

УДК 631.8

© Ю. Г. Приседский, А. М. Миронова  
**ВЛИЯНИЕ ГУМАТА НАТРИЯ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ БАРХАТЦЕВ  
МЕЛКОЦВЕТНЫХ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ФТОРИДАМИ И  
СУЛЬФИТАМИ**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46  
e-mail: g\_prisedsky@ukr.net, Anyta250291@rambler.ru

*Приседский Ю. Г., Миронова А. М. Влияние гумата натрия на ростовые процессы бархатцев мелкоцветных в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами.* – Изучено влияние гумата натрия на *Tagetes patula* L. в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами. В качестве загрязнителей использовали сульфит натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) и фторид натрия ( $\text{NaF}$ ). Опыт вели по схеме трехфакторного трехуровневого эксперимента. Установлено значительное негативное влияние загрязнения почвы фтором и серой на рост и развитие *T. patula*. Добавление гумата натрия в концентрации  $0,3 \text{ г/м}^2$  положительно воздействует на ростовые процессы *T. patula*, а в концентрации  $0,6 \text{ г/м}^2$  угнетает рост растения.

*Ключевые слова:* гумат натрия, *Tagetes patula* L., сульфит натрия, фторид натрия.

### **Введение**

В настоящее время исследования городской среды и связанные с ними теоретические и прикладные экологические проблемы необычайно актуальны, так как города становятся основной средой обитания человека. В последние десятилетия наблюдается интенсивное насыщение атмосферы городов газообразными и пылевидными отходами транспортных средств и промышленных предприятий [3]. Они вызывают ухудшение условий существования человека и других организмов, создавая угрозу здоровью населения, нарушению климата в локальных и глобальных масштабах [1]. В связи с этим остро ощущается потребность в научно обоснованных и рациональных мероприятиях по предотвращению загрязнения атмосферы и сохранению нормальных условий жизни, труда и отдыха людей и биосферы в целом [4].

Среди компонентов живого вещества биосферы наиболее существенным фактором нейтрализации газообразных токсикантов является растительность. Поэтому одним из перспективных подходов для биологической характеристики окружающей среды является оценка устойчивости растений к промышленным выбросам и способов ее повышения [2].

Почва является накопителем промышленных и транспортных выбросов, которые оседают из воздуха или попадают в нее непосредственно при транспортировании и переработке различных веществ. В последние годы загрязнения тяжелыми металлами, сульфатами, фторидами, пестицидами и другими токсичными веществами значительно возрастает [14]. Поскольку растения развиваются в присутствии таких соединений в обычных фоновых концентрациях, в этих условиях редко наблюдаются какие-либо отрицательные воздействия на них. Вместе с тем такие воздействия обнаруживаются тогда, когда концентрация загрязнений оказывается выше допустимого порогового уровня [14].

Каждое из загрязнений воздействует своим особым образом, однако все загрязнения оказывают влияние на некоторые основные процессы. В первую очередь воздействию подвергаются системы, регулирующие поступление загрязняющих веществ, а также химические реакции, ответственные за процессы фотосинтеза, дыхания и производство энергии [7].

Под действием загрязняющих веществ происходит подавление фотосинтеза, нарушение водообмена, многих биохимических процессов, снижение транспирации, общее угнетение роста и развития растений. Это приводит к изменению окраски листьев, некрозу, опадению листьев, изменению формы роста, ветвлению и т. д. [11]. Накапливаясь в тканях листа сверх допустимого уровня, токсикант вызывает у растений различные нарушения в структурной организации и функциональной деятельности. Начальными признаками поражения являются снижение транспирации и фотосинтеза, ухудшение поглощающих функций корня. Эти сдвиги вначале обратимы, но по мере накопления отравляющего вещества происходят резкие изменения ультраструктуры клеток (разбухание оболочки,

нарушение структуры митохондрий и хлоропластов), а затем и ухудшение углеводного, белкового и фосфорного обменов [5].

Установлено, что SO<sub>2</sub> является сильнодействующим ассимиляционным ядом [12]. В то же время SO<sub>2</sub> является местным ядом, убивающим только те участки мезофилла листа, в которые он проник, не затрагивая существенно жизнедеятельность соседних участков мезофилла. Растений, абсолютно устойчивых к сернистому газу, как и к другим вредным промышленным отходам, практически нет. Растения, у которых участки повреждений составляют до 20% общей площади листьев, относят к слабоповреждаемым. У среднеповреждаемых видов участки повреждений составляют до 50% и у сильноповреждаемых – свыше 50%. Под влиянием SO<sub>2</sub> у растений усиливаются признаки ксероморфности: уменьшается площадь листовых пластинок, увеличивается степень жилкования и количество устьиц, размеры клеток устьичного аппарата уменьшаются [3].

Фтор влияет на метаболизм растений и способен вызывать снижение темпов поглощения кислорода, расстройства респираторной деятельности, снижение ассимиляции питательных веществ, уменьшение содержания хлорофилла, подавление синтеза крахмала, разрушение ДНК и РНК и ингибировать ряд других процессов. Установлено, что фториды ингибируют ферменты: энлазу, фосфорглюкомутазу, фосфотазу.

Некоторые растения настолько восприимчивы к загрязнению воздуха и почвы, что поражаются при концентрации фторидов незначительно превышающей фоновую. Это свойство растений используется в мониторинге загрязнения воздуха, почв и других средств как метод биоиндикации и симптомологии [6].

На устойчивость растений к загрязнению среды влияет много факторов. Для повышения их устойчивости применяются внесения в почву минеральных удобрений, регулирование водного режима, внесение физиологически активных соединений, в том числе гуматов натрия и аммония. Положительное влияние гумата натрия, внесенного в почву с минеральными удобрениями, сказалось на снижении негативного эффекта повышенных доз токсикантов и некоторых других инсектофунгицидов. Гумат натрия является также и радиопротектором [13].

В связи с этим целью наших исследований было изучение ростовых процессов *Tagetes patula* L. и влияние на них гумата натрия в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами.

#### **Объект и методы исследования**

В качестве объекта исследования использовали *T. patula* – вид многолетнего растения рода *Tagetes* семейства Asteraceae. Стебли прямостоячие, 30-80 см высотой, сильно ветвистые у основания. Листья небольшие, перистораздельные, с линейно-ланцетными долями, по краю пильчатые. Соцветия – корзинки 4-6 см в диаметре, одиночные или в щитковидных соцветиях расположенные в концах стеблей, чашеобразные, разнообразные по форме. Цветет в июле-августе. Плоды созревают в августе-октябре.

При проведении эксперимента семена *T. patula* высаживались в емкости, которые содержали по 350 г почвы. Перед внесением загрязнителей почву просеивали через почвенное сито с диаметром отверстий 3 мм. В качестве загрязнителей использовали сульфит натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) и фторид натрия (NaF). Опыт вели по схеме трехфакторного трехуровневого эксперимента (табл. 1) [9].

Опытные растения выращивались на протяжении 30 суток, при освещении 12000 лк, температуре 18-21°C, влажности почвы – 60-70% полной влагоемкости.

При снятии опыта измеряли длину надземной части и корневых систем растений, сырой и сухой массы проростков [12]. Площадь листа определяли после их сканирования с разрешающей способностью 100 пикселей/дюйм при помощи специально разработанной программы обработки изображений.

**Схема опыта по влиянию гумата натрия на физиологические показатели растений в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами**

№ опыта	Концентрации загрязнителей и гумата		
	F <sup>-</sup> (мг/кг)	S <sup>2-</sup> (мг/кг)	Гумат натрия г/м <sup>2</sup>
1	0	0	0
2	100	0	0
3	200	0	0
4	0	1	0
5	100	1	0
6	200	1	0
7	0	2	0
8	100	2	0
9	200	2	0
10	0	0	0,3
11	100	0	0,3
12	200	0	0,3
13	0	1	0,3
14	100	1	0,3
15	200	1	0,3
16	0	2	0,3
17	100	2	0,3
18	200	2	0,3
19	0	0	0,6
20	100	0	0,6
21	200	0	0,6
22	0	1	0,6
23	100	1	0,6
24	200	1	0,6
25	0	2	0,6
26	100	2	0,6
27	200	2	0,6

Полученные данные обработаны статистически по методу трехфакторного дисперсионного анализа. Сравнение средних проводили по методу Даннета [11, 14, 15].

### **Результаты и обсуждение**

Проведенные исследования загрязнения почвы серой и фтором на ростовые процессы побегов бархатцев мелкоцветных позволяют сделать вывод о значительном негативном воздействии загрязнителей на рост и накопление биомассы растениями. Влияние загрязнения почвы в значительной мере зависит от концентраций токсичных веществ.

Как свидетельствуют данные табл. 2, в контроле площадь листовой пластинки составила 82%. В вариантах 2 и 3 площадь заметно снизилась до 25-30%, что свидетельствует о негативном влиянии Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> и NaF при отсутствии гумата натрия. При низком содержании солей и внесении гумата натрия в концентрации 0,3 г/м<sup>2</sup> в вариантах 11-13 происходит увеличение площади листовой пластинки. В варианте 25 из-за высокого содержания фторидов и сульфитов в почве, несмотря на внесение гумата натрия, происходит снижение площади листьев на 99% по сравнению с растениями, выращенными на незагрязненной почве. В вариантах 26 и 27 все проростки погибли. В вариантах 17 и 18 при внесении гумата в дозе 0,3 г/м<sup>2</sup> площадь листовых пластинок увеличивается на 32% по сравнению с контролем.

**Влияние гумата натрия на площадь листовой пластинки бархатцев в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами**

№ варианта	Площадь листовой пластинки (см <sup>2</sup> )			Суммарная листовая площадь (см <sup>2</sup> )		
	M ± m	D	D <sup>D</sup>	M ± m	D	D <sup>D</sup>
1	0,71±0,10	-	-	3,29±0,52	-	-
2	0,15±0,17	0,56	0,54	0,78±0,09	2,51	0,54
3	0,54±0,33	0,17	0,54	1,35±1,09	1,93	0,54
4	0,50±0,30	0,21	0,54	3,36±0,71	0,07	0,54
5	0,09±0,05	0,62	0,54	3,36±0,70	0,07	0,54
6	0,65±0,11	0,06	0,54	3,66±0,70	0,37	0,54
7	0,27±0,16	0,44	0,54	1,09±0,76	2,20	0,54
8	0,60±0,14	0,11	0,54	2,98±0,91	0,31	0,54
9	0,23±0,27	0,48	0,54	0,79±0,01	2,50	0,54
10	0,35±0,22	0,36	0,54	0,77±0,58	3,52	0,54
11	0,48±0,29	0,23	0,54	2,04±1,41	1,25	0,54
12	0,47±0,31	0,24	0,54	2,69±1,88	0,60	0,54
13	0,02±0,01	0,69	0,54	0,28±0,03	3,01	0,54
14	0,21±0,24	0,50	0,54	0,70±0,85	2,59	0,54
15	0,33±0,01	0,38	0,54	1,20±0,22	2,09	0,54
16	0,12±0,14	0,59	0,54	0,59±0,71	2,70	0,54
17	0,26±0,16	0,45	0,54	1,29±0,81	2,00	0,54
18	0,29±0,19	0,42	0,54	1,56±0,10	1,73	0,54
19	0,19±0,11	0,52	0,54	0,57±0,35	2,72	0,54
20	0,13±0,15	0,58	0,54	0,39±0,47	2,90	0,54
21	0,16±0,18	0,55	0,54	0,61±0,73	2,68	0,54
22	0,02±0,01	0,69	0,54	0,55±0,07	2,74	0,54
23	0,36±0,27	0,35	0,54	0,81±0,55	2,75	0,54
24	Растения погибли			Растения погибли		
25	0,21±0,25	0,50	0,54	0,62±0,747	2,67	0,54
26	Растения погибли			Растения погибли		
27	Растения погибли			Растения погибли		

Анализ цифрового материала табл. 3 показывает, что загрязнение почвы фторидами и сульфитами оказывает значительное отрицательное влияние на рост стебля и корней проростков. Так, в вариантах 2-8 длина стебля снижаются на 3,2-65,5% по сравнению с растениями, выращенными без внесения загрязнителей (вар. 1). При высокой дозе поллютантов (вар. 9) угнетение роста надземной части растения составляет 95% от контроля). Аналогичная закономерность наблюдается и в изменении ростовых процессов корневых систем. Внесение гумата натрия в дозе 0,3 г/м<sup>2</sup> (вар. 10-18) позволяет оптимизировать рост стебля, тогда как на ростовые процессы корней подкормка не оказывает существенного влияния. Гумат в дозе 0,6 г/м<sup>2</sup> (вар. 21-27) оказывает угнетающее влияние на ростовые процессы проростков бархатцев, не приводя к снижению отрицательного воздействия загрязнения почвы на растения. Сочетание высоких доз загрязнения и гумата натрия приводят к гибели проростков (вар. 24, 26 и 27).

**Влияние гумата натрия на длину стебля и корня растений бархатцев в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами**

№ вар.	Длина стебля (см)			Длина корня (см)		
	M ± m	D	D <sup>p</sup>	M ± m	D	D <sup>p</sup>
1	2,580±0,259	-	-	1,553±0,360	-	-
2	0,897±1,086	1,683	2,291	0,673±0,812	0,880	1,881
3	1,670±1,017	0,910	2,291	1,337±0,886	0,217	1,881
4	1,837±1,132	0,743	2,291	1,337±0,812	0,217	1,881
5	0,840±1,017	1,740	2,291	0,670±0,404	0,883	1,881
6	2,500±0,354	0,080	2,291	1,667±0,408	0,113	1,881
7	1,503±0,931	1,077	2,291	0,670±0,404	0,883	1,881
8	2,500±0,354	0,080	2,291	1,500±0,354	0,053	1,881
9	0,040±0,037	2,540	2,291	0,010±0,001	1,543	1,881
10	2,337±2,337	0,243	2,291	1,003±0,704	0,550	1,881
11	0,040±0,019	2,540	2,291	2,003±1,221	0,450	1,881
12	1,587±0,970	0,993	2,291	1,003±0,704	0,550	1,881
13	0,673±0,812	1,907	2,291	0,507±0,608	1,047	1,881
14	1,007±1,221	1,573	2,291	0,563±0,678	0,990	1,881
15	2,167±0,204	0,413	2,291	1,083±0,102	0,470	1,881
16	0,673±0,812	1,907	2,291	0,340±0,404	1,213	1,881
17	1,337±0,812	1,243	2,291	0,670±0,404	0,883	1,881
18	1,337±0,812	1,243	2,291	1,500±0,354	0,550	1,881
19	1,170±0,732	1,410	2,291	1,003±0,704	0,050	1,881
20	0,673±0,812	1,907	2,291	1,503±1,057	1,213	1,881
21	0,507±0,608	2,073	2,291	0,340±0,404	1,213	1,881
22	0,507±0,608	2,073	2,291	0,340±0,404	1,213	1,881
23	1,503±0,931	1,077	2,291	0,340±0,404	1,197	1,881
24	Растения погибли			Растения погибли		
25	1,007±1,221	1,573	2,291	0,010±0,001	0,880	1,881
26	Растения погибли			Растения погибли		
27	Растения погибли			Растения погибли		

Влияние подкормки гуматом натрия на сырую и сухую массу растений, растущих в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами, представлено в табл. 3. Как следует из табл. 3 загрязнение почвы неоднозначно влияет на накопление биомассы проростками. Наиболее сильное угнетение накопления сырой и сухой массы наблюдается при комплексном загрязнении почвы с высокими дозами фторидов и сульфитов (вар. 9). Гумат натрия в дозе 0,3 г/м<sup>2</sup> значительно стимулирует накопление биомассы бархатцев. Так, на незагрязненной почве сырая масса проростков увеличивается в 3,9 раза по сравнению с растениями, выращенными на незагрязненной почве без внесения гумата, а сухая масса – в 3,3 раза. При загрязнении почвы фторидами (вар. 11-12) сырая масса подкормленных растений составляет 314,3-464,3% от контрольных растений и в 3,1-5,0 раз превосходит этот показатель растений, выращенных на почве с фторидным загрязнением. На сухую массу проростков внесение гумата натрия в этой дозе также оказывает значительный стимулирующий эффект. В вариантах с сульфитным и комплексным загрязнением (вар. 13-18) накопление как сырой, так и сухой массы проростками практически не отличается от незагрязненного контроля и на 20-40% превосходит аналогичные показатели растений, произрастающих на загрязненной почве без внесения гумата натрия. Доза гумата натрия 0,6 г/м<sup>2</sup> (вар. 20-27) не оказывает положительного влияния на накопления сырой и сухой

массы проростками, а сочетание высоких доз загрязнителей и гумата натрия приводит к гибели растений, что может свидетельствовать о повышении чувствительности растений к загрязнению при внесении гумата.

Таблица 4

**Влияние гумата натрия на сырую и сухую массу растений бархатцев в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами**

№ вар.	Сырая масса (мг)			Сухая масса (мг)		
	M ± m	D	D <sup>D</sup>	M ± m	D	D <sup>D</sup>
1	0,014±0,003	-	-	0,003±0,001	-	-
2	0,013±0,003	0,002	0,049	0,009±0,001	0,006	0,020
3	0,013±0,021	0,017	0,049	0,038±0,029	0,034	0,020
4	0,025±0,009	0,011	0,049	0,014±0,003	0,011	0,020
5	0,014±0,003	0,000	0,049	0,004±0,003	0,001	0,020
6	0,013±0,004	0,001	0,049	0,006±0,003	0,002	0,020
7	0,010±0,001	0,004	0,049	0,005±0,003	0,002	0,020
8	0,026±0,005	0,011	0,049	0,012±0,004	0,009	0,020
9	0,010±0,000	0,004	0,049	0,010±0,000	0,007	0,020
10	0,054±0,027	0,040	0,049	0,010±0,001	0,006	0,020
11	0,040±0,019	0,026	0,049	0,006±0,003	0,003	0,020
12	0,065±0,065	0,050	0,049	0,005±0,003	0,001	0,020
13	0,014±0,004	0,001	0,049	0,008±0,003	0,004	0,020
14	0,015±0,006	0,001	0,049	0,007±0,001	0,007	0,020
15	0,015±0,002	0,001	0,049	0,008±0,002	0,003	0,020
16	0,011±0,001	0,003	0,049	0,009±0,000	0,005	0,020
17	0,020±0,007	0,005	0,049	0,060±0,007	0,006	0,020
18	0,018±0,005	0,004	0,049	0,010±0,006	0,057	0,020
19	0,018±0,005	0,004	0,049	0,010±0,001	0,007	0,020
20	0,017±0,009	0,003	0,049	0,012±0,003	0,007	0,020
21	0,013±0,003	0,002	0,049	0,007±0,004	0,009	0,020
22	0,013±0,004	0,001	0,049	0,011±0,001	0,004	0,020
23	0,027±0,011	0,013	0,049	0,010±0,001	0,008	0,020
24	Растения погибли			Растения погибли		
25	0,014±0,004	0,001	0,049	0,010±0,000	0,006	0,020
26	Растения погибли			Растения погибли		
27	Растения погибли			Растения погибли		

**Выводы**

1. Загрязнение почвы фторидами и сульфитами оказывает значительное негативное влияние на ростовые процессы *T. patula*.

2. Добавление гумата натрия в дозе 0,3 г/м<sup>2</sup> положительно воздействует на рост и развитие *T. patula* в условиях повышенного содержания фторидов и сульфитов в почве, тогда как внесение его в дозе 0,6 г/м<sup>2</sup> повышает чувствительность растений к загрязнению почвы.

**Список литературы**

1. *Абрамов Н. В.* Флора Республики Марий Эл: инвентаризация, районирование, охрана и проблемы рационального использования ее ресурсов / Н. В. Абрамов. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2000. – 164 с.

2. *Быховская М. С.* Быстрые методы определения вредных веществ в атмосфере / М. С. Быховская, Е. А. Перегунт, Е. В. Гернет. – М.: Химия, 1970. – 125 с.

3. Воскресенская, О. Л. Организм и среда: факториальная экология / О. Л. Воскресенская, Е. А. Скочилова и др. – Йошкар-Ола, 2005. – 175 с.
4. Воскресенская О. Л. Экология города Йошкар-Олы / О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябшьева и др. – Йошкар-Ола, 2004. – 200 с.
5. Гейнрих Д. Экология: пер. с нем. / Д. Гейнрих, М. Гергт. – М.: Рыбари, 2003. – 287 с.
6. Гелашвили Д. Б. Количественные методы оценки загрязнения атмосферного воздуха / Д. Б. Гелашвили // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2000. – Ч. IV. – 427 с.
7. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Марий Эл в 2003 году. – Йошкар-Ола, 2004. – 179 с.
8. Павлов И. Н. Глобальные изменения среды обитания древесных растений / И. Н. Павлов. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – 156 с.
9. Приседский Ю. Г. Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседский. – Донецк: ДонНУ, 2005. – 75 с.
10. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседський. – Донецьк: Кассіопея, 1999. – 210 с.
11. Романова А. К. Физиолого-биохимические признаки и молекулярные механизмы адаптации растений к повышенной концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере / А. К. Романова // Физиология растений. – 2005. – Т. 52, № 1. – С. 123–132.
12. Рост концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере – всеобщее благо? / [Алексеев и др.] // Природа. – 1999. – № 9. – С. 13–16.
13. Семина И. В. Гумат натрия как фактор, повышающий устойчивость растений к загрязнителям биосферы / И. В. Семина // Удобрения. – 2008. – № 5. – С. 18–20.
14. Хван Т. А. Промышленная экология / Т. А. Хван. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 315 с.
15. Lin C. // Trends in plant science. – 2000. – Vol. 5, № 8. – P. 337–342.

**Приседський Ю. Г., Миронова Г. М. Вплив гумата натрію на ростові процеси чорнобривців дрібноквіткових в умовах забруднення ґрунту фторідами та сульфітами.** – Досліджено вплив гумата натрію на *Tagetes patula* L. в умовах забруднення ґрунту фторідами та сульфітами. В якості забруднювачів використовували сульфит натрію (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) та фторид натрію (Na<sub>4</sub>F). Дослід вели за схемою трифакторного трьохрівневого експерименту. Встановлено значний негативний вплив забруднення ґрунту фтором та сіркою на ріст та розвиток *T. patula*. Додавання гумата натрію в концентрації 0,3 г/м<sup>2</sup> позитивно впливає на ростові процеси *T. patula*, а в концентрації 0,6 г/м<sup>2</sup> пригнічує ріст рослини.

*Ключові слова:* гумат натрію, *Tagetes patula* L., сульфит натрію, фторид натрію.

**Prisedsky Yu. G., Mironova A. M. Influence of a humate of sodium on the processes of stature *Tagetes patula* L. in the conditions of pollution of soil by fluorides and sulfites.** – Influence of a humate of sodium in the conditions of pollution of soil by fluoride and sulfite on the *Tagetes patula* L. us studied. All pollutants used sulfite (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) of sodium fluoride (Na<sub>4</sub>F). Experience conducted under the three-factorial three-level experiment. Considerable negative influence of pollution of soil by fluorine and sulphur on growth and development *T. patula* is established. Addition of a humate of sodium in concentration 0,3 g/m<sup>2</sup> positively influences on the processes of stature *T. patula*, and in concentration 0,6 g/m<sup>2</sup> oppresses plant growth.

*Key words:* humate of sodium, *Tagetes patula* L., sodium sulfite, sodium fluoride.