

Л.Д. Орлова

АНАЛІЗ ВМІСТУ ХЛОРОФІЛІВ У ЛУЧНИХ РОСЛИН ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

вміст хлорофілів, характеристика, лучні рослини, Лівобережний Лісостеп України

Вступ

Лучні рослини представляють собою основу кормової бази тваринництва та широко використовуються у практичному житті людини. Інтенсивне і раціональне використання потенціалу лучних угідь можливе лише за умов глибоких знань про біоморфологічні та фізіолого-біохімічні особливості представників лучних травостоїв. Особливо це актуально у теперішній час, оскільки негативний вплив людини на природні фітоценози постійно посилюється. Природних, непорушних ценозів залишилося дуже мало. Тому моніторингові спостереження за всіма проявами життєдіяльності рослинного компонента дасть змогу встановити стан та можливі подальші зміни фітоценозів, у тому числі лучних.

До сьогодні не існує широкого систематичного аналізу важливих фізіологічних процесів лучних трав. Це викликано двома обставинами. Перша полягає в тому, що основна увага завжди була привернута до вивчення фізіології таких однорічних «стратегічних» культур, як пшениця, цукровий буряк, бавовник та ін. Друга пов'язана з труднощами, які виникають при вивченні процесів життєдіяльності багаторічних рослин [23]. Серед проявів функціональної активності рослин є ті, що визначають продуктивність рослин, в першу чергу – фотосинтез.

Механізм перетворення фізичної енергії в хімічну за допомогою «космічної ролі» рослин знаходиться у прямій залежності від особливостей молекулярної структури клітин листка. Як відомо, основна роль у такому перетворенні належить фотосинтезуючому комплексу пігментів, у першу чергу хлорофілам [9, 14].

Д. І. Алієв проаналізував роботи попередників стосовно виявлення залежності між вмістом хлорофілів та фотосинтезом [2]. Він встановив, що, з одного боку, пряма залежність енергії фотосинтезу від концентрації суми хлорофілів спостерігається досить рідко і лише в деяких випадках, обмежених певним співвідношенням зовнішніх і внутрішніх факторів – світла, температури, віку листків та ін. З іншого боку, відмічено, що із збільшенням кількості суми хлорофілів інтенсивність фотосинтезу зростає прямо пропорційно сумі пігментів. Разом з тим, автор наводить відомості, що збільшення концентрації і загального вмісту зеленого пігменту в листках найчастіше супроводжується зниженням середньодобової продуктивності роботи хлорофілу. Але це відбувається не прямо пропорційно змінам кількості пігменту, а значно відстає від нього. Тобто результати дослідження щодо залежності між продуктивністю та вмістом хлорофілу певною мірою – протилежні. Але всі дослідження приводять до думки, що кількість суми хлорофілів є не тільки прямим фактором фотосинтезу, а і опосередкованим – в різних умовах оточуючого середовища, які по-різному впливають на супутні фізіологічні процеси, що відбиваються на інтенсивності фотосинтезу і врожайності.

У останній час з'явилося досить багато публікацій стосовно виявлення вмісту та впливу умов на кількість суми хлорофілів. Особливо чисельні дослідження проведено з культивованими трав'янистими рослинами. Так, Г. С. Горбунова з'ясувала зміни фотосинтезу і вмісту пігментів та деяких інших фізіологічних процесів в онтогенезі рослин у зв'язку з різними умовами середовища [7]. Фундаментальні дослідження з рядом сільськогосподарських культур були проведені Д. А. Алієвим [2]. У його монографії наведено динаміку вмісту суми хлорофілів окремих рослин і вплив різних мінеральних елементів на цей показник. Традиційно багато робіт щодо впливу умов на вміст зелених пігментів у рослин родини Poaceae Barnhart: роду *Triticum* L. – нестачі води і водного дефіциту [12], світла різного спектрального складу [11]; *Zea mays* L. – освітленості і азотного живлення [19], різних гібридів [25], *Hordeum vulgare* L. – нестачі вологи [17, 27] та ін. Досліджено кількісні характеристики вмісту суми хлорофілів *Pisum sativum* L. залежно від впливу світла різної інтенсивності та спектрального складу [21], *Phaseolus vulgaris* L. – за умов

грунтової посухи [29], *Glycine max* (L.) Merr. при вирощуванні на відвалах корисних копалин [28]. Доведено вплив спектрального складу світла на *Lycopersicon esculentum* Mill [5], з'ясовано зміни вмісту зелених пігментів у процесі онтогенезу у *Linum usitatissimum* L. [18], склад і вміст пігментів видів роду *Brassica* L. [26] та багато ін.

Набагато менше досліджень у цьому напрямку проведено з дикорослими представниками флори. До них можна віднести фундаментальну роботу Л.М. Алексеєнка з продуктивності лучних рослин залежно від умов середовища [1]. Автор прямо не визначав кількісні характеристики пігментів, але з'ясував оптимальні умови проходження фотосинтезу лучних травостоїв в онтогенезі, а отже, і умови накопичення пігментів. Особливості пігментного складу пластид і фотосинтезу в листках ефемероїдів і літньо-вегетуючих рослин у зв'язку з проблемою фотоінгібування виявили Т.Г. Маслова із співавторами [16]. Встановлено вміст і стан суми хлорофілів у багаторічних трав'янистих рослин на півночі [24]. Л.М. Лук'янова із співавторами дослідили газообмін і пігментний склад рослин Кольської Субарктики [15]. Кількісні показники фотосинтезуючих пігментів вивчили ряд авторів в дикорослих кормових рослинах Узбекистану [23]. Досить детально з'ясовано структуру фотосинтезуючого апарату та вміст пігментів у степових рослинах Туви [7]. В.Р. Кочкарьов та П.В. Кочкарьов виявили вміст суми хлорофілів у пасовищному травостої [13] залежно від режиму вологості ґрунтів та використання азотних добрив. М.Г. Буїнова та Н.К. Бадмаєва проаналізували вміст зелених пігментів у представників галофітної флори [3]. Було з'ясовано вміст суми хлорофілів у рослин різних господарських груп суходільних луків [21].

Відомості про особливості пігментного комплексу лучних рослин Лівобережного Лісостепу України обмежені. Нами раніше були з'ясовані фізіологічні показники, в тому числі і вміст фотосинтезуючих пігментів, у *Echium vulgare* L., який зростає в досліджених фітоценозах [18].

Мета та завдання

Основною метою нашого дослідження було вивчення вмісту хлорофілів у лучних рослин Лівобережного Лісостепу України. Завдання роботи включали порівняльний аналіз рівнів суми хлорофілів різними видами лучних рослин у межах родин, родів і видів, класифікацію за вмістом накопичення зелених пігментів, виявлення залежності від біоморф і гігоморф, з'ясування динаміки їх кількості упродовж онтогенезу.

Об'єкти і методи дослідження

Дослідження проводилися на трав'янистих представниках відділу Magnoliophyta (Angiospermae). Вивчені лучні види класу Magnoliopsida (Dycotyledones), які відносились до 16 родин і класу Liliopsida (Monocotyledones), що входили до п'яти родин.

Зелені пігменти з листків екстрагували ацетоном з додаванням CaCO_3 . Вміст суми хлорофілів визначали на фотоелектроколориметрі [6]. Кількість суми хлорофілів розраховували в міліграмах на грам (мг/г) сирової ваги свіжозібраних листків. Результати дослідження опрацьовано за допомогою методів варіаційної статистики [10].

Результати досліджень та їх обговорення

У адаптації рослин до зовнішніх умов задіяні різні фізіолого-біохімічні й анатомо-морфологічні механізми. Рослини різних умов зростання, різних екологічних груп в однотипних умовах, представники різних систематичних груп відрізняються певними особливостями будови вегетативних і генеративних органів, інтенсивністю і напрямком метаболізму та ін. У першу чергу це стосується інтенсивності різних процесів, зокрема фотосинтезу та вмісту пігментів. Вивчення особливостей пігментного апарату рослин з різною толерантністю має велике значення для з'ясування механізмів пристосування до умов існування.

Кількість суми хлорофілів відноситься до одних із основних адаптаційних факторів [8]. У зв'язку з цим важливо мати уявлення про її вміст у різних видів.

Літературні дані свідчать, що у листках більшої частини видів вміст зелених пігментів знаходиться в межах 1,50 – 3,00 мг/г сирової речовини або 1,00 % від сухої маси [8]. М.Г. Буїнова та Н.К. Бадмаєва для галофітних рослин наводять його в інтервалі від 0,22 до 3,55 мг/г сирової ваги [3]. В умовах дослідженого регіону, за нашими даними, цей показник у видів складає 0,57 – 6,21 мг/г

сирої ваги. При цьому у межах родів він коливається в межах 1,41 – 6,21 мг/г сирої ваги. На рівні родин він знаходиться в рамках 1,15 – 5,76 мг/г сирої ваги.

Середній вміст суми хлорофілів у досліджених видів складає $2,48 \pm 1,21$ мг/г сирої ваги. Для представників пустельної флори, за даними А.О. Горшкової та Г.К. Зверевої, у 50 % вивчених видів цей показник не перевищує 1,50 мг/г сирої маси [8]. Вони наводять думки інших авторів, які вважають, що це адаптивна ознака, оскільки в умовах інтенсивного освітленості для створення маси органічної речовини достатньо невеликої кількості пігменту. У збірці робіт з вивчення дикорослих кормових рослин Узбекистану наводяться подібні результати для ефемерів і ефемероїдів жарких місць зростання і вказується, що ці види рослин відносяться до світлолюбивого типу і містять небагато хлорофілу [23]. Але разом з тим наводяться наслідки вивчення пігментів у різних видів роду *Onobrychis* Mill. в межах 1,40 – 1,90 мг/г сирої ваги. При нестачі вологи вміст зелених пігментів у вивчених видах зменшувався. У той же час для холодних районів півночі характерним є більш високий рівень вмісту суми хлорофілів [24].

Порівняння різних систематичних груп лучних рослин за вмістом зелених пігментів наведено на рисунку 1.

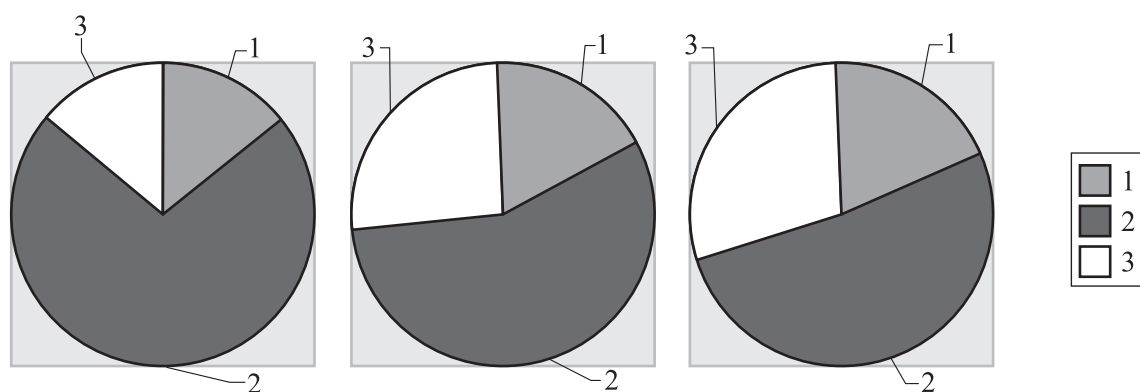


Рис. 1. Групи лучних рослин Лівобережного Лісостепу України за вмістом суми хлорофілів у родинях (А), родах (Б), видах (В): 1 – до 1,50; 2 – 1,50 – 2,99; 3 – 3,00 і більше мг/г сирої речовини

Аналіз даних проведеного дослідження дозволяє виділити три групи лучних рослин стосовно накопичення зелених пігментів. Встановлено, що на рівні родин, родів і видів найбільше представників мали вміст суми хлорофілів 1,50 – 2,99 мг/г сирої ваги (середня кількість). У той же час, найменший відсоток серед цих систематичних груп складав до 1,50 мг/г сирої ваги. Максимальні (високі) значення показника мали представники в межах 14,3 – 29,5 % усіх вивчених груп. М.Г. Буїнова та Н.К. Бадмаєва степові рослини також поділили на три групи за кількістю зелених пігментів, але інтервали були дещо інші: перша група 0,40 – 1,10, друга – 1,11 – 2,15, третя – 2,20 – 3,55 мг/г сирої маси [3].

Нами встановлено, що в цілому дводольні рослини мають вищий рівень вмісту суми хлорофілів, ніж однодольні, на 25%. Хоча представники Роасеae і Сурегасеae Juss. мали його на рівні 2,77 та 2,07 мг/г сирої маси (середні величини). Види Asteraceae Dumort. і Fabaceae Lindl. містили найбільшу (високу) кількість пігментів (3,54 та 3,32 мг/г сирої маси). Л.М. Лук'янова із співавторами також вказують, що серед трав'янистих видів представники Asteraceae були серед тих, які синтезували їх у максимальній кількості [15]. Подібні результати отримали і інші дослідники [21]. Вони з'ясували, що серед ботаніко-господарських груп рослин суходільних луків першість за вмістом суми хлорофілів майже завжди займають представники Fabaceae, друге місце посідають види Роасеae. Рослини групи різнотрав'я у середньому містили його менше двох попередніх груп. Менше всього суму хлорофілів мають види родин Plantaginaceae Juss., Chenopodiaceae Vent., Brassicaceae Burnett (відповідно 1,18 – 1,51 мг/г сирої маси). Порівнюючи отримані нами дані з результатами, наведеними у [24] констатуємо, що вміст суми хлорофілів у видів *Medicago* L., *Trifolium* L. у наших умовах на рівні або вищі, ніж у північних регіонах Росії.

Порівняння вмісту суми хлорофілів у представників різних біоморф (за О.Л. Бельгардом [15]) показало таку закономірність: у цілому кореневищні багаторічні види мали його більшу кількість (середню і в основному високу) порівняно з однорічними і безкореневищними багаторічними видами.

Аналіз вмісту зелених пігментів у представників різних гігоморф виявило, що типові ксерофіти мали дещо вищий вміст суми хлорофілів порівняно з гідрофітами. Мезофіти залежно від систематичного положення мали середні і високі значення цього параметра.

Зміна кількості фотосинтезуючих пігментів, зокрема хлорофілів, обумовлена онтогенетичним розвитком і фенотипічними змінами рослин [23]. Динаміка вмісту досліджуваного пігменту показала підвищення його кількості у більшості видів до бутонізації – початку цвітіння у дводольних, а у представників *Roaseae* – до колосіння – цвітіння (рис.2). Подібні результати було отримано у представників родин *Fabaceae* та *Roaseae* іншими авторами [21, 24]. Хоча окремі види як цих, так і інших родин такої тенденції не виявляли. Очевидно, його вміст у них пов'язаний, в першу чергу, з умовами оточуючого середовища, зокрема температури і вологості повітря. Наведені на рисунку 2 представники мають певні переваги перед іншими, які дозволяють їм добувати і мати додаткові запаси вологи та необхідну кількість пластичних речовин внаслідок пристосувань до умов існування. У *Elytrygia repens* L. – це наявність кореневищ, а у *Trifolium repens* L. – надземні повзучі пагони.

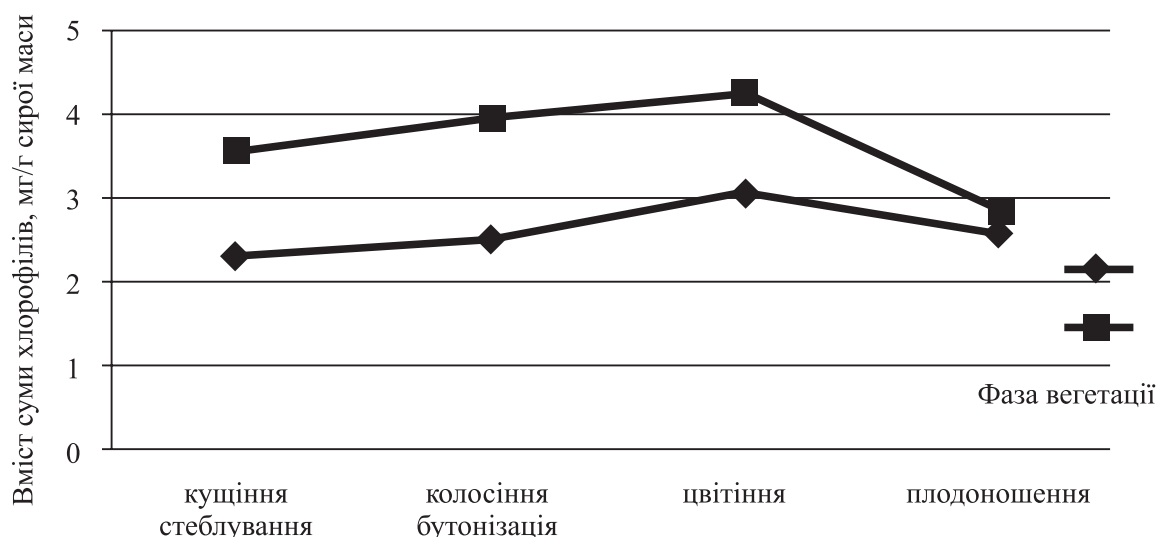


Рис. 2. Динаміка вмісту суми хлорофілів в процесі вегетації *Elytrygia repens* L. (1) та *Trifolium repens* L. (2)

Д.А. Алієв, коментуючи це питання, вказував, що у всіх вивчених культур вміст суми хлорофілів спочатку низький, а в міру росту рослин збільшується, в середині вегетації – у найбільш продуктивний період – досягає максимуму, потім поступово знижується [2]. Хоча наводять дані у інших роботах, які свідчать, що ще немає єдиної думки щодо максимального вмісту пігментів у процесі онтогенезу. Л. М. Лук'янова із співавторами також доводять, що в динаміці за вегетаційний період немає чітко вираженого максимуму у накопиченні зелених пігментів у групі досліджуваних ними рослин [15].

Закінчення

Вміст суми хлорофілів у лучних рослин Лівобережного Лісостепу України залежить від багатьох параметрів. Середнє його значення знаходиться на рівні $2,55 \pm 1,21$ мг/г сирової маси у межах коливання 0,57 – 6,21 мг/г сирової речовини. У цілому, середній вміст пігменту вищий у представників дводольних трав'янистих рослин. Кількість суми хлорофілів у інтервалі 1,5 – 3,0 мг/г сирової маси було у переважній більшості вивчених родин, родів і видів. Максимальні значення параметра виявились у багаторічних трав'янистих кореневищних видів. Значну варіабельність концентрації зелених пігментів мали мезофітні представники. У більшості вивчених видів спостерігалось підвищення кількості суми хлорофілів до цвітіння, а далі відбувалося зниження його вмісту.

1. *Алексеевко Л.Н.* Продуктивность луговых растений в зависимости от условий среды / Л. Н. Алексеевко. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1967. – 168 с.
2. *Алиев Д.А.* Физиологическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений / Д.А. Алиев. – Баку: Элм, 1974. – 335 с.
3. *Буинова М.Г.* Содержание хлорофиллов у представителей галофитной флоры окрестностей озера Соленого (Западного Забайкалья) / М. Г. Буинова, Н. К. Бадмаева // Ботан. журн. – 2004. – Т. 89, № 5. – С. 829 – 838.
4. *Бельгард А.Л.* Лесная растительность юго-востока Украины / Александр Люцианович Бельгард. – Киев: Киевск. гос. ун-т, 1950. – 264 с.
5. *Велит И.А.* Влияние спектрального состава света на содержание пигментов в листьях томата / И.А. Велит, П.И. Бондарь, Т.В. Сахно, Г.М. Мякушко // Физиология и биохимия культ. растений. – 2004. – Т. 36, № 4. – С. 349 – 355.
6. *Викторов Д.П.* Практикум по физиологии растений / Д.П. Викторов. – Воронеж: Изд-во Воронежск. ун-та, 1991. – 174 с.
7. *Горбунова Г.С.* Изменения фотосинтеза и некоторых других физиологических процессов в онтогенезе растений в связи с различными условиями среды: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаника» / Г.С. Горбунова. – Л., 1953. – 18 с.
8. *Горшкова А.А.* Экология степных растений Тувы / А.А. Горшкова, Г.К. Зверева. – Новосибирск: Наука, 1988. – 117 с.
9. *Гуляев Б.И.* Фотосинтез и продуктивность растений: проблемы, достижения, перспективы исследований / Б.И. Гуляев // Физиология и биохимия культ. растений. – 1996. – Т. 28, № 1 – 2. – С. 15 – 35.
10. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследования) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
11. *Зайцева Т.А.* Формирование и развитие функциональной активности фотосинтетического аппарата в клетках различных зон роста первичного листа пшеницы под влиянием света различного спектрального состава / Т.А. Зайцева, К.А. Луговцева // Физиология и биохимия культ. растений. – 1994. – Т. 26, № 5. – С. 444 – 450.
12. *Завадская И.Г.* Влияние обезвоживания листьев некоторых сельскохозяйственных растений на теплоустойчивость клеток и содержание хлорофиллов / И.Г. Завадская, Т.А. Андронина // Ботан. журн. – 1981. – № 1. – С. 42 – 49.
13. *Кочкарев В.Р.* Эколого-химический мониторинг лугово-пастбищной растительности / В. Р. Кочкарев, П. В. Кочкарев. – Орел: Труд, 2001. – 128 с.
14. *Кочубей С.М.* Физико-химические процессы фотосинтеза: история исследований и современное состояние / С.М. Кочубей // Физиология и биохимия культ. растений. – 1996. – Т. 28, № 1 – 2. – С. 73-88.
15. *Лукьянова Л.М.* Газообмен и пигментная система Кольской Субарктики / Л.М. Лукьянова, Т.Н. Локтева, Т. М. Булычова. – Апатиты: Изд-во АН СССР, 1986. – 127 с.
16. *Маслова Т.Г.* Особенности пигментного аппарата пластид и фотосинтеза в листьях эфемероидов и летневегетирующих растений в связи с проблемой фотоингибирования / Т.Г. Маслова, Н.С. Мамушина, Е.К. Зубкова, О.В. Войцеховская // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 1. – С. 59 – 64.
17. *Моткалюк О.Б.* Динамика содержания каротиноидов и хлорофиллов в верхних листьях пшеницы и ячменя в критический к недостатку влаги в почве период / О.Б. Моткалюк // Физиология растений. – 1973. – Т. 20, № 6. – С. 444 – 450.
18. *Орлова Л.Д.* Физиологічні особливості синяка звичайного (*Echium vulgare* L.) / Л.Д. Орлова, Т.С. Двірна / Сучасні проблеми біології, екології та хімії. Міжнар. конф., 29 березня – 1 квітня 2007 р.: тези доп. – Запоріжжя, 2007. – С. 73 – 76.
19. *Полякова И.А.* Особенности изменений пигментного комплекса у хлорофилльных мутантов льна масличного на ранних этапах онтогенеза / И.А. Полякова, Н.В. Онуфриева, В.А. Лях // Физиология и биохимия культ. растений. – 2007. – Т. 39, № 6. – С. 531 – 537.
20. *Порублева Л.В.* Содержание хлорофилла в листьях и хлоропластах инбредных линий кукурузы в зависимости от уровня освещенности и азотного питания / Л.В. Порублева, С.М. Кочубей // Физиология и биохимия культ. растений. – 1994. – Т. 26, № 5. – С. 434 – 438.
21. *Продуктивность луговых сообществ* / Отв. ред. В.М. Понятовская. – Л.: Наука, 1978. – 287 с.
22. *Топчій Н.М.* Вплив світла різної інтенсивності та спектрального складу на пігментний апарат і функціональні характеристики хлоропластів гороху (*Pisum sativum* L.) / Н.М. Топчій, О.О. Сиваш, Р.М. Фомішина // Укр. ботан. журн. – 2004. – Т. 61, № 5. – С. 91 – 98.
23. *Физиология и биохимия дикорастущих кормовых растений Узбекистана* / Отв. ред. Д.К. Саидов. – Ташкент: Фан, 1975. – 160 с.
24. *Физиология и биохимия многолетних трав на Севере* / Отв. ред. И.В. Забоева. – Л.: Наука, 1982. – 142 с.

25. *Ding L.* Photosynthetic rate and yield formation in different maize hybrids / L. Ding, K.J. Wang, G.M. Jiang, M.Z. Liu, L. M. Goo // *Biol. plant.* – 2007. – V. 51, № 1. – P. 165 – 168.
26. *Krumbein A.* Composition and contents of phytochemical (glucosinolates, carotenoids and chlorophylls) and ascorbic acid in selected Brassica species (*B. yuncea*, *B. rapa* subsp., *nippisnica* var. *chinoleifera*, *B. rapa* subsp. *chinensis* and *B. rapa* subsp. *rapa*) / A. Krumbein, I. Schonhof, M. Schreiner // *J. Appl. Bot. and Food. Qual.* – 2005. – V. 79, № 3. – P. 168 – 174.
27. *Li Rong-hu.* Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley / Rong-hu Li, Rei-guo Guo, Michael Baum, Stefania Ceccarelli // *Agr. Sci. China.* – 2006. – V. 5, № 10. – P. 751 – 757.
28. *Onac S.* Accumulation of photosynthetic pigments and protein in the leaves of soybean plants cultivated on mine spoils / S. Onac, Y. Bercea, M. Trifu // *Stud. Univ. Babeş-Bolyai. Biol.* – 2003. – V. 48, № 1. – P. 39 – 47.
29. *Zlatev Zlatco S.* Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants / Zlatco S. Zlatev, Ievan T. Yordanov // *Bulg. Y. Plant Physiol.* – 2004. – V. 30, № 3 – 4. – P. 3 – 18.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Получено 14.07.2010

УДК 581.132.1:633.21(292.485) (477.5)

АНАЛІЗ ВМІСТУ ХЛОРОФІЛІВ У ЛУЧНИХ РОСЛИН ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Л. Д. Орлова

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Вивчено вміст суми хлорофілів у представників 21 родини відділу Magnoliophyta (Angiospermae). Наведено середні значення з межами коливання 0,57 – 6,21 мг/г сирової ваги. З'ясовано, що в цілому дводольні рослини мають вищий даний показник порівняно з однодольними. Запропонована класифікація досліджених видів за кількістю зелених пігментів. Виявлено, що у переважної більшості вивчених рослин вміст суми хлорофілів знаходився в межах 1,5 – 3,0 мг/г сирової ваги. Встановлено залежність цього показника від належності до біоморф і гігоморф. Показано зміну вмісту суми хлорофілів упродовж онтогенезу.

UDC 581.132.1:633.21(292.485) (477.5)

THE ANALYSIS OF CHLOROPHYLL CONTENT OF PRATAL PLANTS OF LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

L.D. Orlova

V.G. Korolenko Poltava National Pedagogical University

The chlorophyll content of representatives of 21 families of Magnoliophyta (Angiospermae) division has been studied. The average figures have been given with fluctuation rate of 0.57 – 6.21 mg/g of raw weight. It has been found out that dicotyledonous plants have highest figure in comparison with monocotyledonous plants. The classification of the species under analysis by the number of green pigments has been proposed. It has been revealed that for most plants under consideration the chlorophylls sum content is within 1.5 – 3.0 mg/g of raw weight. It has been stated that this figure depends on the chlorophylls sum content during the ontogenesis.