

УДК 632.15:504.054
© 2014

О.В. ХРОМИХ,
аспірант

Донецький національний
університет, Україна
E-mail: hromyh82@mail.ru

**ЗМІНИ ВМІСТУ
ХЛОРОФІЛІВ ТРАВ'ЯНИСТИХ
ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН
ЗА УМОВ ЗАБРУДНЕННЯ
ГРУНТУ СПОЛУКАМИ
КОБАЛЬТУ ТА МАРГАНЦЮ**

Досліджено вплив забруднення ґрунту сполуками кобальту та марганцю на вміст фотосинтетичних пігментів у проростках деяких видів трав'янистих декоративних рослин. Встановлено, що зміни вмісту хлорофілів залежать від складу забруднювача, від специфічних особливостей виду. У рослин, стійких до забруднення ґрунту іонами кобальту та марганцю, простежується збільшення концентрацій хлорофілів а і в. Чутливі до забруднення види реагують зниженням вмісту зелених пігментів, особливо хлорофілу в.

Ключові слова: кобальт, марганець, стрес, пігментний комплекс, хлорофіл.

Адаптація і стійкість рослин значною мірою залежать від функціонування їхнього фотосинтетичного апарату [1, 3, 5, 8]. Основну роль у підтриманні фотосинтетичних мембран відіграють ліпіди та пігменти. Саме ці структурно-функціональні компоненти мембран виступають важливою ланкою у формуванні адаптивних реакцій, результатом яких є підвищення стійкості живої системи до зовнішніх впливів [5]. Типовим показником стану фотосинтетичного апарату рослин вважається вміст фотосинтетично активних пігментів, які визначають метаболічні процеси організму [1, 2]. У зв'язку з цим метою наших досліджень було вивчення змін вмісту пластидних пігментів у проростках трав'янистих декоративних рослин за умов забруднення ґрунту кобальтом та марганцем.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктами досліджень слугували п'ятнадцять видів трав'янистих декоративних рослин: 1) стійкі види – бромус польовий (*Bromus arvensis* L.), агератум Гаустона (*Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*), космея рожева (*Cosmos sulphureus* Cav.), льон звичайний (*Linum usitatissimum* L.), лутига садова, (*Atriplex hortense* L.); 2) види з проміжною позицією – костриця червона (*Festuca rubra* L.), мітлиця звичайна (*Agrostis vulgaris* With.), ехінацея пурпурна (*Echinacea purpurea*), кукуль звичайний (*Agrostemma githago*), сілена

рожева (*Silene coeli rosa*), райграс англійський (*Lolium perenne* L.), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.), фацелія пижмолиста (*Phacelia tanacetifolia* L.), цинія вузьколиста (*Zinnia angustifolia* H.), чорнобривці прямостоячі (*Tagetes erectus* L.); 3) чутливі види – алісум морський (*Alyssum maritimum* Lam.), жоржина звичайна (*Dahlia variabilis* Desf.), ехінацея пурпурна (*Echinacea purpurea*), нагідки лікарські (*Calendula officinalis* L.), петунія гібридна великоквіткова (*Petunia Hybrid Grandiflora*), шавлія блискуча (*Salvia splendens*).

Дослідження проводили за схемою повного двофакторного трирівневого експерименту. Як забруднювачі використовували сульфат кобальту та сульфат марганцю в концентрації 0–3 г/кг марганцю та 0–10 мг/кг кобальту. Кількість зелених пігментів визначали спектрофотометричним методом [4]. Отримані дані піддавали статистичній обробці за методом двофакторного дисперсійного аналізу. Порівняння середніх здійснювали за методикою Даннета [7].

Результати досліджень та їх обговорення. Досліджені види трав'янистих декоративних рослин неоднаково реагують на забруднення ґрунту сполуками кобальту та марганцю (таблиця).

Так, у стійких до забруднення рослин *Bromus arvensis* L., *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum*

Зміни вмісту хлорофілів у проростках трав'янистих декоративних рослин під впливом сполук кобальту та марганцю

Варіант забруднення	Вміст хлорофілу, мг/г сирової речовини					
	a			b		
	M±m	D	t ^D	M±m	D	t ^D
<i>Агератум Гаустона (Ageratum houstonianum cv. Bule Lagoon)</i>						
1	0,187±0,015	-	-	0,799±0,140	-	-
2	0,200±0,046	0,013	0,081	0,540±0,044	-0,259	0,252
3	0,238±0,012	0,051	0,081	0,527±0,033	-0,272	0,252
4	0,227±0,027	0,040	0,081	0,497±0,064	-0,302	0,252
5	0,257±0,039	0,070	0,081	0,667±0,102	-0,132	0,252
6	0,229±0,016	0,043	0,081	0,539±0,037	-0,260	0,252
7	0,233±0,023	0,047	0,081	0,747±0,076	-0,052	0,252
8	0,203±0,024	0,016	0,081	0,417±0,071	-0,382	0,252
9	0,189±0,029	0,003	0,081	0,386±0,055	-0,413	0,252
<i>Алісум морський (Alyssum maritimum Lam.)</i>						
1	0,198±0,012	-	-	0,577±0,037	-	-
2	0,185±0,023	-0,013	0,011	0,565±0,035	-0,012	0,022
3	0,169±0,012	-0,029	0,011	0,513±0,028	-0,064	0,022
4	0,188±0,065	-0,010	0,011	0,572±0,012	-0,005	0,022
5	0,188±0,056	-0,010	0,011	0,554±0,076	-0,023	0,022
6	0,172±0,011	-0,026	0,011	0,553±0,021	-0,024	0,022
7	0,174±0,013	-0,024	0,011	0,561±0,023	-0,016	0,022
8	0,143±0,025	-0,055	0,011	0,432±0,041	-0,145	0,022
9	0,128±0,014	-0,070	0,011	0,465±0,012	-0,112	0,022
<i>Бромус польовий (Bromus arvensis L.)</i>						
1	0,545±0,060	-	-	0,730±0,114	-	-
2	0,628±0,032	0,083	0,174	0,812±0,065	0,082	0,288
3	0,590±0,075	0,045	0,174	0,731±0,111	0,001	0,288
4	0,584±0,009	0,039	0,174	0,730±0,003	0,000	0,288
5	0,597±0,013	0,052	0,174	0,782±0,059	0,052	0,288
6	0,582±0,078	0,037	0,174	0,771±0,045	0,041	0,288
7	0,706±0,036	0,161	0,174	0,778±0,127	0,048	0,288
8	0,611±0,100	0,066	0,174	0,735±0,108	0,005	0,288
9	0,590±0,065	0,045	0,174	0,731±0,076	0,001	0,288
<i>Жоржина звичайна (Dahlia variabilis Desf.)</i>						
1	0,303±0,004	-	-	0,327±0,008	-	-
2	0,203±0,004	-0,100	0,014	0,227±0,004	-0,10	0,031

Продовження таблиці

3	0,237±0,004	-0,067	0,014	0,280±0,007	-0,047	0,031
4	0,277±0,004	-0,027	0,014	0,307±0,011	-0,020	0,031
5	0,237±0,004	-0,067	0,014	0,287±0,011	-0,040	0,031
6	0,107±0,004	-0,197	0,014	0,133±0,022	-0,193	0,031
7	0,223±0,008	-0,080	0,014	0,327±0,008	0,000	0,031
8	0,227±0,004	-0,077	0,014	0,253±0,008	-0,073	0,031
9	0,157±0,004	-0,147	0,014	0,153±0,008	-0,173	0,031
<i>Ехінацея пурпурна (Echinacea purpurea)</i>						
1	0,325±0,005	-	-	0,312±0,012	-	-
2	0,321±0,004	-0,004	0,015	0,302±0,010	-0,010	0,033
3	0,298±0,002	-0,027	0,015	0,296±0,009	-0,016	0,033
4	0,310±0,004	-0,015	0,015	0,305±0,011	-0,007	0,033
5	0,298±0,002	-0,027	0,015	0,288±0,011	-0,024	0,033
6	0,301±0,003	-0,024	0,015	0,289±0,010	-0,023	0,033
7	0,299±0,004	-0,026	0,015	0,278±0,020	-0,034	0,033
8	0,215±0,002	-0,110	0,015	0,213±0,002	-0,099	0,033
9	0,198±0,002	-0,127	0,015	0,178±0,001	-0,134	0,033
<i>Космея розжева (Cosmos sulphureus Cav.)</i>						
1	0,244±0,063	-	-	0,386±0,060	-	-
2	0,277±0,027	0,033	0,096	0,667±0,050	0,281	0,206
3	0,266±0,030	0,022	0,096	0,599±0,081	0,212	0,206
4	0,237±0,005	-0,007	0,096	0,507±0,024	0,121	0,206
5	0,273±0,006	0,029	0,096	0,621±0,033	0,235	0,206
6	0,261±0,011	0,016	0,096	0,588±0,018	0,201	0,206
7	0,231±0,040	-0,014	0,096	0,529±0,121	0,143	0,206
8	0,253±0,011	0,013	0,096	0,552±0,044	0,166	0,206
9	0,238±0,004	-0,006	0,096	0,429±0,116	0,043	0,206
<i>Костриця червона (Festuca rubra L.)</i>						
1	0,351±0,003	-	-	0,815±0,012	-	-
2	0,442±0,006	0,091	0,020	1,098±0,011	0,283	0,033
3	0,332±0,007	-0,020	0,020	0,824±0,011	0,009	0,033
4	0,339±0,010	-0,012	0,020	0,859±0,018	0,044	0,033
5	0,395±0,005	0,043	0,020	0,973±0,009	0,158	0,033
6	0,353±0,007	0,002	0,020	0,833±0,011	0,018	0,033
7	0,352±0,006	0,001	0,020	0,929±0,011	0,114	0,033
8	0,368±0,004	0,016	0,020	0,954±0,006	0,139	0,033
9	0,331±0,001	-0,020	0,020	0,831±0,008	0,016	0,033

Продовження таблиці

<i>Кукіль звичайний (Agrostemma githago)</i>						
1	0,595±0,080	-	-	0,535±0,168	-	-
2	0,611±0,015	0,016	0,159	0,788±0,067	0,253	0,276
3	0,566±0,560	-0,029	0,159	0,706±0,116	0,171	0,276
4	0,623±0,018	0,028	0,159	0,770±0,059	0,235	0,276
5	0,584±0,018	-0,011	0,159	0,683±0,016	0,148	0,276
6	0,551±0,044	-0,044	0,159	0,650±0,088	0,115	0,276
7	0,597±0,003	0,003	0,159	0,702±0,005	0,167	0,276
8	0,526±0,091	-0,068	0,159	0,667±0,148	0,132	0,276
9	0,595±0,017	0	0,159	0,694±0,026	0,159	0,276
<i>Льон звичайний (Linum usitatissimum)</i>						
1	0,277±0,021	-	-	0,340±0,011	-	-
2	0,256±0,038	-0,021	0,061	0,270±0,028	-0,070	0,069
3	0,201±0,004	-0,076	0,061	0,221±0,032	-0,119	0,069
4	0,271±0,004	-0,006	0,061	0,317±0,002	-0,023	0,069
5	0,222±0,021	-0,055	0,061	0,292±0,014	-0,048	0,069
6	0,154±0,037	-0,123	0,061	0,157±0,047	-0,183	0,069
7	0,228±0,011	-0,049	0,061	0,273±0,019	-0,067	0,069
8	0,237±0,002	-0,040	0,061	0,247±0,006	-0,093	0,069
9	0,155±0,006	-0,122	0,061	0,166±0,018	-0,174	0,069
<i>Лутиза садова (Atriplex hortense L.)</i>						
1	0,607±0,079	-	-	0,549±0,158	-	-
2	0,609±0,003	0,002	0,156	0,744±0,078	0,196	0,288
3	0,535±0,037	-0,072	0,156	0,720±0,140	0,172	0,288
4	0,602±0,017	-0,005	0,156	0,742±0,054	0,193	0,288
5	0,571±0,027	-0,036	0,156	0,666±0,015	0,118	0,288
6	0,543±0,027	-0,064	0,156	0,609±0,117	0,060	0,288
7	0,585±0,011	-0,021	0,156	0,698±0,021	0,149	0,288
8	0,513±0,101	-0,093	0,156	0,654±0,137	0,105	0,288
9	0,582±0,021	-0,025	0,156	0,661±0,032	0,113	0,288
<i>Мітлиця звичайна (Agrostis vulgaris With.)</i>						
1	0,198±0,029	-	-	0,483±0,079	-	-
2	0,276±0,032	0,078	0,049	0,626±0,118	0,143	0,207
3	0,252±0,003	0,054	0,049	0,558±0,005	0,075	0,207
4	0,295±0,017	0,097	0,049	0,668±0,063	0,185	0,207
5	0,267±0,003	0,069	0,049	0,267±0,003	-0,216	0,207
6	0,260±0,002	0,063	0,049	0,605±0,004	0,121	0,207

Продовження таблиці

7	0,262±0,018	0,065	0,049	0,540±0,078	0,057	0,207
8	0,251±0,003	0,053	0,049	0,469±0,071	-0,014	0,207
9	0,225±0,004	0,025	0,049	0,284±0,005	-0,199	0,207
Нагідки лікарські (<i>Calendula officinalis</i>)						
1	0,278±0,019	-	-	0,314±0,005	-	-
2	0,262±0,044	-0,016	0,063	0,283±0,041	-0,031	0,069
3	0,220±0,016	-0,058	0,063	0,232±0,027	-0,082	0,069
4	0,273±0,002	-0,005	0,063	0,313±0,004	-0,001	0,069
5	0,248±0,004	-0,030	0,063	0,277±0,003	-0,037	0,069
6	0,157±0,034	-0,121	0,063	0,162±0,042	-0,152	0,069
7	0,237±0,006	-0,042	0,063	0,279±0,020	-0,035	0,069
8	0,240±0,003	-0,039	0,063	0,255±0,005	-0,059	0,069
9	0,178±0,019	-0,100	0,063	0,187±0,018	-0,127	0,069
Петунія гібридна великоквіткова (<i>Petunia Hybrida Grandiflora</i>)						
1	0,245±0,018	-	-	0,288±0,019	-	-
2	0,232±0,021	-0,013	0,052	0,265±0,012	-0,023	0,059
3	0,225±0,013	-0,020	0,052	0,242±0,022	0,046	0,059
4	0,215±0,009	-0,030	0,052	0,224±0,016	-0,064	0,059
5	0,211±0,010	-0,034	0,052	0,219±0,032	-0,069	0,059
6	0,233±0,007	-0,012	0,052	0,265±0,001	-0,023	0,059
7	0,188±0,020	-0,057	0,052	0,197±0,006	-0,091	0,059
8	0,175±0,012	-0,070	0,052	0,199±0,008	-0,089	0,059
9	0,172±0,002	-0,073	0,052	0,183±0,001	-0,105	0,059
Райграс англійський (<i>Lolium perenne L.</i>)						
1	0,285±0,090	-	-	0,644±0,068	-	-
2	0,223±0,017	-0,062	0,121	0,475±0,062	-0,169	0,132
3	0,165±0,062	-0,120	0,121	0,450±0,030	-0,194	0,132
4	0,224±0,014	-0,061	0,121	0,493±0,030	-0,152	0,132
5	0,214±0,024	-0,072	0,121	0,470±0,056	-0,175	0,132
6	0,220±0,011	-0,065	0,121	0,462±0,048	-0,182	0,132
7	0,237±0,020	-0,048	0,121	0,532±0,050	-0,112	0,132
8	0,170±0,042	-0,115	0,121	0,431±0,015	-0,213	0,132
9	0,223±0,004	-0,063	0,121	0,489±0,001	-0,155	0,132
Сісна розжева (<i>Silene coeli rosa</i>)						
1	0,606±0,080	-	-	0,555±0,159	-	-
2	0,607±0,004	0,001	0,151	0,764±0,068	0,209	0,282
3	0,550±0,044	-0,056	0,151	0,720±0,129	0,165	0,282

Продовження таблиці

4	0,608±0,014	0,002	0,151	0,751±0,048	0,196	0,282
5	0,570±0,019	-0,036	0,151	0,673±0,023	0,118	0,282
6	0,549±0,035	-0,057	0,151	0,619±0,106	0,064	0,282
7	0,593±0,006	-0,013	0,151	0,701±0,011	0,146	0,282
8	0,519±0,092	-0,087	0,151	0,663±0,148	0,108	0,282
9	0,585±0,016	-0,021	0,151	0,666±0,038	0,111	0,282
<i>Тонконіг лучний (Poa pratensis L.)</i>						
1	0,305±0,028	-	-	0,692±0,075	-	-
2	0,445±0,005	0,140	0,032	1,135±0,002	0,443	0,079
3	0,341±0,001	0,036	0,032	0,839±0,014	0,146	0,079
4	0,341±0,004	0,036	0,032	0,871±0,007	0,178	0,079
5	0,394±0,006	0,089	0,032	1,005±0,016	0,313	0,079
6	0,362±0,006	0,057	0,032	0,848±0,011	0,156	0,079
7	0,358±0,005	0,053	0,032	0,939±0,009	0,247	0,079
8	0,380±0,006	0,075	0,032	0,974±0,010	0,281	0,079
9	0,340±0,009	0,035	0,032	0,845±0,009	0,153	0,079
<i>Фацелія пижмолиста (Phacelia tanacetifolia)</i>						
1	0,284±0,019	-	-	0,331±0,005	-	-
2	0,250±0,030	-0,034	0,061	0,276±0,048	-0,055	0,088
3	0,208±0,013	-0,075	0,061	0,225±0,045	-0,106	0,088
4	0,261±0,008	-0,023	0,061	0,208±0,013	-0,122	0,088
5	0,233±0,002	-0,051	0,061	0,233±0,002	-0,098	0,088
6	0,149±0,039	-0,135	0,061	0,149±0,039	-0,182	0,088
7	0,227±0,007	-0,057	0,061	0,280±0,026	-0,051	0,088
8	0,228±0,016	-0,056	0,061	0,248±0,037	-0,083	0,088
9	0,162±0,026	-0,122	0,061	0,150±0,009	-0,180	0,088
<i>Цинія вузьколиста (Zinnia angustifolia H.)</i>						
1	0,320±0,023	-	-	0,432±0,032	-	-
2	0,367±0,012	0,047	0,016	0,465±0,012	0,033	0,065
3	0,310±0,054	-0,010	0,016	0,345±0,032	-0,087	0,065
4	0,387±0,020	0,067	0,016	0,412±0,019	-0,020	0,065
5	0,325±0,021	0,005	0,016	0,378±0,012	-0,054	0,065
6	0,330±0,004	0,010	0,016	0,357±0,018	-0,075	0,065
7	0,312±0,045	-0,008	0,016	0,343±0,011	-0,089	0,065
8	0,296±0,012	-0,024	0,016	0,302±0,011	-0,130	0,065
9	0,288±0,014	-0,032	0,016	0,296±0,010	-0,136	0,065

Закінчення таблиці

Чорнобривці пряmostоячі (<i>Tagetes erectus</i> L.)						
1	0,250±0,064	–	–	0,400±0,056	–	–
2	0,283±0,020	0,033	0,162	0,677±0,044	0,277	0,176
3	0,279±0,023	0,029	0,162	0,619±0,070	0,219	0,176
4	0,243±0,005	–0,007	0,162	0,517±0,012	0,117	0,176
5	0,285±0,013	0,035	0,162	0,644±0,046	0,245	0,176
6	0,267±0,004	0,017	0,162	0,598±0,005	0,198	0,176
7	0,243±0,047	–0,007	0,162	0,552±0,131	0,153	0,176
8	0,263±0,017	0,013	0,162	0,566±0,057	0,166	0,176
9	0,351±0,118	0,101	0,162	0,549±0,006	0,149	0,176
Шавлія блискуча (<i>Salvia splendens</i>)						
1	0,356±0,090	–	–	0,367±0,091	–	–
2	0,387±0,045	0,031	0,03	0,405±0,023	0,038	0,02
3	0,350±0,056	–0,006	0,03	0,388±0,012	0,021	0,02
4	0,402±0,018	0,046	0,03	0,450±0,002	0,083	0,02
5	0,350±0,023	–0,006	0,03	0,399±0,032	0,032	0,02
6	0,342±0,041	–0,014	0,03	0,374±0,033	0,007	0,02
7	0,352±0,012	–0,004	0,03	0,381±0,030	0,014	0,02
8	0,312±0,004	–0,044	0,03	0,341±0,033	–0,026	0,02
9	0,302±0,037	–0,054	0,03	0,327±0,021	–0,040	0,02

usitatissimum L., *Atriplex hortense* L. внесення у ґрунт іонів кобальту в концентрації 5 мг/кг збільшує вміст хлорофілу *a* на 7–15 % порівняно з контролем, а за підвищення концентрації кобальту до 10 мг/кг ґрунту – вміст хлорофілу *a* у проростків *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon* збільшується на 27 %, у проростків *Bromus arvensis* L., *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L. простежується зниження його на 21 %, або цей показник не відрізнявся від контрольного значення (вар. 2, 3). Аналогічні зміни у відповідь на забруднення ґрунту характерні й для хлорофілу *b*. У разі внесення 1,5 г/кг іонів марганцю у стійких до забруднення видів *Bromus arvensis* L., *Ageratum houstonianum* cv. *Bule Lagoon*, *Cosmos sulphureus* Cav., *Linum usitatissimum* L., *Atriplex hortense* L. вміст хлорофілу *a* збільшується на 21 %, або не відрізняється вірогідно від контрольного показника, а за

умов внесення 3 г/кг марганцю реєструється збільшення вмісту хлорофілу *a* на 25–29 % порівняно з контролем (вар. 4, 7). Комплексне внесення важких металів збільшує його на 14–40 %, ніж у рослин, вирощених на незабрудненому ґрунті (вар. 8, 9). Сумісна дія полютантів збільшувала вміст хлорофілу *b* на 21–61 %, що залежало від концентрації забруднювачів.

Відносно стійкі до забруднення ґрунту іонами кобальту та марганцю види (*Festuca rubra* L., *Agrostis vulgaris* With., *Echinacea purpurea*, *Agrostemma githago*, *Silene coeli rosa*, *Lolium perenne* L., *Poa pratensis* L., *Phacelia tanacetifolia* L., *Zinnia aquastifolia* H., та *Tagetes erectus* L.) за низьких концентрацій іонів кобальту характеризуються збільшенням вмісту хлорофілу *a* на 3–21 %, але зі збільшенням концентрації полютантів цей показник зменшувався на 5–14 % порівняно з контролем. Внесення у ґрунт низьких доз

кобальту (вар. 2) збільшує вміст хлорофілу *в* на 8–30 %, а збільшення вмісту забруднювача (вар. 3) цей показник зменшує на 12–20 % порівняно з даними рослин з незабрудненого ґрунту.

Внесення у ґрунт марганцю в дозі 1,5 г/кг стимулює синтез хлорофілу *а* в проростків цієї групи рослин на 21–27 %, а подальше збільшення його вмісту призводить до тенденції зменшення кількості хлорофілу *а* (вар. 7). Аналогічна закономірність спостерігається і в разі дії іонів марганцю на накопичення хлорофілу *в*.

Негативний вплив важких металів виявлено під час комплексного внесення важких металів, особливо високих концентрацій поллютантів. Так, у варіанті 8 вміст хлорофілу *а* зменшується на 12–35 %, а у варіанті 9 – на 15–62 % ніж у контрольних рослин. У всіх варіантах комплексної дії важких металів відзначено зменшення вмісту хлорофілу *в*, і чим вище концентрація поллютантів, тим більший негативний ефект вона чинить на вміст пігменту.

У чутливих до забруднення ґрунту сполуками кобальту та марганцю проростків *Alyssum maritimum* Lam., *Dahlia variabilis* Desf., *Echinacea purpurea*, *Calendula officinalis* L., *Petunia Hybrida Grandiflora*, *Salvia splendens* майже на всіх варіантах забруднення виявлено зменшення вмісту хлорофілу *а*. Суттєве зниження кількості хлорофілу *а*, особливо за умов комплексної дії важких металів, може бути на-

слідком його окиснення активними формами кисню, які утворюються в результаті дії іонів кобальту та марганцю, здатних ініціювати оксидний стрес. Це підтверджується і літературними даними [1, 3, 6]. Так, внесення кобальту (вар. 2, 3) зменшує вміст хлорофілу *а* на 7–45 % порівняно з контрольними рослинами.

У разі забруднення ґрунту марганцем (вар. 4, 7) вміст хлорофілу *а* зменшується на 5–12 %, а хлорофілу *в* знижується на 7–20 % порівняно з контрольними показниками. Найбільш негативний вплив на вміст хлорофілу *а* у чутливих до забруднення проростків чинить комплексне внесення поллютантів. Так, у варіанті 8 цей показник зменшується на 28–37 %, а у варіанті 9 – на 35–54 %. Сумісна дія поллютантів також призводить до значного зниження (на 36–40 %) вмісту хлорофілу *в* у цієї групи рослин.

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1) у видів, стійких до забруднення ґрунту кобальтом та марганцем, внесення забруднювачів збільшує вміст хлорофілу *а* та хлорофілу *в*, може бути адаптивною реакцією до забруднення;

2) надлишок сполук кобальту та марганцю у ґрунті призводить до зниження вмісту зелених пігментів у нестійких до забруднення ґрунту видів. Найбільш сильно руйнується хлорофіл *в*.

Бібліографія

1. Бессонова В.П. Вплив важких металів на пігментну систему листка / В.П. Бессонова // Укр. ботан. журн. – 1992. – Т. 49, № 2. – С. 63–69.
2. Бессонова В.П. Пасивний моніторинг забруднення середовища важкими металами з використанням трав'яних рослин / В.П. Бессонова // Укр. ботан. журн. – 1991. – Т. 48, № 2. – С. 77–80.
3. Бильчук В.С. Исследование влияния ионов свинца и кадмия на систему оксидоредуктаз проростков кукурузы / В.С. Бильчук // Проблемы сучасної екології: тези Міжнар. конф. (Запоріжжя, 20–22 вересня 2000 р.). – Запоріжжя, 2000. – С. 14.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з теми “Фотосинтез” курсу “Фізіологія рослин” / [М.І. Бойко, Ю.Г. Приседський, Г.М. Негруцька та ін.] – Донецьк, 1999. – 30 с.
5. Гуральчук Ж.З. Механізми устойчивости растений к тяжелым металлам / Ж.З. Гуральчук // Физиология и биохимия культ. растений. – 1994. – Т. 26, № 2. – С. 107–117.
6. Зурнаджи Т.Г. Адаптивні можливості деяких квітково-декоративних рослин в умовах техногенного середовища / Т.Г. Зурнаджи, Р.І. Пельтіхіна // Укр. ботан. журн. – 1997. – Т. 54, № 1. – С. 68–70.
7. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю.Г. Приседський. – Донецьк: Кассіопея, 1999. – 210 с.
8. Benavides M.P. Toxic metals in plants / Benavides M.P., Susana M. Gallego, Maria L. Tomaro // Braz. J. Plant Physiol. – 2005. – Vol. 17, № 1. – P. 35–114.

Рецензент – доктор біологічних наук,
професор **О.В. Жуков**