

УДК 581.132+ 614.78

ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ РУДЕРАЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СВАЛКИ

Василий ПОПОВИЧ

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, г. Львов, Украина

Abstract. Vegetation, which was formed in landfills, is influenced by many stress factors in the process of its further development. The most clearly manifested stress factors emerge in conditions of devastated landscapes. Landfills represent one of the most technogenically devastated landscapes. Vegetation is subject to the negative impact of elevated temperatures, salinity, soil contamination with heavy metals and radionuclides, drought, lack of moisture, waste gases and products of combustion. Consequently, mineral nutrition of plants is disrupted, leading to a change in colour (yellowing of leaves, leaf covering with brown or purple spots and so on), cessation of growth (dwarfism), formation of cracks and holes in the leaves and loss of the whole species. The photosynthetic apparatus is primarily exposed to the action of stressors. An important role in the process of photosynthesis is played by the green plant pigments - chlorophyll. As a result of studying the photosynthetic apparatus of ruderal landfill species it was established that the most resistant species, under such conditions, are *Arctium lappa* L. and *Chenopodium urbicum* L. Also, there were determined the less resistant species to technogenic pressing in the landfill impact zone, and namely: *Artemisia vulgaris* L., *Artemisia absinthium* L. and *Plantago major* L.

Key-words: Landfill; Ruderal vegetation; Photosynthetic activity; Resistance; Stress; Pigments; Chlorophylls; Carotenoids.

Реферат. Растительность, которая сформировалась на свалках, в процессах своего дальнейшего развития подвергается влиянию многих стресс-факторов. Наиболее ярко стрессовые факторы проявляются в условиях девастированных ландшафтов. Одними из наиболее техногенно загрязненных девастированных ландшафтов являются свалки. Растительность подпадает под негативное влияние повышенных температур, засоленности, загрязнение тяжелыми металлами и радионуклидами субстрата, засухи, дефицита влаги, газов и продуктов горения отходов. Вследствие этого нарушается минеральное питание растений, что приводит к изменению их цвета (пожелтению листьев, покрытию листьев коричневыми или фиолетовыми пятнами и т. д.), прекращению роста (карликовость), образованию трещин и дыр в листьях и гибели видов в целом. В первую очередь подвергается воздействию стрессовых факторов фотосинтезирующий аппарат. Важнейшую роль в процессе фотосинтеза играют зеленые пигменты растений - хлорофиллы. При исследовании фотосинтезирующего аппарата рудеральных видов свалок установлено, что наиболее устойчивыми видами, при заданных условиях местообитаний, являются *Arctium lappa* L. и *Chenopodium urbicum* L. Не устойчивыми к техногенному прессингу в зоне влияния свалок обнаружены виды *Artemisia vulgaris* L., *Artemisia absinthium* L. и *Plantago major* L.

Ключевые слова: Свалка; Рудеральная растительность; Фотосинтезирующая активность; Стойкость; Стресс; Пигменты; Хлорофиллы; Каротиноиды.

ВВЕДЕНИЕ

Фотосинтез имеет важнейшее значение в жизни растительного организма. Фотосинтезирующий аппарат в первую очередь подвергается воздействию стрессовых факторов. Наиболее ярко стрессовые факторы проявляются в условиях девастированных ландшафтов. Одними из наиболее техногенно загрязненных девастированных ландшафтов являются свалки (Кучерявый, В.А. 2010).

Растительность подпадает под негативное влияние повышенных температур, засоленности, загрязнение тяжелыми металлами и радионуклидами субстрата, засухи, дефицита влаги, газов и продуктов горения отходов (Кучерявый, В.А. 2003). Вследствие этого нарушается минеральное питание растений, что приводит к изменению их цвета (пожелтение листьев, покрытие листьев коричневыми или фиолетовыми пятнами и т. д.), прекращение роста (карликовость), образование трещин и дыр в листьях и гибели видов в целом. В первую очередь подвергается воздействию стрессовых факторов фотосинтезирующий аппарат. Важнейшую роль в процессе фотосинтеза играют зеленые пигменты растений " хлорофиллы (Гродзинский, А.М. и др. 1973).

Предварительными исследованиями установлено, что наиболее чувствительными к действию загрязненного токсинами окружающей среды является хлорофилл *a*, каротины, менее

чувствительным является хлорофилл *b* (Коршиков, И.И. 1996). В устойчивых видов по сравнению со средне- и неустойчивыми, меньше хлорофилла *a* и *b*, лютеина, неоксантины и суммы всех пигментов (Илькун, Г.М. 1978). Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* меньше в устойчивых видов, а суммы хлорофиллов к каротиноидов - в неустойчивых. В устойчивых видов высокое содержание (16,5%) не связанного с липопротеидами хлорофилла *b*, а в неустойчивых видов низкий “ всего 3%. В устойчивых видов содержание свободного хлорофилла *b* больше в 2-3 раза. Такая форма хлорофилла *b* защищает хлорофилл, *a* и структуру пластид от разрушения (Николаевский, В. С. 1979). Рост содержания каротиноидов в листьях рассматривают как одно из проявлений адаптивной реакции у растений (Мокронос, А. М. и др. 2006).

Фотосинтезирующей активности растений в различных средах посвящено много научных трудов и исследований, зато в условиях свалок эти свойства требуют детального изучения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Целью настоящей работы является исследование содержания хлорофиллов и каротиноидов в рудеральной растительности, которая растет в зоне влияния свалки.

Методы исследований: физиологические, биометрические, экологические, статистические. Объект исследования – рудеральная растительность свалки. Предмет исследования – фотосинтезирующая активность рудеральной растительности свалки. Обработка статистических величин осуществлена с помощью программного обеспечения Microsoft Excel - 2010. Оборудование и вещества, которые использовались в опытах: пробирки, воронка, тальк, ступка, фарфоровая чашка, ацетон.

Распределение пигментов определяли хроматографическим методом М.С. Цвета (1903).

Для анализа содержания фотосинтезирующих пигментов (*a*, *b*, *k*) в рудероценозах свалок нами отбирались образцы наиболее распространенных видов на трех участках “ на поверхности, у подножия и в радиусе 300 м от подножия. Отбор образцов осуществлялся в июле-месяце (2015 года), когда растения больше всего страдают от различных негативных факторов.

Первым этапом выполнения работы было наполнение тальком пробирок с последующим уплотнением. Для опыта использовали 20 пробирок. Повторяемость опытов “ трехкратная. Вытяжку готовили перетиранием растений с помощью ступы в фарфоровой чашке с добавлением ацетона. Полученную вытяжку переливали в пробирки с уплотненным тальком. Наблюдали послонные образования цветового спектра в пробирке (рис. 1).

Сине-зеленые оттенки соответствуют содержанию хлорофилла *a*, светло-зеленые - хлорофилла *b*, желтые - каротину *k*. Высоту столбика с определенным оттенком измеряли канцелярской линейкой и перечисляли в процентах. Таким образом, получили данные в относительных величинах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ



Рисунок 1. Адсорбированные пигменты в пробирках

На поверхности свалки наименьшее количество хлорофиллов *a* наблюдается в *Artemisia vulgaris* L. (рис. 2). Такой показатель свидетельствует о низкой устойчивости этого вида на поверхности свалки.

Как было отмечено, отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* меньше в устойчивых видах. По такому параметру наиболее устойчивыми видами на поверхности свалки оказались *Chenopodium urbicum* L. и *Arctium lappa* L., а наименее устойчивой “ *Hippophae rhamnoides* L. Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам меньше у неустойчивых видов. По этому показателю подтверждается устойчивость *Chenopodium urbicum* L. Наименее устойчивыми установлены *Artemisia vulgaris* L. и *Artemisia absinthium* L. (табл. 1).

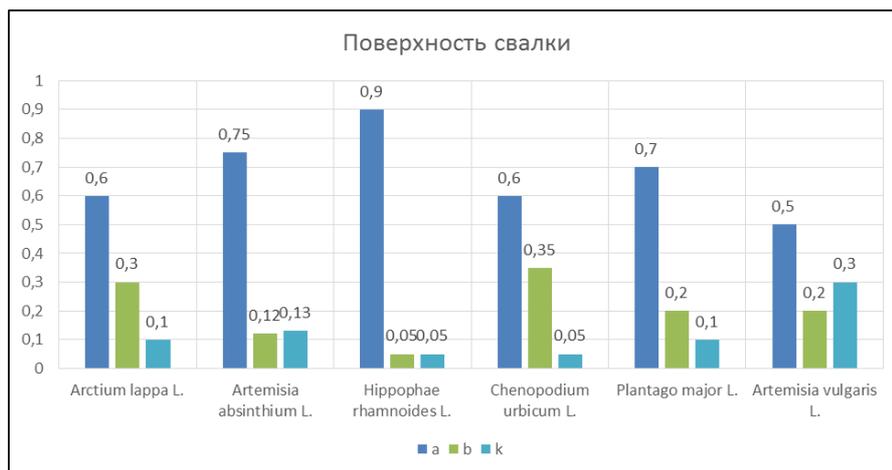


Рисунок 2. Содержание пигментов в листьях растений на поверхности свалки

Таблица 1. Соотношение содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений на поверхности свалки

Поверхность свалки			
	$a+b$	a/b	$(a+b)/k$
<i>Arctium lappa</i> L.	0,9	2	9
<i>Artemisia absinthium</i> L.	0,87	6,25	6,7
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	0,95	18	19
<i>Chenopodium urbicum</i> L.	0,95	1,7	19
<i>Plantago major</i> L.	0,9	3,5	9
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	0,7	2,5	2,3

У подножия свалки наименьшее количество хлорофиллов a обнаружено в *Artemisia absinthium* L. и *Arctium lappa* L. (по 0,5), что является показателем низкой устойчивости к техногенным факторам. В *Arctium lappa* L. больше выявлено хлорофилла a (рис. 3).

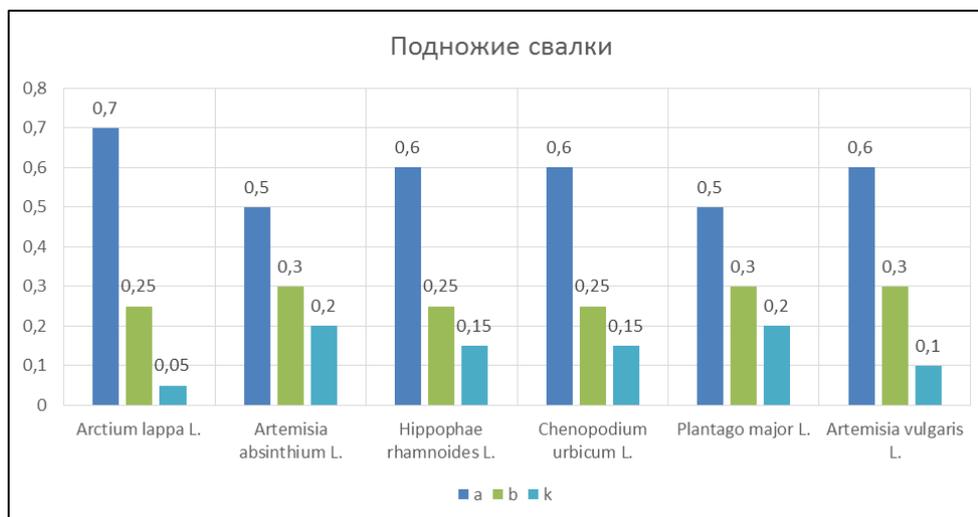


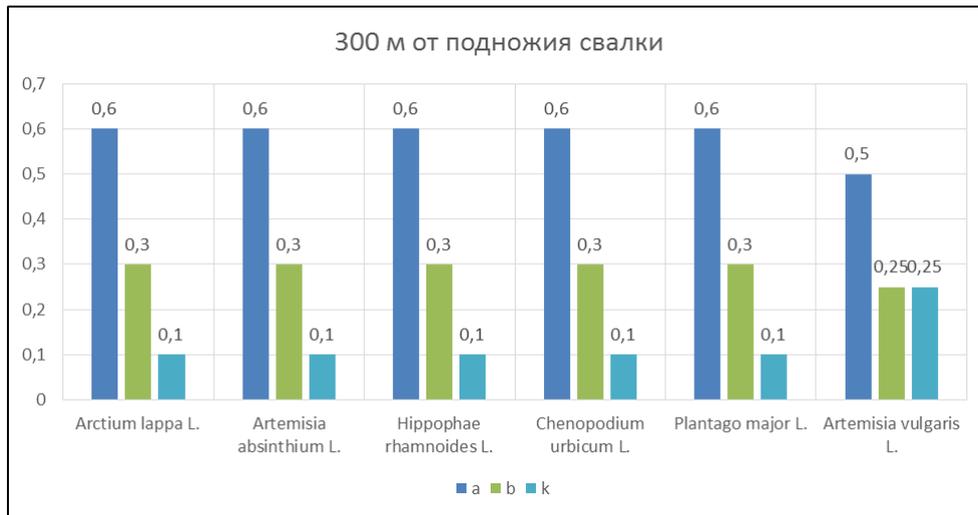
Рисунок 3. Содержание пигментов в листьях растений у подножия свалки

По отношению суммы хлорофиллов к каротиноидам наиболее устойчивым обнаружен *Arctium lappa* L., а наименее устойчивыми *Plantago major* L. и *Artemisia absinthium* L. Хотя эти обнаруженные неустойчивые виды по отношению хлорофилла a к хлорофиллу b можно было бы и отнести к устойчивым, однако, у них ниже уровень хлорофилла a , что приводит к их гибели (табл. 2).

В 300 м от свалки содержание пигментов в большинстве исследуемых растений приближено к естественному (рис. 4).

Таблица 2. Соотношение содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений у подножия свалки

Подножие свалки			
	$a+b$	a/b	$(a+b)/k$
<i>Arctium lappa</i> L.	0,95	2,8	19
<i>Artemisia absinthium</i> L.	0,8	1,6	4
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	0,75	2,4	5
<i>Chenopodium urbicum</i> L.	0,75	2,4	5
<i>Plantago major</i> L.	0,8	1,7	4
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	0,9	2	9

**Рисунок 4.** Содержание пигментов в листьях растений у подножия свалки

Поскольку у подавляющего большинства исследуемых растений отношение хлорофилла a к хлорофиллу b и суммы хлорофиллов к каротиноидам равные, можно говорить о более благоприятных условиях для развития фитоценозов, уменьшенным техногенным прессингом и относительной устойчивости растений (табл. 3).

Таблица 3. Соотношение содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений в 300 м от подножия свалки

300 м от подножия свалки			
	$a+b$	a/b	$(a+b)/k$
<i>Arctium lappa</i> L.	0,9	2	9
<i>Artemisia absinthium</i> L.	0,9	2	9
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	0,9	2	9
<i>Chenopodium urbicum</i> L.	0,9	2	9
<i>Plantago major</i> L.	0,9	2	9
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	0,75	2	3

Для более детального изучения устойчивости исследуемых рудероценозов рассмотрим каждый из экземпляров отдельно в отношении условий местообитаний.

Рассмотрим пигментный состав *Plantago major* L. на разных участках свалки (рис. 5). Предыдущими нашими исследованиями уже установлено, что этот вид является неустойчивым к техногенному прессингу окружающей среды у подножия свалки. Сравнив содержание пигментов на различных участках для подорожника большого можно сделать вывод, что у подножия у этого вида низкое содержание хлорофилла a и высокое содержание каротиноидов k . Высокое содержание каротиноидов свидетельствует о противодействии растения губительным условиям окружающей среды на этом участке.

Пигментный состав *Arctium lappa* L. свидетельствует о приспособлении к условиям местообитаний вида на разных участках свалки (рис. 6). Благодаря значительной биомассе и развитой корневой системе лопух успешно развивается на свалках и является одним из пионерных видов.

Chenopodium urbicum L. “ вид, который успешно развивается на всех участках свалки. Пигментный состав вида примерно одинаковый на разных исследуемых участках. Высокое содержание хлорофилла *a* свидетельствует о благоприятных условиях местообитаний для растений (рис. 7).

Пигментный состав *Artemisia vulgaris* L. свидетельствует о низкой устойчивости вида на поверхности свалки и на расстоянии 300 м от подножия. Высокое содержание каротиноидов *k* на этих участках позволяет утверждать о нарушенных условиях местообитаний (рис. 8).

Высокое содержание хлорофилла *a* в листьях *Artemisia absinthium* L. на поверхности свалки и каротиноидов *k* у подножия свидетельствуют о низком приспособлении к условиям местообитаний для полыни горькой (рис. 9). В то же время вид наблюдается в нескольких местах, в основном, вблизи водоемов с фильтратом.

Hippophae rhamnoides L. развивается на свалках в местах с положительным влажностным режимом. На поверхности свалки содержание хлорофилла *a* является максимальным для исследуемых видов. Зато, хлорофилл *b* и каротиноиды *k* имеют минимальные позиции. Это свидетельствует о том, что при малейших изменениях условий развития данный вид будет деградировать и даже погибнет. Условия подножия на расстоянии 300 м от свалки являются положительными для роста *Hippophae rhamnoides* L., поскольку содержание пигментов пропорционально (рис. 10).

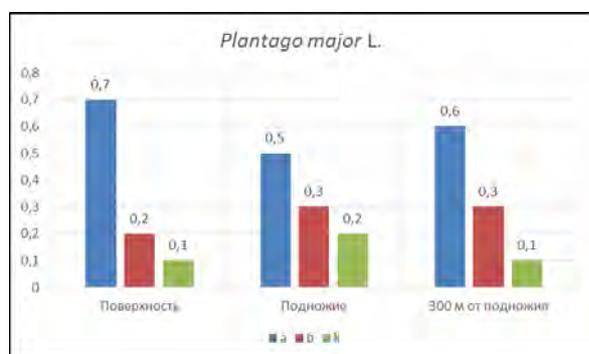


Рисунок 5. Пигментный состав *Plantago major* L.

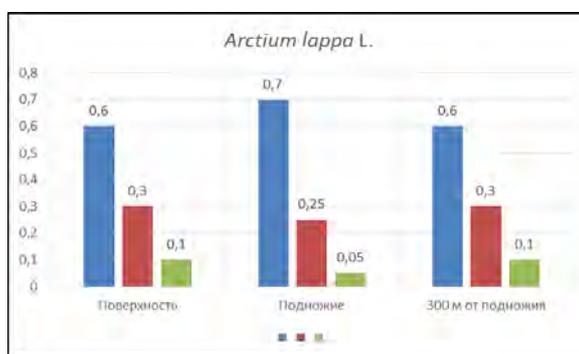


Рисунок 6. Пигментный состав *Arctium lappa* L.

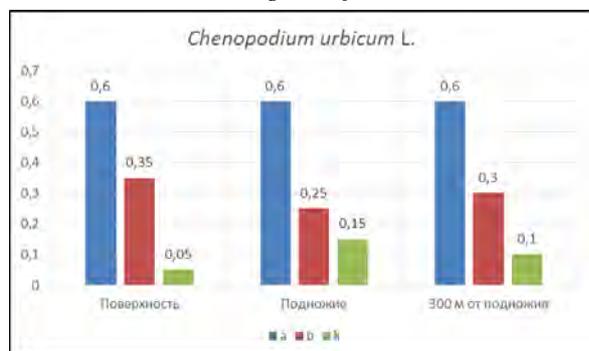


Рисунок 7. Пигментный состав *Chenopodium urbicum* L.

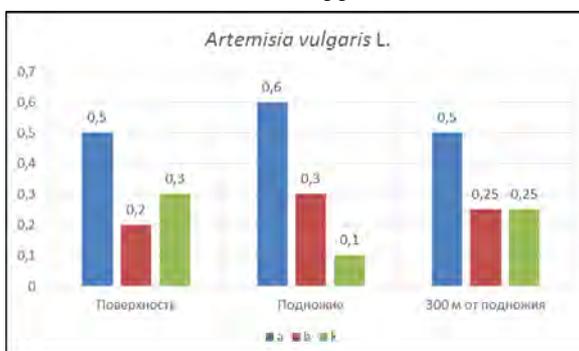


Рисунок 8. Пигментный состав *Artemisia vulgaris* L.

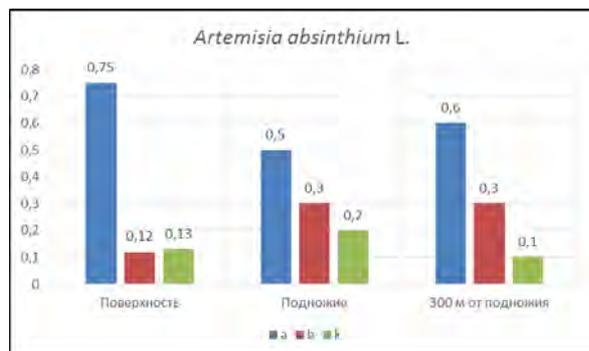


Рисунок 9. Пигментный состав *Artemisia absinthium* L.

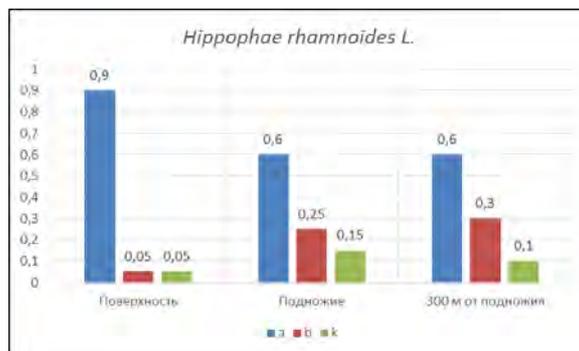


Рисунок 10. Пигментный состав *Hippophae rhamnoides* L.

ВЫВОДЫ

Таким образом, при исследовании фотосинтезного аппарата рудеральных видов свалок установлено, что наиболее устойчивыми видами, при заданных условиях местообитаний, являются *Arctium lappa* L. и *Chenopodium urbicum* L. Не устойчивыми к техногенному прессингу в зоне влияния свалок обнаружены *Artemisia vulgaris* L., *Artemisia absinthium* L. и *Plantago major* L.

Используя статистический метод корреляционного анализа установлены следующие зависимости: при росте уровня хлорофилла a растительности свалок, содержание каротиноидов k уменьшается (коэффициент корреляции высокий, отрицательный $-0,7$); если уровень хлорофилла a растет, то сумма хлорофиллов также растет (коэффициент корреляции высокий $0,6$); если уровень хлорофилла a растет, то отношение хлорофиллов растет (коэффициент корреляции высокий $0,73$); если уровень хлорофилла a растет, то отношение хлорофиллов к каротиноидам также возрастает (коэффициент корреляции высокий $0,53$); при возрастании хлорофилла b отношение хлорофиллов a/b снижается (коэффициент корреляции высокий, отрицательный $-0,88$); при росте суммы хлорофиллов $a+b$ содержание каротиноидов снижается (коэффициент корреляции высокий, отрицательный $-0,9$); при росте отношения $(a+b)/k$ содержание каротиноидов снижается (коэффициент корреляции высокий, отрицательный $-0,83$); при росте суммы хлорофиллов $a+b$ отношение $(a+b)/k$ также возрастает, что является свидетельством устойчивости видов (коэффициент корреляции высокий $0,84$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГРОДЗИНСКИЙ, А.М., ГРОДЗИНСКИЙ, Д.М. (1973). Краткий справочник по физиологии растений. Киев: Наукова Думка. 591 с.
2. ИЛЬКУН, Г.М. (1978). Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наукова Думка. 246 с.
3. КОРШИКОВ, И.И. (1996). Адаптация растений к условиям техногенно загрязнённой среды. Киев: Наукова Думка. 239 с.
4. КУЧЕРЯВЫЙ, В.А. (2010). Общая экология. Львов: Мир. 520 с.
5. КУЧЕРЯВЫЙ, В.А. (2003). Фитомелиорация. Львов. 540 с.
6. МОКРОНОСОВ, А.М., ГАВРИЛЕНКО, В.Ф., ЖИГАЛОВА, Т.В. (2006). Фотосинтез: физиолого-экологические и биохимические аспекты. Москва. 448 с.
7. НИКОЛАЕВСКИЙ, В.С. (1979). Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск. 280 с.

Data prezentării articolului: 28.07.2015

Data acceptării articolului: 28.08.2015