

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОДНОГО РЕЖИМА *NERETA CATARIA L.***

И.Н. ПАЛИЙ, О. А. ИЛЬНИЦКИЙ доктор биологических наук
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

Котовник кошачий, (*Nepeta cataria L.*) – многолетнее растение из семейства яснотковых (*Lamiaceae*). Распространён в Западной Европе на севере до Ирландии, Южной Норвегии; в Передней Азии – до Гималаев. Как заносное растение встречается в Северной Америке, Южной Африке, Японии, как дикорастущее – в европейской части СНГ, Западной Сибири, на Дальнем Востоке, в Северной Азии. Культивируется в странах Западной Европы, США, в центральной части Украины, на Кавказе [3,7,8].

В народной медицине внутрь применяется при бронхите как отхаркивающее, как средство повышающее аппетит, при анемии, мигрени, как противокашлевое, при истерии, меланхолии, холере, как противоглистное, как наружное – при некоторых кожных болезнях. Применяется в качестве горечи при пониженном аппетите, неврозах сердца. Ценный медонос, даёт много нектара [1,4,5,11,15].

Стебель высотой 40-100 см, крепкий, прямостоящий, пушистый. Листья треугольно-яйцевидные с сердцевидным основанием, острые, крупнозубчатые, опушенные. Цветы пятичленные, двухгубые, собранные в густых сложных полузонтиках, на концах стебля и ветвей в виде кисти, венчик грязновато-белый с пурпурными или фиолетовыми крапинками на нижней губе. Цветёт в июне-июле. В первый год достигает высоты 1 м и более, цветёт и плодоносит. На второй и в последующие годы в каждом кусте формируется от 15 до 50 цветоносных стеблей высотой 100 см и более. Они прямостоячие, сильно ветвистые, хорошо облиственные в зоне ветвления.

Размножается котовник посевом семян в грунт; рассадой, однолетними саженцами.

При посеве семян в грунт лучший срок посадки – начало марта, можно также сажать поздней осенью или в зимние погожие дни, глубина заделки 1-1,5 см, нормы высева 6-7 кг/га. В начале вегетации растения развиваются очень медленно, и только после образования двух-трех пар листьев и рост усиливается. Поэтому котовник лучше размножать рассадным способом. Рассаду выращивают в парниках или в грядах с плёночным укрытием. Сев проводится за 50-60 дней до высадки растений в поле. На плантацию высаживают растения высотой 10-12 см с 3-4 парами листьев. В производственных условиях плантации котовника лимонного можно закладывать однолетними саженцами, выращенными в течение вегетационного периода на хорошо подготовленных огородных участках. Высаживают растения на постоянное место. Отзывчив на удобрения [14].

В наземной части содержится эфирное масло (0,4-0,6%), аскорбиновая кислота, дубильные и горькие вещества, гликозиды, сапонины. В состав эфирного масла входят: нераль–до 6%, гераниель–до 9%, цитронерол– 6,2%, нерол–11%, гераниол–10,3%, непеталоктон 1–19,2%, непелактон 2–36,1%, лимонен, цинеол и геранилацетат. Разновидность этого вида *Nepeta cataria var. cifriodora* Beck. даёт ценное эфирное масло, которое содержит цитраль, лимонен, дипептен, гераниол, цитранеллол и инерол. В семенах до 27% жирного масла [15].

В последние годы, изучению этой культуры уделяется большое внимание, и в научной литературе имеется много информации о различных процессах её жизнедеятельности, однако почти нет информации о её водном режиме.

Целью наших исследований являлось изучение особенностей динамики водного режима котовника кошачьего на протяжении вегетационного периода и его взаимосвязи с факторами внешней среды для создания динамической модели этого процесса, имеющей прогностическое значение.

Методика

Растения котовника кошачьего выращивались в вегетационных сосудах емкостью 10 литров. Растения 1 и 2-го года посадки. Опыты проводились в 3 кратной повторности в факторостатных условиях и в условиях вегетационного опыта.

В климатической камере один из параметров являлся независимой переменной, а остальные стабилизировались.

Для проведения экспериментов использовалась фитометрическая система «Экоплант»

[2,6,7,12,13], позволяющая регистрировать параметры внешней среды и растения. Получаемая информация поступала в базу данных ЭВМ, затем обрабатывалась различными пакетами прикладных математических программ (например, «Windows-97- Excel» и др.). При этом информация является непрерывной или получаемой с заданной дискретностью, растения не повреждаются, а применяемые методы измерений не оказывают влияния на окружающую среду.

Система позволяет измерять температуру листьев, разность температур лист-воздух, относительную скорость [2,6,7,12,13] ксилемного и флоэмного потоков в побегах (стеблях) растений и изменение их тургесцентности (диаметра), диффузионное сопротивление листа, биоэлектрическую разность потенциалов, водный потенциал листьев, рост различных органов растения в длину, интенсивность CO_2 -газообмена и другие параметры.

Кроме фитометрических преобразователей в систему входят несколько алгоритмических датчиков (измерение суммарной солнечной радиации, диффузионного сопротивления листа, водного потенциала листьев и почвы), расчет показаний которых проводится по специальным программам, включает в себя несколько измерений и требует времени не меньше 600 сек. Для измерения устьичного сопротивления листа использовали методы Тона, Клеймана [12].

Транспирацию измеряли весовым методом.

Из параметров внешней среды система позволяет измерять температуру и влажность воздуха, температуру точки росы, суммарную солнечную радиацию, температуру почвы на глубине 3 и 11 см, водный потенциал почвы.

При проведении экспериментов в условиях вегетационного опыта на протяжении всего периода вегетации мы использовали данные метеостанции Никитского ботанического сада: температура воздуха, °C; суммарные осадки, мм; продолжительность солнечного сияния, час; температура почвы, °C; относительная влажность воздуха, %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фенофазы	Котовник кошачий
Начало отрастания	16.03±6
Бутонизация	11.06±9
Начало цветения	21.06±6
Массовое цветение	29.06±7
Конец цветения	30.07±5
Созревание семян	14.08±6

Исследования проводили на протяжении всего периода вегетации котовника кошачьего, имеющего следующие фенофазы развития (2005г.).

Известно, что разность температур лист-воздух (Тл. – Тв.) является косвенной характеристикой интенсивности транспирации [6] и мы применили этот параметр в данной модели. На Рис.1. представлен естественный ход этого параметра за светлое время суток.

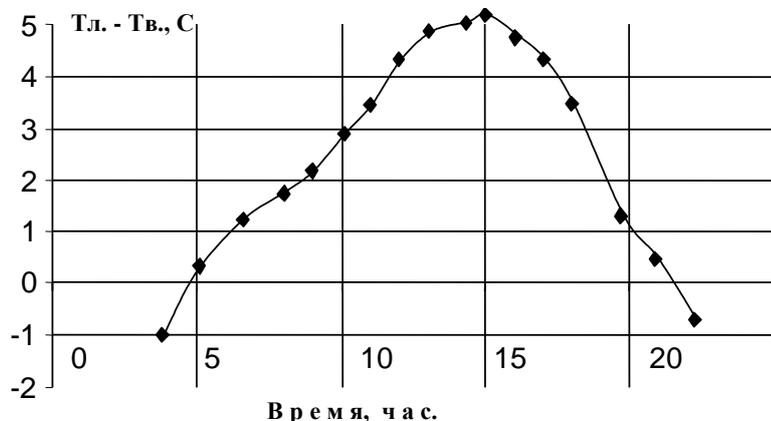
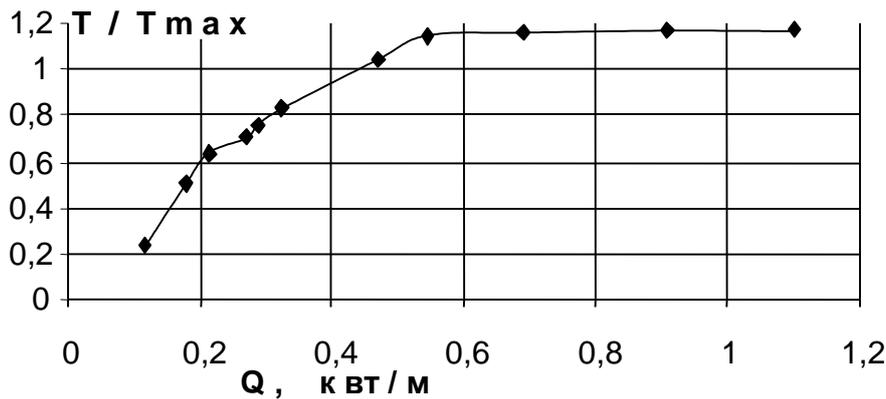


Рис. 1. Изменение разности температур лист – воздух (Тл. – Тв.) за светлое время суток. (27.07.2005 г.).

Из рисунка 1 видно, что в утренние часы (5-6) разность температур отрицательная, т.е. лист холоднее воздуха, затем при повышении солнечной радиации лист постепенно нагревается и его температура становится выше температуры воздуха даже не

взирая на охлаждающее воздействие транспирации. Максимальную температуру лист имеет примерно в 15 час – она выше температуры воздуха на 4 °C. Величина этой разности зависит от особенности строения листа и напряженности всех факторов внешней среды, и в первую очередь – от влажности почвы [6].



Для построения модели мы провели серию опытов в климатической камере с целью нахождения функций, входящих в описанную выше модель.

Рис.2. Зависимость приведенной интенсивности транспирации котовника кошачьего от освещенности (16.07.2005 г.).

На Рис.2. показана зависимость приведенной интенсивности транспирации от освещенности ($Q = f(T/T_{max})$). При изучении этой зависимости для исключения влияния остальных факторов внешней среды они были стабилизированы:

влажность почвы=90-70% НВ, $T_{воз.} = 22-24\text{ }^{\circ}\text{C}$; $h a = 0,7 - 0,8$. Из этой зависимости видно, что световая кривая приближается к плато насыщения при освещенности $0,5-0,6\text{ кВт/м}^2$, что является важной характеристикой данной культуры при ее выращивании.

Эта зависимость была аппроксимирована полиномом 5-й степени, и были получены следующие коэффициенты:

$$C_0 = -0,072; C_1 = 7,36; C_2 = -25,18; C_3 = 46,102; C_4 = -42; C_5 = 14,054.$$

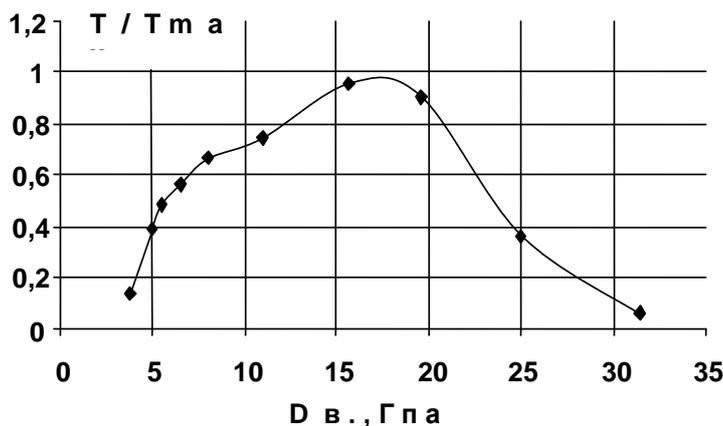


Рис. 3. Зависимость приведенной интенсивности транспирации котовника кошачьего от дефицита влажности воздуха (20.07.2005 г.) При изучении этой зависимости влажность почвы в сосудах поддерживалась 70-80% НВ, освещенность $0,5\text{ кВт/м}^2$. Из полученной зависимости видно, что максимум интенсивности транспирации на уровне $0,9T/T_{max}$ соответствует 12-18 Гпа. Затем следует спад и при 25 Гпа T/T_{max} составляет лишь 0,3

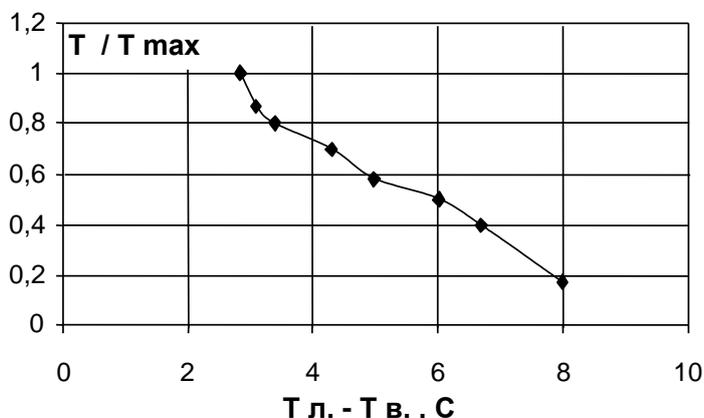


Рис. 4. Зависимость приведенной интенсивности транспирации котовника кошачьего от влажности почвы (20.07.2005г.).

При изучении этой зависимости для исключения влияния остальных факторов внешней среды они были стабилизированы и равнялись:

$T_{в.} = 22-24\text{ }^{\circ}\text{C}$; $h a = 0,7 - 0,8$, освещенность $0,5\text{ кВт/м}^2$.

Из приведенного графика видно, что T/T_{max} равно 0,9 при 70%НВ, затем плавно снижается вплоть до значения 0,2 при 30%НВ.

Для изучения зависимости $T_{л.} - T_{в.} = f(T / T_{max})$ были стабилизированы основные факторы внешней среды:

$$T_{в.} = 22-24\text{ }^{\circ}\text{C}; h a = 0,7 - 0,8, \text{ освещенность } 0,5\text{ кВт/ м}^2, W_{поч.} = 70-80\text{ \%}.$$

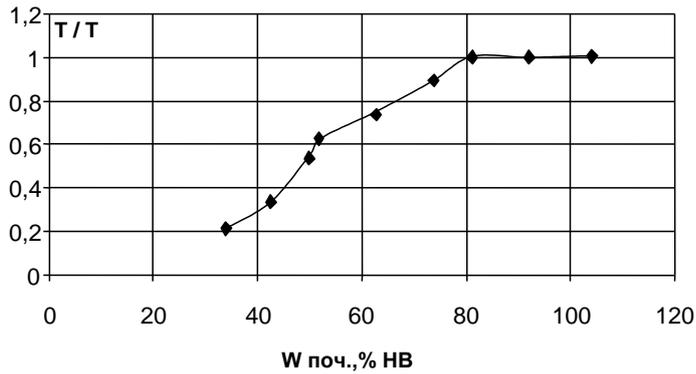


Рис 5. Зависимость приведенной интенсивности транспирации котовника кошачьего, от разности температур лист – воздух (17.07.2005 г.).

Как видно из приведенного графика, при максимальной транспирации и освещенности 0,5 квт/м², перегрев листа составлял 3,7 °С, затем по мере уменьшения интенсивности транспирации и, следовательно, уменьшения её охлаждающего воздействия, происходил перегрев листа и при T/Tmax = 0,2, он составил 8 t°С.

Остальные зависимости были также аппроксимированы полиномом 5-й степени и соответственно, равнялись:

$$Dв. = f(T/Tmax); C0 = -1,679; C1 = 0,980; C2 = -0,122; C3 = 0,011; C4 = 0; C5 = 0.$$

$$W_{поч.} = f(T/tmax); C0 = -2,03; C1 = 0,211; C2 = -0,007; C3 = 0; C4 = -0; C5 = 0.$$

$$Tл. - Tв. = f(T/Tmax); C0 = 202,121; C1 = -189,987; C2 = 68,978; C3 = -12,145; C4 = 1,098; C5 = -0,098.$$

Полученные таким образом зависимости позволяют рассчитать интенсивность транспирации в любой момент времени с интервалом в 1 час (рис.6.).

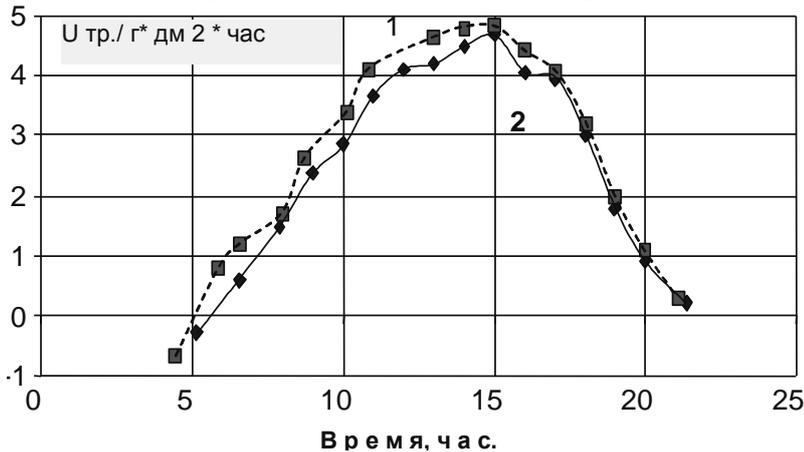


Рис 6. Изменение интенсивности транспирации котовника кошачьего за светлое время суток (19.07.2006 г.): 1 – экспериментальная кривая; 2 – теоретическая кривая

Как видно из приведенного графика, экспериментальная и теоретическая кривые близки по форме, а расчет показывает, что погрешность модели не превышает 15-20%. Такая модель уже может иметь прогностическое значение [6,9,10].

При проведении исследований в условиях вегетационного опыта мы также исследовали взаимосвязь между факторами внешней среды и интенсивностью транспирации. В качестве независимых переменных были взяты:

- Интенсивность суммарной солнечной радиации, квт/м² - X1
- Влажность воздуха, % - X2
- Температура воздуха, °С - X3
- Температура почвы, °С - X5
- Дефицит влажности воздуха, Гпа - X4
- Разность температур лист-воздух, С - X6

В процессе эксперимента растения поливали до 90-70% НВ.

Уравнение множественной регрессии для интенсивности транспирации – (у-зависимая переменная) имеет вид:

$$y = 6,2493 + 4,2845X1 - 0,00873X2 - 0,0773X3 + 4,776X4 - 4,983X5 + 0,293X6;$$

$$\text{Коэффициент детерминации: } R^2 = 0,9761;$$

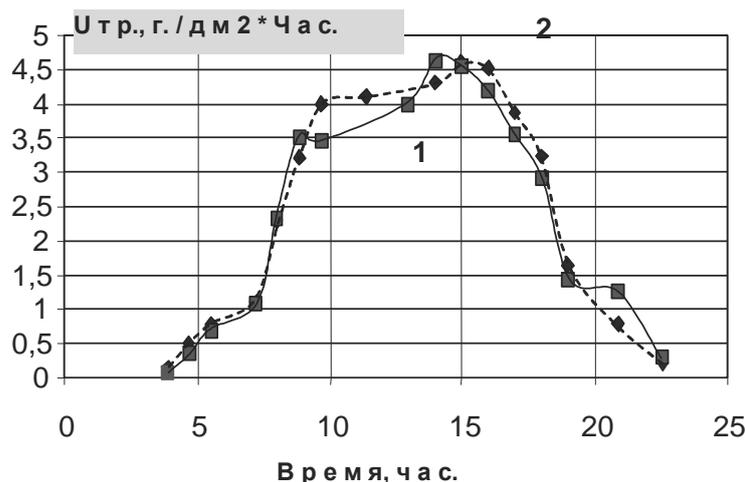


Рис. 7. Изменение интенсивности транспирации котовника кошачьего за светлое время суток (20.07.2005 г.): 1. Экспериментальная зависимость; 2. Теоретическая зависимость.

Как видно из Рис.7, экспериментальная и теоретическая зависимости очень близки по форме, и эта модель также может иметь прогностическое значение.

Весь период развития котовника кошачьего (см. табл.) был разбит нами на 16 декад. Для них были рассчитаны средние за декаду значения параметров внешней среды (данные метеостанции Никитский сад): Температура воздуха, °С.; суммарные осадки, мм.; продолжительность солнечного сияния, час.; температура почвы, °С.; относительная влажность воздуха, %.; разность температур лист-воздух, °С. (наши измерения).

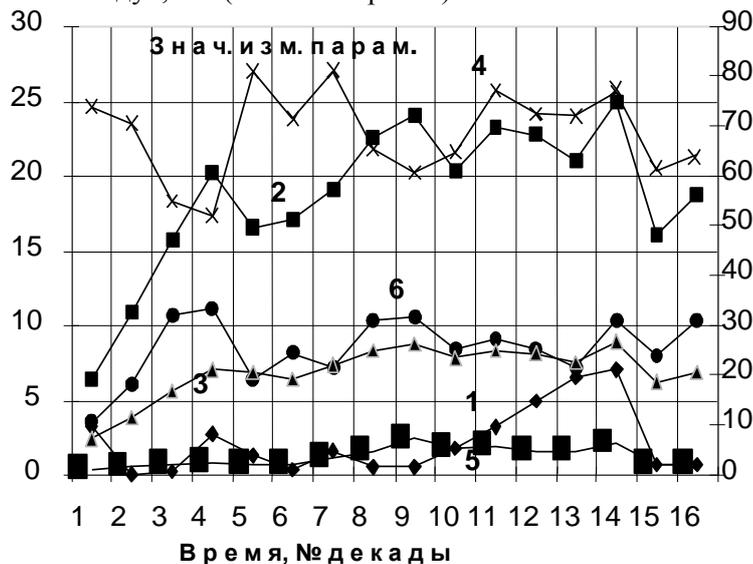


Рис. 8. Естественные изменения (средних за декаду) значений измеряемых параметров окружающей среды на протяжении периода вегетации (2005 г.) котовника кошачьего (обозначения см. выше 1-6 соответственно).

Исходя из этих данных, построили математическую модель (уравнение множественной линейной регрессии) зависимости интенсивности транспирации от факторов внешней среды.

Уравнение имеет вид: $y = 2,788 + 1,308X_1 - 0,2975X_2 - 0,696X_3 - 0,751X_4 - 0,0222X_5 + 0,0283X_6$. Обозначения независимых переменных X_1 - X_6 (см. выше). Коэффициент детерминации: $R^2 = 0,95325$.

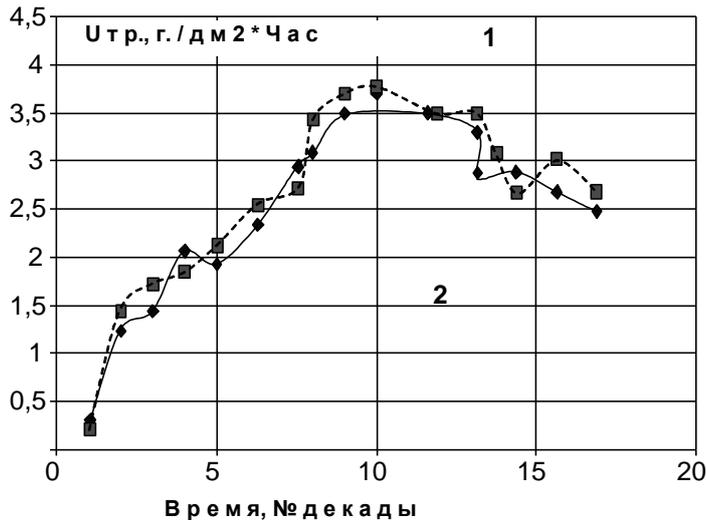


Рис.9. Изменение интенсивности транспирации на протяжении периода вегетации котовника кошачьего (2005 г.): 1. экспериментальная зависимость, 2. теоретическая зависимость.

Как видно из рис. 9, экспериментальная и теоретическая зависимости не сильно различаются.

Расчеты показали, что максимальная ошибка модели составляет 20-25%, что для биологических объектов вполне приемлемо.

Проведенные нами исследования по изучению особенностей динамики водного режима котовника кошачьего в факторостатных условиях и в условиях вегетационного опыта позволили изучить зависимость интенсивности транспирации от основных факторов внешней среды, что дало возможность построить динамическую модель этого процесса с интервалом времени в 1 час. Ошибка модели составила 15-20%, что имеет прогностическое значение.

Разбиение всего периода вегетации котовника кошачьего на 16 декад и нахождение зависимостей между средними за декаду значениями основных факторов внешней среды и интенсивностью транспирации позволило построить динамическую модель водного режима с вышеуказанным шагом. Точность модели, естественно, ниже (20-25%), однако для биологических объектов она тоже может иметь прогностическое значение.

Список литературы

1. Бондаренко А.К., Чуб В.Г., Бондаренко Б.С., Овдиенко О. А. Лекарственные растения юга Украины. – Киев: Ассоциация украинских экспортеров печатной продукции, – 1992. – 262с.
2. Балыков Н.Г. Методы и устройства автоматической регистрации процессов роста древесных растений // Биофизические методы исследований в экофизиологии древесных растений – Л.: Наука, 1979 – С.18-34.
3. Бекетовский Д.Н. Введение в изучение лекарственных и ароматических растений. – М. Сельхозгиз, 1937; – 121с.
4. Гаммерман А.Ф., Кидаев Г.Н., Яценко-Хмелевский А.А. Лекарственные растения. – М.: Высшая школа, 1984. – 400с.
5. Илиева С. Лекарственные культуры. – София, 1981; – 262с.
6. Ильницкий О.А., Лищук А.И., Ушкаренко В. А. Фитомониторинг в растениеводстве.– Херсон, 1987. – 235с
7. Капелев О.И. Биологические особенности семян котовника лимонного // Бюл. Никит. ботан. Сада. – 1984. – Вып. 53. – С. 46-51.
8. Казакова А.М., Крамаренко Н.А. Влияние минеральных удобрений на формирование листовой поверхности и продуктивность фотосинтеза у эспарцета. Тр. Ставропольск. с.-х. ин-т, – 1975.– Вып.38, т.1,–С 122-127.
9. Клейман Э.И. Водный режим растений при резких изменениях факторов среды- Автореф. дис.... канд. биол. наук. – Кишинев, 1988. – 17 с.
10. Козловский Т. Водный обмен растений–М.: Колос, 1969–247с.
11. Работягов В. Д., Ушкаренко В. А., Федорчук М. И. Эфиромасличные и пряновкусовые растения в народной медицине. – Херсон, – Айлант, – 1998. –78с.
12. Тон Ю. Д., Клейман Э. И. Способ определения устьичного сопротивления листьев. – А. С. №1639497. – 1991. – Б. И. №40.
13. А. С. №1337645 Устройство для контроля относительного изменения тургесцентности- Балашов А.Н., Рубинштейн Д.С., Тон Ю.Д. – 1987 – Б.И. №34.
14. Чернавин А. С. Руководство по применению удобрений под лекарственные и эфиромасличные растения. – М. – Л.- 1933. – 82с.
15. Эфиромасличные и пряноароматические растения в народной медицине / Работягов В.Д., Ушкаренко В.А., Федорчук М.И. и др. – Херсонес: Айлант. – 1998. – 78 с.