

УДК 581.13:635.9

ІНДУКЦІЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ РОСЛИН ПАЖИТНИЦІ БАГАТОРІЧНОЇ (*Lolium perenne* L.)

О. Ю. Лещенко, аспірант*

О.В. Колесніченко, доктор біологічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

О. І. Китаєв, кандидат біологічних наук

Інститут садівництва НААН України

Ю.В. Лещенко, кандидат сільськогосподарських наук

Національний науковий центр «Інститут землеробства» НААН України

А. Драдрах, кандидат біологічних наук

Вроцлавський природничий університет, Польща

Визначено показники індукції флуоресценції хлорофілу листків у рослинах пажитниці багаторічної (*Lolium perenne* L.) п'яти сортів української селекції. Виявлено високу інтенсивність використання квантів енергії поглинутого світла та значну варіабельність показників індукції флуоресценції хлорофілу залежно від сортових особливостей рослин.

Вступ. Асиміляційний апарат рослин чутливо реагує на дію стресових чинників, водночас найбільше змінюється інтенсивність темнових фотосинтетичних процесів. Антропогенні чинники урбанізованих територій негативно впливають на газонні трав'яні рослини, в результаті підвищується інтенсивність дихання і відбуваються зміни у процесах функціонування фотосинтетичного апарату рослин [2–3, 5, 8–9]. Потенціал нових сортів газонних трав визначають за допомогою портативних приладів, які дозволяють отримувати індуквані світлом зміни флуоресценції хлорофілу листків та оцінювати перспективність їх використання в міських насадженнях [1, 3, 8–9, 17].

Для аналізу перебігу фотосинтетичних процесів у листках застосовують метод індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ). Світлова енергія, що поглинається молекулами хлорофілу, використовується в процесах фотосинтезу, а її надлишок – розсіюється у вигляді тепла або перевипромінюється як ІФХ [7–8, 10]. Перетворення енергії зазвичай відбувається з високою ефективністю, що перевищує 90% поглинання квантів [19], водночас вихід флуоресценції складає, в більшості випадків, лише 1–2 % від загальної суми поглинутого світла [18]. ІФХ – це процес реемісії світла, який є чутливим до змін у фотосинтезі, що стало підґрунтям для широкого його застосу-

*Науковий керівник – доктор біологічних наук О.В. Колесніченко.

вання для діагностики функціонального стану рослин [6, 8, 10].

Флуоресценція і індукційні зміни хлорофілу досить легко рееструються, що стало підставою для створення портативних приладів, які використовують у польових умовах [7, 11]. Загальновідомо, що певні ділянки кривої ІФХ є індикаторами фізіологічних процесів у ланцюгу фотосинтезу, порушення окремих ланок якого зумовлені екзо- та ендогенними чинниками.

Матеріали та методи дослідження.

Об'єктами досліджень слугували п'ять сортів пажитниці багаторічної (*Lolium perenne* L.) вітчизняної селекції: Литвинівський-1, Лета, Оріон, Святошинський, Андріана-80. Мета досліджень – оцінити функціональний стан рослин шляхом виявлення особливостей змін показників ІФХ і кривої Каутського.

Зразки сортів пажитниці багаторічної відбирали з дослідних монокультурних

ділянок території розсадника Ботанічного саду НУБіП України. Експерименти проводили в лабораторії фізіології рослин Інституту садівництва НААН України. Кінетику змін ІФХ визначали портативним приладом "Флоратест". Адаптацію листків до темряви проводили протягом 5 хв. Параметри ІФХ вимірювали у верхівковій частині сформованого листка третього по порядку від зони кушення. Вимірювання здійснювали в 3-кратній повторності для кожного сорту в 90 точках з інтервалом часу від 3 мкс до 300 с і потім розраховували у відносних одиницях. За допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel по точках будували індукційні криві і аналізували амплітудні та часові показники їх окремих фаз [1].

Результати досліджень. Визначення індукційних змін флуоресценції ІФХ листків пажитниці багаторічної дозволило

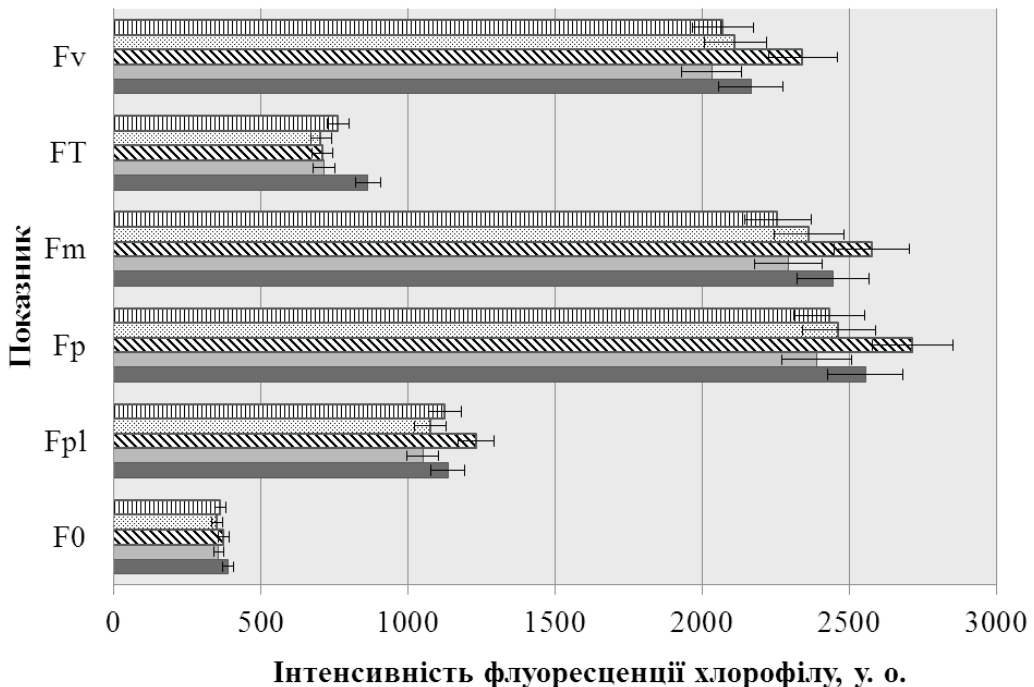


Рис. 1. Основні показники інтенсивності флуоресценції хлорофілу листків рослин сортів пажитниці багаторічної вітчизняної селекції: ▨ Андріана-80; ▩ Святошинський; ▪ Оріон; ▧ Лета; ▦ Литвинівський-1



отримати показники, які характеризують ефективність використання енергії світла, що надходить до рослин в умовах дослідних монокультурних ділянок. Так, показники інтенсивності фонові флуоресценції хлорофілу (F_0), що пропорційні кількості неактивного хлорофілу, який не передає енергію збудження до реакційних центрів, визначають за початковим рівнем ІФХ та залежать від втрат енергії збудження під час міграції по пігментній матриці і коливаються в межах від 389,33 (Литвинівський-1) до 352,00 у. о. (Андріана-80) (рис. 1). Низькі значення F_0 (близько 14% від F_p) свідчать про ефективність використання квантів енергії поглинутого світла. Параметр dF_{pl} визначається величиною наростання флуоресценції від F_0 до F_{pl} (першого квазістаціонарного максимуму, або так званого «плато» на індукційній кривій у часовому проміжку 300–500 мсек), і опосередкований періодом швид-

кого відновлення первинного акцептора в комплексах фотосистеми II (ФС II), (рис. 1). Інтенсивність флуоресценції на рівні «плато» – $dF_{pl} = F_{pl} - F_0$ – знаходиться в межах 693,34–858,67 у. о. Найвищий показник dF_{pl} є характерним для рослин сорту Оріон, які недостатньо ефективно використовують кванти світла.

Дані досліджень свідчать [16], що за умов максимальної флуоресценції в точці F_p на індукційній кривій, фотосинтез знаходиться на мінімальному рівні. З'ясовано, що показник F_p ІФХ в листках сортів Лета і Оріон є, відповідно, найнижчим і найвищим – 2389,33 та 2714,67 у. о.

Показники F_m на індукційній кривій – другий максимум, появу якого пов'язують з конкуренцією між окремими атрагуючими НАДФ-Н циклами (рис. 2). У більшості випадків значення F_m не повинні перевищувати інтенсивність флуоресценції в максимумі F_p (перший максимум), що є

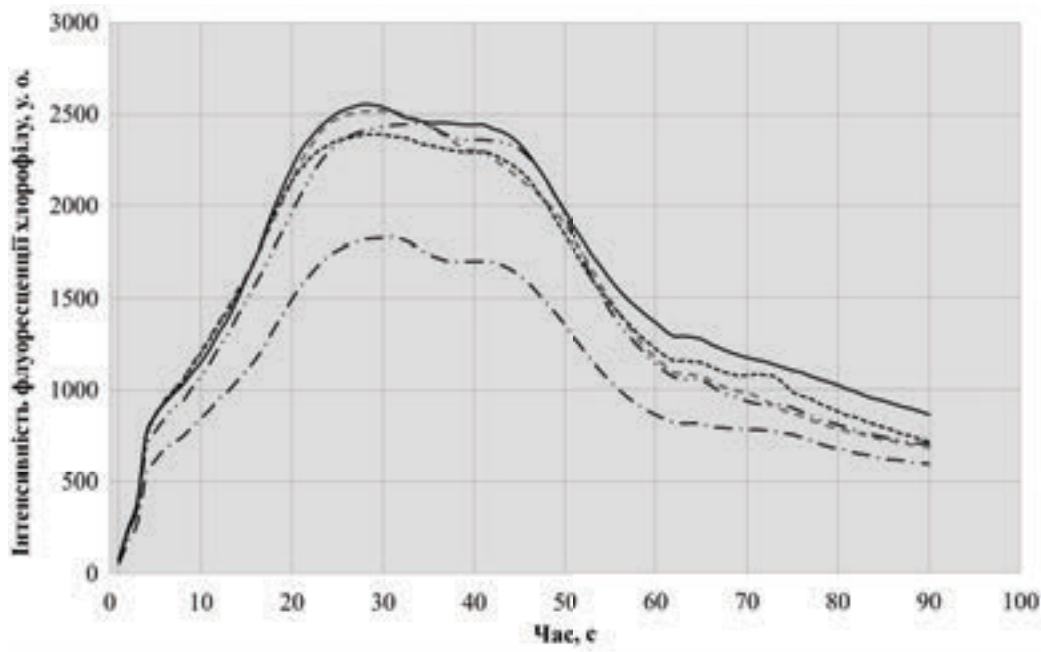


Рис. 2. Індукційні криві флуоресценції хлорофілу листків рослин сортів пажитниці багаторічної вітчизняної селекції: 1– Литвинівський-1; 2 – Лета; 3 – Оріон; 4 – Святошинський; 5 – Андріана-80

свідченням оптимального освітлення рослинних об'єктів.

Параметри досліджуваних сортів пажитниці багаторічної $F_p > F_m$ знаходяться в діапазоні 2256,00–2576,00 у. о. Стаціонарний рівень, який настає за рахунок динамічної рівноваги між процесами (збільшення та зменшення флуоресценції) характеризується показником F_T . Для досліджуваних рослин він не має стабільних значень, тобто крива ІФХ стрімко зменшується, що, вірогідно, є видовою специфічністю рослин. Варіабельна флуоресценція (F_v) характеризується різницею показників F_p та F_0 і є одним з найчутливіших фізіологічних показників, який відображує дію екологічних та експериментальних чинників на рослину. Показники F_v сорту Оріон на 13% вищі ніж у Лети, можливо через менш інтенсивний, у останнього, транспорт електронів від первинних акцепторів по електронтранспортному ланцюгу тилакоїдів хлоропластів.

Встановлено, що оптимальні показники dF_{pl}/F_v складають не більше 0,4 і їх перевищення діагностує високу вірогідність ураження рослин вірусною інфекцією [4]. Досліджувані ж нами зразки рослин є неінфікованими, оскільки наявні показники знаходяться в межах припустимої норми – 0,34–0,37.

Відношення F_v/F_p пов'язане зі змінами ефективності процесу фотохімічного гасіння флуоресценції хлорофілу. Цей показник у темно-адаптованих рослин відображує потенційну квантову ефективність ФС II, що використовують як індикатор продуктивності фотосинтезу, оптимальне значення якого для більшості

видів рослин, за умов насичуючої інтенсивності збуджуючого світла, не перевищує 0,83 [12, 14]. Проте для листків пажитниці багаторічної відношення F_v/F_p вище за оптимальне, що діагностує явище фотоінгібування і свідчить про вплив на рослини стресових чинників [15]. Значення показника F_v/F_p було майже однаковим для досліджуваних сортів – $\pm 2\%$.

Ефективність фотохімічного перетворення енергії в ФС II розраховували за формулою $F_p - F_T / F_T$, яка означає швидкість лінійного транспорту електронів і є інтегрованим показником процесу фотосинтезу [13, 19]. Даний показник у різних сортів рослин коливається від 1,96 до 2,83 і за величиною гасіння флуоресценції їх можна розташувати у такому порядку: Оріон > Святошинський > Лета > Андріана-80 > Литвинівський-1.

Висновки

Листки сортів пажитниці багаторічної вітчизняної селекції Литвинівський-1, Лета, Оріон, Святошинський і Андріана-80 відзначаються варіабельними показниками ІФХ.

Листки пажитниці багаторічної мають високу чутливість до рівня освітленості через морфологічну будову рослин та різну інтенсивність їх освітленості.

Низький рівень інтенсивності фонової флуоресценції F_0 підтверджує високу ефективність використання квантів енергії поглинутого світла ФС II хлоропластів листків.

Відношення F_v/F_p є вищим за оптимальні значення, що спричинене переважно фотоінгібуванням і впливом стресових чинників середовища.

Література

1. Вессловский В.А., Веселова Т.В. Люминесценция растений. Теоретические и практические аспекты. – М.: Наука, 1990. – 200 с.
2. Влияние полистимулина К на индукцию флуоресценции хлорофилла и водный дефицит листьев озимой пшеницы в условиях кратковременной засухи / Д.Ю. Корнеев, И.П. Григорюк, Н. Ф. Михальский, С. А. Довыдьков // Физиология и биохимия культ. растений. – 2001. – 33, № 2. – С. 165–169.



3. Григорюк І.П., Яворовський П.П., Лихолат Ю.В. Технології вирощування і біорегуляція стійкості газонних рослин у міському урбанізованому середовищі. – К. : НУБіП України, 2014. – 223 с.
4. Діагностика вірусної інфекції смородини чорної та малини методом індукції флуоресценції хлорофілу листків / Ю.М. Таранухо, М.П.Таранухо, О.І. Китаєв та ін. // Вісник аграрної науки. – 2011. – Вип. 10. – С. 26–28.
5. Зеленянська Н.М. Індукція флуоресценції листків винограду в стресових умовах середовища // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2009. – № 6. – С. 70–80.
6. Індукція флуоресценції хлорофілла листів картофеля в умовах водного дефіциту / Д.Ю. Корнеев, Т.П. Нижник, І.А. Григорюк, С.М. Кочубей // Физиология и биохимия культур. растений. – 2002. – 34, № 1. – С. 3–10.
7. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: Методичні вказівки для студентів біологічного факультету / О.В. Брайон, Д.Ю. Корнеев, С.С. Снегур, О.І. Китаєв. – К.: Вид-поліграф. центр «Київський університет», 2000. – 25 с.
8. Карапетян Н. В., Бухов Н.Г. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений // Физиология растений. – 1986. – 33, №5. – С. 1013–1026.
9. Корнеев Д.Ю., Кочубей С.М. Изучение QВ-восстанавливающих комплексов фотосистемы 2 с помощью индукции флуоресценции хлорофилла // Физиология и биохимия культур. растений. – 2000. – 32, №1. – С. 20–24.
10. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности индукции флуоресценции хлорофилла. – К. : Альтерпрес, 2002. – С. 15–28.
11. Пристрій для визначення стану нативного хлорофілу / І.Д. Войтович, О. І. Китаєв, П.С. Ключан та ін. / Декларацийний патент на корисну модель. Україна (19)(UA)(11) 12382 (51) МПК (2006) G09B 23/28 (2006.01) G01N 21/64. Бюл. № 2, від 15.02.2006. – С. 1–6.
12. Bjorkman O., Demming B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence at 77k among vascular plants of diverse origins // Planta. – 1987. – 170. – P. 489–504.
13. Genty B., Briantais J.-M., Baker N.R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence // Biochimica et Biophysica Acta – 1989. – 990, Issue 1. – P. 87–92.
14. The dissipation of excess excitation energy in British plant species / G.N. Johnson, A.J. Young, J.D. Scholes, P. Horton // Plant, Cell and Environment. – 1993. – 16. – P. 673–679.
15. He J., Chee C.W., Goh C.J. `Photoinhibition` of Heliconia under natural tropical conditions: the importance of leaf orientation for light interception and leaf temperature // Plant, Cell and Environment. – 1996. – 19, Issue 11. – P. 1238–1248.
16. Kautzky H., Hirsch A. Das Fluoreszenzverhalten grüner Pflanzen // Biochem. Z. – 1934. – 274. – S. 422–434.
17. Krause G.H., Weis E. Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis: The Basis // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1991. – 42. – P. 313–349.
18. Maxwell K., Giles N.J. Chlorophyll fluorescence a practical guide // J. of Experimental Botany. – 2000. – 51, № 345. – P. 659–668.
19. Schreiber U. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: Basics and some aspects of practical relevance / U. Schreiber, W. Bilger, H. Hormann et al. // Photosynthesis: A Comprehensive Treatise. – Cambridge University Press, 1998. – P. 320–336.

АННОТАЦІЯ

Лещенко А.Ю., Колесніченко Е.В., Китаєв О.І., Лещенко Ю.В., Драдрах А. Індукції флуоресценції хлорофілла листів рослин райграса пасбищного (Lolium perenne L.) // Біоресурси і природопольовання. – 2015. – 7, №3–4. – С.11–15.

Определены основные параметры индукции флуоресценции хлорофилла растений Lolium perenne L. пяти сортов украинской селекции. Проанализирована индукционная кривая флуоресценции хлорофилла. Выявлена высокая эффективность использования растениями квантов энергии поглощенного света и значительная вариабельность показателей индукции флуоресценции хлорофилла в зависимости от сорта.

SUMMARY

O. Leshchenko, O. Kolesnichenko, O. Kytayev, Yu. Leshchenko, A. Dradrach. Induction of chlorophyll fluorescence in plants leaf Lolium perenne // Biological Resources and Nature Management. – 2015. – 7, №3–4. – P. 11–15.

Data are given about the main parameters of induction of chlorophyll fluorescence (ICF) plants Lolium perenne L. five varieties of Ukrainian breeding. The curve of induction of chlorophyll fluorescence plants L. perenne was analyzed. Conclusions are drawn a high efficiency of energy quanta of light absorbed by plants. Experimentally proved, by determination of ICF, the presence of effects stress factors of urbocosystem on plants. Established that plants L. perenne varieties Ukrainian breeding are characterized by variable IFC parameters.