

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ УСЛОВИЯМИ ПИТАНИЯ НАПЕРСТЯНКИ ШЕРСТИСТОЙ (*DIGITALIS LANATA* L.), CO₂-ГАЗООБМЕНОМ И ОСНОВНЫМИ ФАКТОРАМИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

О.А. ИЛЬНИЦКИЙ, доктор биологических наук;
С.В. БОНДАРЧУК, кандидат биологических наук;
И.Н. ПАЛИЙ

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

Введение

Наперстянка шерстистая (*Digitalis lanata* L.) – многолетнее травянистое растение семейства норичниковых (Scrophulariaceae). Видовое определение произошло от латинского «ланатус» (покрытый шерстью, волосатый) и связано с войлочно-опушенными цветочной остью и цветками растения. *D. lanata* – лекарственное растение высотой 60-80 см с одиночным прямым, внизу голым стеблем, равномерно олиственным. Листья длиной от 6 до 20 см, шириной 1,5-3,5 см. Нижние листья, отмирающие к началу цветения, продолговато-яйцевидные, тупо-заостренные, голые, цельнокрайние, зеленые с обеих поверхностей. Главная и крупные боковые жилки на нижней поверхности листа голые; верхние листья ланцетовидные, сидячие, постепенно уменьшающиеся и переходящие в прицветник. Соцветие – густая, длинная, пирамидальная, густоопушенная кисть [4]. Цветки буровато-желтые, с лиловыми жилками. Венчик шаровидно вздутый, с сильно выдающейся вперед средней лопастью нижней губы. Цветет в июле-августе. В диком виде *D. lanata* встречается на Балканах, Молдавии и Закарпатье, на Украине и Северном Кавказе [8, 9]. *D. lanata* – светолюбивое засухоустойчивое растение [2].

В культуру *D. lanata* введена в Венгрии, Швеции, на Украине и Северном Кавказе. Урожай воздушно-сухих листьев может достигать 1-1,5 т с гектара. Большой интерес представляет собой использование семян в качестве сырья, урожай которых, в среднем, составляет 10-12 ц с гектара [5].

В лечебных целях используют розеточные листья первого года и стеблевые – второго года развития растения. Они содержат около 50 сердечных гликозидов, в том числе ряд лантозидов, дигитоксин, дигоксин, группу стероидных гликозидов, органические кислоты и другие вещества. В медицинской практике [12] также используют индивидуальные гликозиды, получаемые из листьев *D. lanata*, – целанид, дигоксин, а также препарат, содержащий несколько гликозидов этого вида наперстянки, «лантозид». Препараты *D. lanata* действуют подобно препаратам наперстянки пурпуровой, однако они быстрее всасываются, меньше накапливаются в организме, обладают несколько большим диуретическим

эффектом [10, 11]. Промышленностью выпускаются препараты *D. lanata*: «дигоксин» в таблетках по 0,25 мг и в ампулах по 1 мл 0,025%-ного раствора; «целанид» в таблетках по 0,25 мг, в каплях по 10 мл 0,05% раствора для приема внутрь и в ампулах по 1 мл 0,02%-ного раствора. Этот же препарат под названием «изоланид» поступает из Венгрии. Все лекарственные травы и препараты *D. lanata* применяют только по назначению врача.

Физиология *D. lanata* и агротехника выращивания [14] в настоящее время изучены слабо и требуют дальнейшего изучения [1, 15, 16]. Известно, что увеличение концентрации углекислого газа увеличивает накопление сухой массы и концентрацию дигитоксина в тканях листьев [15]. Дефицит почвенной влаги приводит к снижению водного потенциала листьев с $-0,7$ до $-2,5$ МП, при этом снижается концентрация хлорофилла и увеличивается содержание каротиноидов [16]. Предполагается, что эти процессы приводят к ускоренному старению листа. Агротехника выращивания *D. lanata* также требует дальнейших исследований, т.к. имеются данные, что при внесении органических удобрений (навоз) увеличивается концентрация белка в листьях, повышается устойчивость к неблагоприятным условиям. Однако при этом снижается накопление гликозидов [1].

В связи с вышеизложенным, цель наших исследований заключалась в выявлении особенностей динамики CO_2 -газообмена у *D. lanata* в контролируемых условиях на фоне различного корневого питания.

Объекты и методы исследований

Для изучения взаимосвязей между условиями питания *D. lanata* с CO_2 -газообменом [7] и основными факторами внешней среды была проведена серия экспериментов в климатической камере и в условиях вегетационного опыта.

В наших исследованиях применялись 4 варианта внесения удобрений:

1. Внесение навоза (навоз 40 т/га) и минеральных удобрений, $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$;
2. Внесение только, навоза 40 т/га;
3. Внесение только минеральных удобрений, $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$;
4. Контроль.

Растения *D. lanata* выращивались в вегетационных сосудах емкостью 10 л. Опыты проводились в 3-кратной повторности.

Были изучены зависимости интенсивности CO_2 -газообмена *D. lanata* от основных факторов внешней среды:

- интенсивности солнечной радиации;
- температуры воздуха;
- влажности воздуха;
- влажности почвы (водного потенциала почвы).

Для проведения экспериментов была использована фитометрическая система «Экоплант» [3, 5, 6], позволяющая регистрировать параметры внешней среды и растения. Получаемая информация поступала в базу данных компьютера и затем обрабатывалась различными пакетами прикладных математических программ (Exel, Statistica и др.). Система позволяет измерять температуру листьев растения, разность температур лист-воздух, относительную скорость [6] ксилемного потока в побегах (стеблях) растений и изменение их тургесцентности (диаметра), устьичное сопротивление листа, биоэлектрическую разность потенциалов, водный потенциал листьев и другие параметры. При получении зависимостей интенсивности CO_2 -газообмена от основных факторов внешней среды: $\Phi L=f(I)$; $\Phi L=f(\psi.\text{поч})$; $\Phi L=f(T_{\text{воз.}})$; $\Phi L=f(h_a)$ один из параметров является независимой переменной, а остальные стабилизируются. Такая методика измерений описана в литературе [3, 6]. Изменяя независимую переменную, находят искомую зависимость. Листовые камеры системы «Экоплант» для измерения интенсивности CO_2 -газообмена автоматически закрываются на 90 сек. За такой промежуток времени лист не успевает перегреться, что доказано специально проведенными экспериментами.

Водный потенциал почвы измерялся психрометрическим методом при помощи датчиков установки «Экоплант» [6]. Датчики ψ поч. и $T_{\text{поч}}$ находились в зоне корневой системы, на глубине 3 и 11 см.

ψ поч. рассчитывался автоматически по программе «Экоплант -WP» с помощью компьютера, входящего в состав системы, через определенные промежутки времени (не менее 600 сек).

В систему, кроме фитометрических преобразователей, перечисленных выше, входили несколько алгоритмических датчиков (измерение суммарной солнечной радиации, диффузионного сопротивления листа, водного потенциала листьев и почвы), расчет показаний которых проводился по специальным программам, включал в себя несколько измерений, и требуемое время составило не меньше 600 сек.

Результаты и обсуждение

Естественный ход интенсивности CO_2 -газообмена листьев *D. lanata* для четырех различных вариантов внесения удобрений и их реакцию на включение-выключение света (остальные факторы внешней среды стабилизированы) представлен на рис. 1. Разница между вариантами внесения удобрений достигает 4 единиц в сторону оптимального внесения удобрений. Дисперсионный анализ показал достоверность различий между вариантами питания растений при освещении растений. При выключении света в камере (дыхание растений) эти различия не достоверны. Стрелками на рисунке обозначено включение и выключение света в климатической камере.

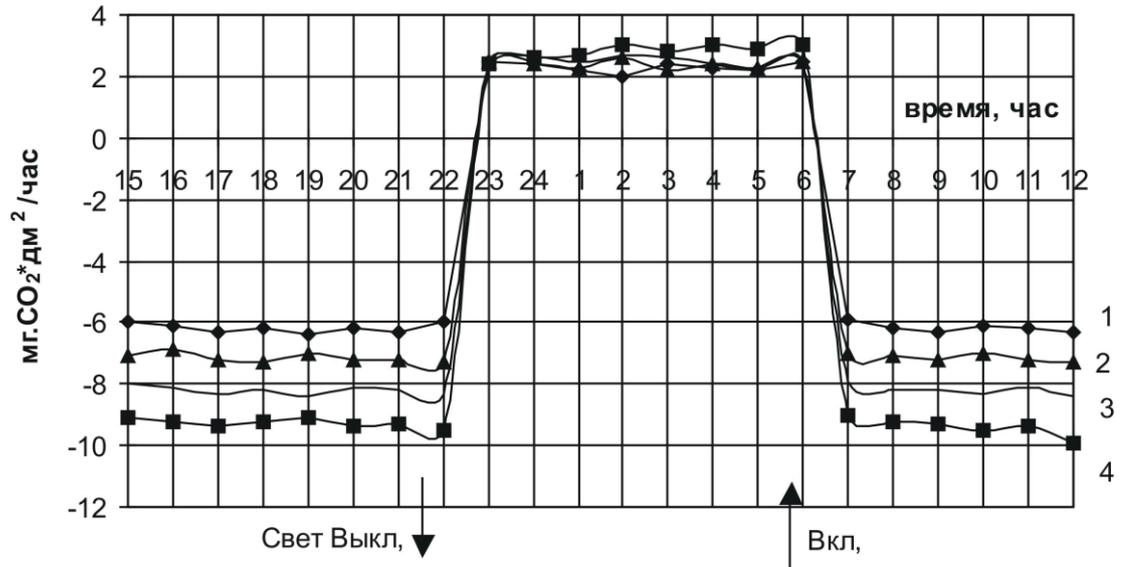


Рис. 1. Зависимость CO₂-газообмена листьев наперстянки шерстистой от вариантов внесения удобрений, где 1-4 варианты внесения удобрений

При включении-выключении света в зоне опыта изменяется концентрация CO₂ вследствие изменения процесса «фотосинтез–дыхание».

При выключении света концентрация CO₂ в зоне опыта повышается при выделении его растением с 280 до 315 ppm, а при включении света снова снижается до 275 ppm вследствие поглощения CO₂ в процессе фотосинтеза (рис. 2).

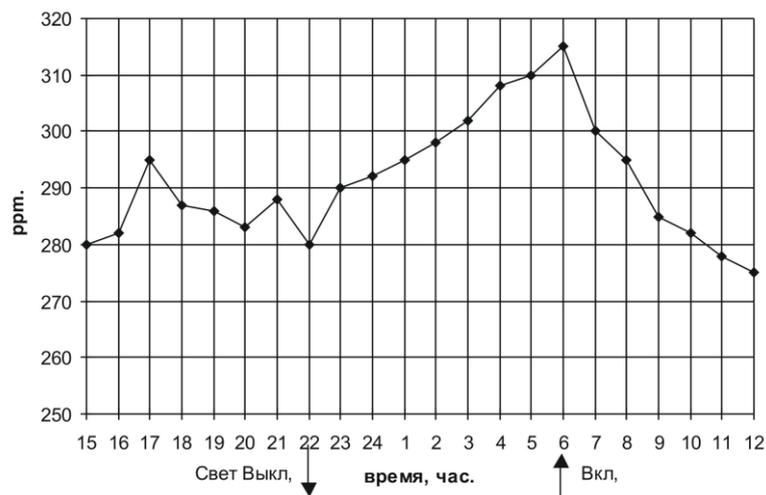


Рис. 2. Изменение концентрации CO₂ в зоне опыта *D. lanata*

Включение-выключение света в зоне опыта приводит к изменению температуры листа вследствие изменения его транспирации (рис. 3). При этом разность температур лист-воздух достигает 3°C.

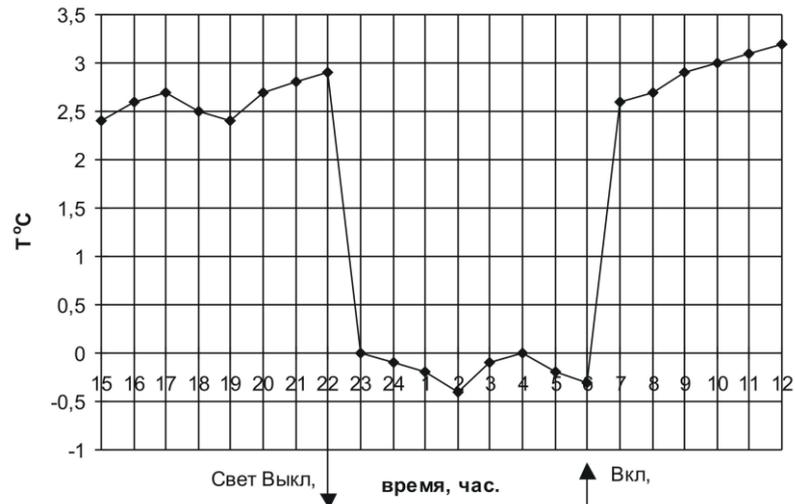


Рис. 3. Изменение разности температур лист-воздух вследствие включения-выключения света

При изучении зависимости CO_2 -газообмена от освещенности $\Phi L = f(I)$ в климатической камере влажность почвы равнялась 90-70% НВ, $T_{\text{воз.}} = 22-24^\circ\text{C}$; $h_a = 0,7 - 0,8$. На рисунке 4 приведена зависимость $\Phi L = f(I)$ для 4х вариантов внесения удобрений. Как видно из этого рисунка, световые кривые CO_2 -газообмена приближаются к плато насыщения при освещенности 0,4 - 0,5 кВт/м^2 , различие между вариантами достигает 4 $\text{мг. CO}_2 \cdot \text{дм}^2 / \text{час}$. Двухфакторный дисперсионный анализ подтвердил достоверность различий между вариантами опыта.

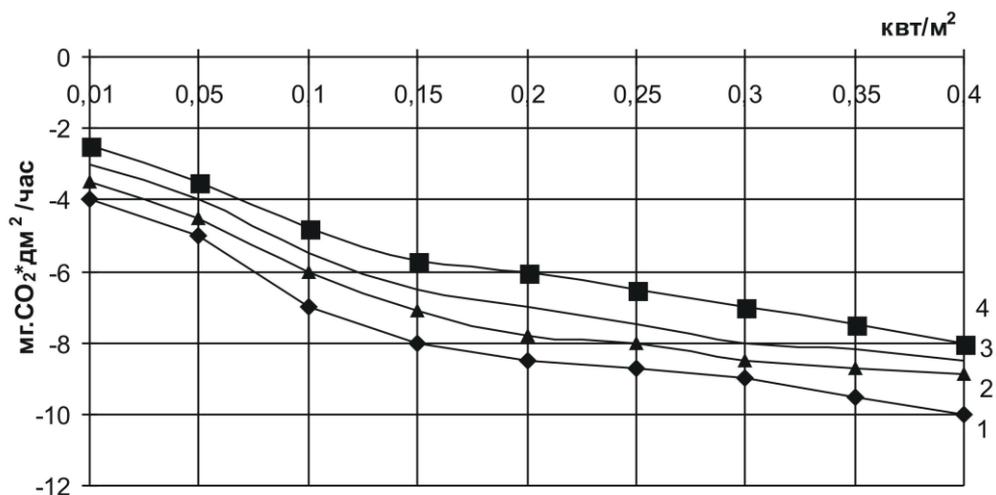


Рис. 4. Зависимость интенсивности CO_2 -газообмена от освещенности при различных вариантах питания растений 1-4

При определении зависимости интенсивности CO_2 -газообмена от влажности почвы $\Phi L = f(\psi \text{ поч})$ температура воздуха поддерживалась $22-24^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха – 70-80%, освещенность – 80 Вт/м^2 .

Зависимость $\Phi L = f(\psi \text{ поч})$ для 4-х вариантов внесения удобрений (1-4 см. выше) приведена на рис.5. Как видно из рисунка, зависимости по форме близки к экспоненте. Разница в интенсивности CO_2 -газообмена составляет 1-2 единицы. Двухфакторный дисперсионный анализ подтверждает достоверность различий между вариантами питания растений.

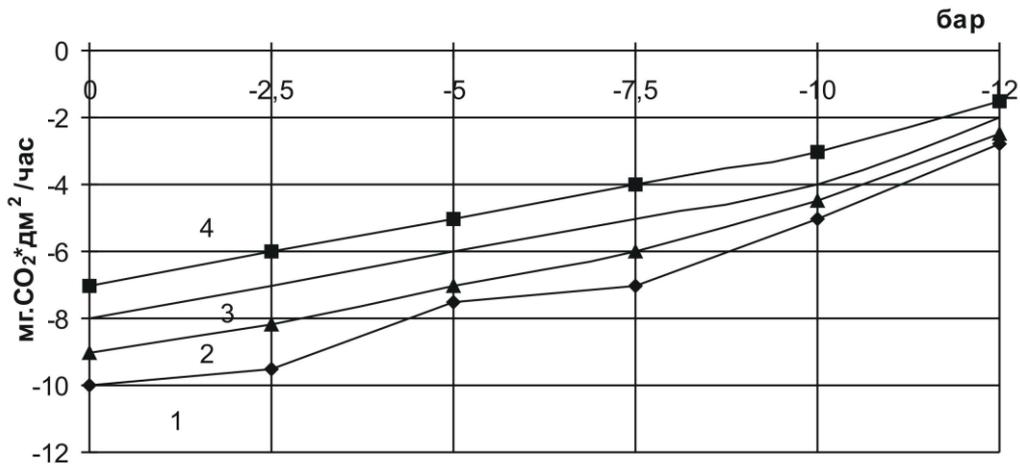


Рис. 5. Зависимость интенсивности CO_2 -газообмена от водного потенциала почвы для различных вариантов питания растений

При определении зависимости интенсивности CO_2 -газообмена от температуры воздуха освещенность в зоне опыта поддерживалась 80 Вт/м^2 , влажность воздуха $h_a = 0.6-0.8$, влажность почвы в вегетационном сосуде $W_{\text{поч}} = 70-90\% \text{ НВ}$.

Зависимость интенсивности CO_2 -газообмена от температуры воздуха при 4 вариантах питания растений представлена на рис. 6. Переход от фотосинтеза к дыханию происходит при температуре примерно 30°C . Разница в интенсивности фотосинтеза между вариантами достигает примерно 3 единицы.

Как видно из рисунка, оптимум фотосинтеза соответствует температуре $28-30^\circ\text{C}$.

После достижения оптимума фотосинтеза при дальнейшем повышении температуры воздуха кривые зависимости практически сливаются в одну линию, что возможно связано с генетической устойчивостью данного вида (сорта) к действию повышенных температур.

Дисперсионный анализ показал, что различия между вариантами достоверны лишь до достижения критических температур.

Зависимость интенсивности видимого фотосинтеза от влажности воздуха определяли при температуре воздуха в камере $24-25^\circ\text{C}$, влажности почвы $70-90\% \text{ НВ}$, освещенности — 80 Вт/м^2 .

На рисунке 7 показана эта зависимость. Из графика видно, что с понижением относительной влажности воздуха от 0,8 до 0,4 интенсивность

CO₂-газообмена ФЛ во всех вариантах уменьшается, однако эти изменения не очень значительны.

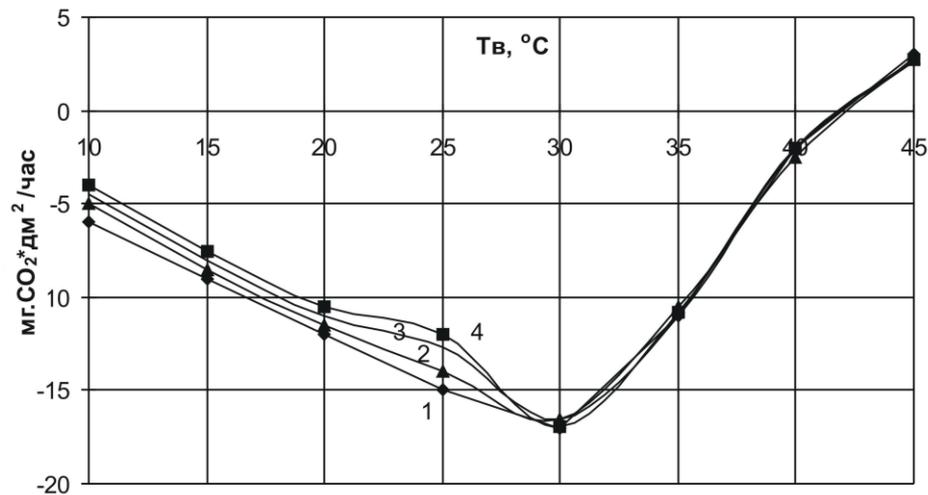


Рис. 6. Зависимость интенсивности CO₂-газообмена от температуры воздуха при различных условиях питания растений

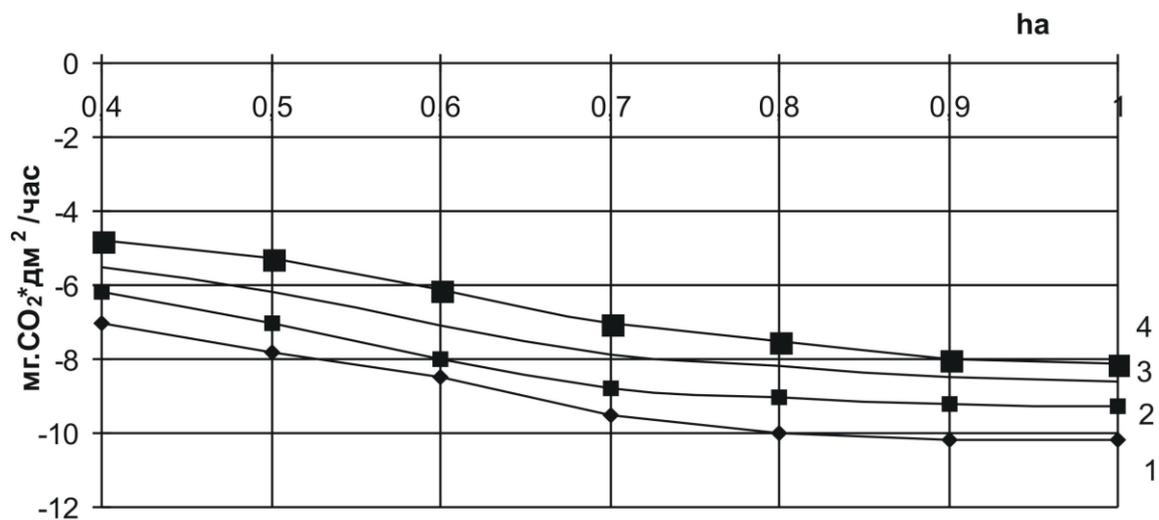


Рис. 7. Зависимость CO₂-газообмена от относительной влажности воздуха при различных условиях питания растений

Дисперсионный анализ подтвердил достоверность этих различий.

Таким образом, проведенные исследования позволили определить оптимальные и ограничивающие условия интенсивности CO₂-газообмена (фотосинтез плюс дыхание), что позволит найти пути к получению максимальной биомассы растений *D. lanata* и, следовательно, эфирного масла.

Выводы

1. Применение методологии и приборной базы фитомониторинга позволило решить ряд задач по изучению физиологических особенностей и условий корневого питания *D. lanata*.

2. Установленные зависимости между CO_2 -газообмена листьев растения и основными факторами внешней среды (интенсивностью солнечной радиации, температурой воздуха, влажностью воздуха и влажностью почвы) позволили определить оптимальное и ограничивающее воздействие этих факторов на процесс, определяющий продуктивность растений.

3. Применение различных вариантов корневого питания растения позволило определить оптимальный, что дает возможность повысить урожайность *D. lanata*.

4. Результаты проведенных исследований могут быть рекомендованы для практического выращивания *D. lanata*.

Список литературы

1. Иващенко А.А. Влияние удобрений на урожай и качество продукции дигиталиса // Отчет УЗОС за 1935 г. – К., 1955. – С. 23-31.
2. Иванина Л.И. Род *Digitalis* и его практическое применение // Труды Ботан. ин-та им. Комарова АН СССР. – 1955. – Вып. 2. – С. 21-28.
3. Ильницкий О.А., Щедрин А.Н., Грамотенко А.П. Экологический мониторинг. – Донецк, 2010. – 293 с.
4. Катукон Г.Н. К вопросу о введении в культуру наперстянки и подофилла // Труды Ботан. ин-та им. Комарова АН СССР. – 1959. – Вып. 7. – С. 14-19.
5. Катукон Г.Н. Культивируемые и дикорастущие лекарственные растения. – К.: Наукова думка, 1974. – 166 с.
6. Основы фитомониторинга (мониторинг физиологических процессов в растениях) / Ильницкий О.А., Бойко Н.Ф., Федорчук М.И. и др. – Херсон, 2005. – 345 с.
7. Лайск А.Х. Кинетика фотосинтеза и фотодыхания C_3 - растений. – М.: Наука, 1977. – 195 с.
8. Лекарственные растения юга Украины / Бондаренко А.К., Чуб В. Г., Бондаренко Б.С., Овдиенко О. А. – К.: Ассоциация украинских экспортеров печатной продукции, 1992. – 262 с.
9. Гаммерман А.Ф., Кидаев Г.Н., Яценко-Хмелевский А.А. Лекарственные растения / – М.: Высшая школа, 1984. – 400 с.
10. Максютин М.Д. Растительные лекарственные средства. – К.: Здоровье. – 1984. – 349 с.
11. Машковский М.Д. Лекарственные средства. – М.: «Медицина», 1986. – 624 с.

12. Работягов В.Д., Ушкаренко В.А., Федорчук М.И. Эфиромасличные и пряновкусовые растения в народной медицине. – Херсон: Айлант, 1998. – 78 с.
13. Фитомониторинг в растениеводстве / Ильницкий О.А., Лищук А.И., Ушкаренко В.А. и др. – Херсон, 1987. – 235 с.
14. Чернавин А.С. Руководство по применению удобрений под лекарственные и эфирноносные растения. – М.-Л., 1933. – 82 с.
15. Stuefauth T., Fock H.P. Effect of a medicinal plant *Digitalis* // Z. Acker.-und Pflanzengban. – 1990. – V. 164, №3. – P. 168-173.
16. Stuefauth T., Stuer B., Fock H.P. Chlorophylls and carotenoids under water stress and their relation to primary metabolism // Photosynthetica. – 1990. – V. 24, №3. – P. 412-418.