявления пола у растений. – Ботан. журн., 1980, 65, № 2. – С. 152 – 171.
19. Monéger F. Sex Determination in Plants // Plant Signal Behav. 2007, 2(3): 178–179. [doi: 10.4161/psb.2.3.3728]