

УДК 631.811.98

## ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

© 2012 г. Л.П. Воронина<sup>1</sup>, О.С. Якименко<sup>1</sup>, В.А. Терехова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения  
119992 Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12, Россия  
E-mail: luydavoron@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
119071 Москва, Ленинский просп., 33, Россия

Поступила в редакцию 18.08.2011 г.

Обсуждены способы оценки биологической активности гуминовых препаратов в связи с актуальностью проблемы их сертификации. Приведены данные лабораторного фитотестирования двух гуминовых препаратов (ГП) разного генезиса с применением семян двудольных растений. Обосновано использование интегрального индекса фитоактивности (ИФ) ГП, отражающего энергию прорастания, длину корня и высоту coleoptily проростков семян для оценки биоактивности и качества ГП.

*Ключевые слова:* биологическая активность, промышленные гуминовые препараты, фитотестирование.

### ВВЕДЕНИЕ

Препараты на основе гуминовых веществ с конца XX века занимают все большее место в разработке современных инновационных технологий не только в области растениеводства и животноводства, но и в медицине и природоохранной сфере. В современном растениеводстве гуминовые препараты (ГП) применяют как в целях стимуляции роста и развития растений и как веществ, обладающие биопротекторными свойствами. Они улучшают усвоение растениями питательных элементов, повышают устойчивость растений к климатическим и биотическим стрессорам и т.п. Поскольку большая часть препаратов позиционируется в качестве регуляторов роста растений, то для оценки физиологической активности ГП представляется логичным использование фитотестирования. При фитотестировании, как правило, определяют всхожесть, энергию прорастания, длину корней и coleoptily проростков семян высших растений [1]. Чаще всего используют экспрессную методику фитотестирования для суммарной экологической оценки почв агроценоза [2]. В ходе исследования таким способом для различных образцов устанавливают не только эффекты, стимулирующие развитие растений, но и подавление тех или иных их тест-функций. С точки зрения обсуждаемой в настоящее время

проблемы сертификации промышленных гуматов [3–4], такая информация крайне необходима для оценки качества выпускаемых гуминовых продуктов.

Проявления биологической активности ГП по отношению к двудольным растениям обычно выражаются в виде ауксинподобного эффекта: стимулирование в низких концентрациях и ингибирование – в высоких, т. е. для ГП характерно бимодальное воздействие [5–8]. При этом на тест-отклики значительно влияют не только условия эксперимента (температура, освещенность, обеспеченность среды питательными элементами и прочее), но также вид и сорт тест-культуры. Например, сортовые различия в чувствительности показаны для кунжута: для одного сорта наблюдали прирост урожайности до 110–130%, для другого – снижение до 85% относительно контроля [9].

Однако стандартной методики фитотестирования ГП, позволяющей выявить как уровень их физиологической (или биопротекторной) активности, так и экотоксичности не существует [10]. В научной и учебно-практической литературе можно найти немало методических рекомендаций различных вариантов применения в фитотестах семян разных видов высших растений. Согласно [11], в лабораторных фитотестах следует приме-

нять семена овса (*Avena* spp.), поскольку они, по мнению разработчиков, давали наиболее стабильные и воспроизводимые результаты по сравнению с семенами других культур (рр. *Pisum*, *Cucumis*, *Triticum*, *Daucus* и др.). В разработанной методике по определению суммарной токсичности объектов агроценоза [12] обосновано использование семян редиса (р. *Raphanus*), которые обладают “высокой степенью отзывчивости на токсические вещества”. За рубежом и во многих работах отечественных авторов показана эффективность применения мелких семян культурных растений, в частности кресс-салата – *Lepidium sativum*. Этот вид растений показал свою информативность при анализе загрязнений как отдельными типами поллютантов, так и при их воздействии в комплексе [13–15]. Согласно международному стандарту ISO 11269-1, для биотестирования рекомендуется использовать ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare*) сорта CV Triumph. Одновременно оговорено, что можно применять и другие виды семян. Международный стандарт ISO 11269-2 предписывает выбирать как минимум 2 вида растений, при этом один вид должен принадлежать к классу однодольных, другой – двудольных [16].

Что касается фитотестирования ГП, то в этом случае выбор тест-растения особенно важен, поскольку стимулирующий эффект может быть вызван как полифункциональностью самой молекулы препарата, так и воздействием его отдельных фракций, проявляющих гормональное действие, а рост ювенильных растений в зависимости от типа прорастания происходит у разных видов растений по-разному [17]. При этом процессы ризогенеза и морфофизиологического преобразования тканей очень чувствительны к любым флуктуациям среды, что, как правило, и проявляется при фитотестировании ГП [18].

Помимо этого, самым существенным и дискуссионным моментом в организации и проведении фитотестирования является неоднозначность проявления различных тест-функций в ответ на воздействие одной и той же пробы испытуемого образца. Эффекты при фитотестировании образцов оценивают, как известно, либо по величине отдельных параметров, либо при их сочетании. Наиболее чувствительным является показатель длины корней растений. Высокая “отзывчивость” длины корней проростков была подтверждена и в экспериментах по изучению влияния изыскан биогенных элементов (фосфора и калия) в почвогрунтах на развитие семян горчицы белой (*Sinapis alba*), тогда как наименее чувствительным параметром оказалась всхожесть семян [19]. Практически во всех работах иностранных авторов по

фитотестированию различных образцов длина корней служит тест-параметром [20, 21], во многих случаях – в сочетании с высотой проростков, колеоптилей [22, 23] или с показателями всхожести [24, 25]. Длина корней проростков представляется значимым показателем для определения активности ГП, поскольку многие авторы описывают их стимулирующий эффект на развитие корневой системы ювенильных растений, связывая его с ауксиноподобным фитогормональным действием [5, 7, 26]. Тем не менее, именно комплекс вышеуказанных показателей, вероятно, будет наиболее адекватно отражать фитоактивность ГП.

В данной работе приведены экспериментальные данные по испытанию действия некоторых промышленных ГП на семена двудольных растений, наиболее часто применяемых для оценки фитотоксичности и стимуляции роста растений. На основании проведенного анализа литературы и собственного опыта для оценки качества ГП авторы сочли целесообразным в качестве тест-параметров использовать комбинацию показателей всхожести, длины корня и высоты проростка. Цель работы – экспериментальное обоснование пригодности обобщенного индекса фитоактивности и отдельных параметров фитотест-системы, основанной на “откликах” проростков семян двудольных растений, для оценки биологической активности ГП.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В фитотестах использовали водные растворы двух ГП – препаратов ВС-HumNa и Le-PHumK. Препараты представляли собой гуматы натрия или калия, полученные промышленным способом из бурого угля или леонардита и рекомендуемые производителями в качестве регуляторов роста растений. Градиент концентраций в опытах включал диапазон от 0 до 1000 мг/л, испытанные концентрации препаратов составляли 0, 10, 100 и 1000 мг/л; в качестве контроля использовали дистиллированную воду. Препарат Le-PHumK практически полностью растворим в воде, растворимость ВС-HumNa составляет около 90% и его вносили в виде суспензии. Величина pH растворов 6.2–8.4 находилась в допустимых пределах для использованной тест-культуры, что не вызвало необходимости дополнительной процедуры выравнивания величин pH, как это рекомендовано некоторыми стандартными методиками биотестирования.

Исследования проводили на проростках семян редиса *Raphanus sativus* L. сорта Вюрцбургский – представителя двудольных растений. Семена пред-

варительно проверяли на всхожесть, для опытов отбирали партии со всхожестью семян не менее 90%.

Семена помещали в стаканчики (по 25–40 шт.), заливали водой или тестируемыми растворами ГП так, чтобы над поверхностью семян оставался слой жидкости 7–10 мм, и 1 сут выдерживали в термостате при 26 °С. На дно каждой чашки помещали по 2 диска бумажных фильтров и увлажняли их 7 мл раствора ГП или дистиллированной водой (контроль), затем на фильтры выкладывали семена редиса по 10 шт. в чашке. Семена в увлажненных камерах экспонировали 72 ч в термостате при 26 °С в темноте.

Биологическую активность ГП оценивали по трем тест-функциям – энергии прорастания семян (ЭП), длине корней (ДК) и высоте проростков (ВП) через 96 ч от начала эксперимента. Опыты повторяли дважды в течение 2 мес. В каждом опыте анализ проводили в 3-х повторностях, всего проанализировано не менее 80 растений в каждом из вариантов. Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Statistica-8.0 и Microsoft Office Excel 2007.

Для формализации полученных величин тест-функций рассчитывали интегральный индекс

фитоактивности (ИФ) ГП, который отражал отклонения величины тест-функции от контроля (проращивания в воде).

ИФ вычисляли как среднее суммы показателей ЭП, ДК и ВП, выраженное в долях единицы:

$$ИФ = \frac{(ЭП + ДК + ВК)}{3 \cdot 100},$$

где ЭП, ДК и ВП – средние величины соответствующих показателей из двух опытов (% к контролю).

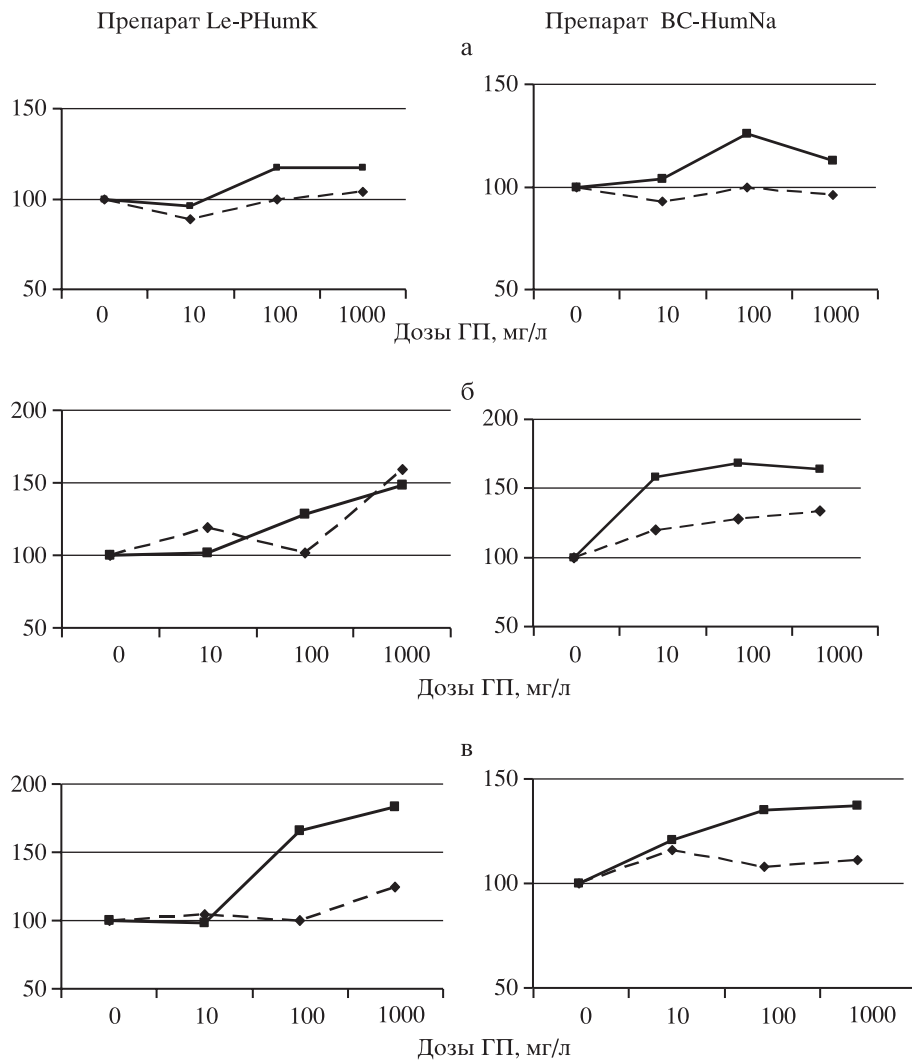
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оба ГП проявили биоактивность по отношению к семенам редиса, причем полученные результаты различались не только в зависимости от вида ГП, но и для каждого препарата в ходе 2-х опытов. Статистическая обработка результатов каждой из изученных тест-функций позволила выявить достоверные изменения и сопоставить полученные данные.

Показано (табл. 1), что препарат Le-PHumK оказывал воздействие на этот показатель: средняя величина ЭП при минимальной концентрации ГП

**Таблица 1.** Влияние препаратов гуминовых кислот (ГП) на энергию прорастания (ЭП) семян редиса сорта Вюрцбургский, шт.

Вариант (мг ГП/л)	Повторность			Среднее	Стандартное отклонение	Ошибка среднего	Доверитель- ный интервал	% отклонения от контроля
	1	2	3					
Препарат Le-PHumK								
Опыт 1								
0 (контроль)	9	9	9	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	8	8	8	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	10	9	8	9.0	1.0	0.6	1.1	100
1000	9	9	10	9.3	0.6	0.3	0.7	104
Опыт 2								
0 (контроль)	9	5	9	7.7	2.3	1.4	2.6	100
10	7	8	7	7.3	0.6	0.3	0.7	96
100	10	8	9	9.0	1.0	0.6	1.1	117
1000	9	10	8	9.0	1.0	0.6	1.1	117
Препарат ВС-HumNa								
Опыт 1								
0 (контроль)	9	9	9	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	8	9	8	8.3	0.6	0.3	0.7	93
100	10	9	8	9.0	1.0	0.6	1.1	100
1000	8	9	9	8.7	0.6	0.3	0.7	96
Опыт 2								
0 (контроль)	9	5	9	7.7	2.3	1.4	2.6	100
10	9	7	8	8.0	1.0	0.6	1.1	104
100	9	10	10	9.7	0.6	0.3	0.7	126
1000	9	8	9	8.7	0.6	0.3	0.7	113



Результаты двух повторных опытов по действию разных концентраций препаратов Le-PHumK и BC-HumNa на энергию прорастания (а), длину корня (б) и высоту coleoptиля (в), % к контролю.

снижалась на 11%, при максимальной концентрации 1000 мг/л установлена стимуляция на 17%. В целом, как стимуляция, так и подавление прорастания семян свидетельствовали о проявлении регуляторной активности, присущей гуминовым веществам. Общая тенденция изменения показателя ЭП в 2-х опытах (рисунок) позволила усреднить их результаты для последующего использования в интегральном показателе.

ДК проростков считается показателем, наиболее отзывчивым на воздействие ГП. В опытах ДК редиса достоверно увеличилась при концентрации ГП 1000 мг/л (превышение относительно контроля достигало в 2-х опытах 55 и 59% соответственно), причем в опыте 1 стимулирующий эффект был выявлен и при концентрации ГП 100 мг/л (на 30%) (табл. 2). Необходимо отметить, что достоверным это превышение было уже при уровне

значимости 95% (согласно стандартным расчетам  $HCP_{05}$ ). В опыте 2 отмечена некоторая стимуляция ДК при концентрации ГП 10 мг/л (на 19%), хотя эти отличия от контроля не достоверны.

Известно, что ГП влияют на ключевые ферменты, находящиеся в эндосперме и синтезируемые в проростках [5]. Кроме того, их действие затрагивает различные этапы эндогенного синтеза фитогормонов, что сказывается на формировании корней растений, причем у однодольных растений наблюдают быстрое угнетение роста основного корня. Одновременно формируются придаточные корни, при этом индуктором этого процесса называют синтезируемые гиббереллины [17]. Гормон ИУК, как у однодольных, так и двудольных растений, синтезирующийся в верхушке побега, в низких концентрациях стимулирует рост корней, а в высоких тормозит эти процессы.

**Таблица 2.** Влияние препаратов гуминовых кислот (ГП) на длину корней (ДК) проростков редиса сорта Вюрцбургский, мм

Вариант (мг ГП /л)	Повторность			Среднее	% отклонения от контроля	Повторность			Среднее	% отклонения от контроля
	1	2	3			1	2	3		
Препарат Le-PHumK										
	Опыт 1					Опыт 2				
0 (контроль)	40.0	39.2	34.4	37.9	100	29.4	21.4	27.3	26.1	100
10	40.6	40.0	40.1	40.2	106	28.6	31.8	33.0	31.1	119
100	49.5	52.2	45.6	49.1	130	19.0	31.4	29.6	26.6	102
1000	64.4	53.3	58.0	58.6	155	33.7	42.1	48.4	41.4	159
<i>HCP</i> <sub>05</sub>				8.1					6.5	
Препарат BC-HumNa										
	Опыт 1					Опыт 2				
0 (контроль)	40.0	39.2	34.4	37.9	100	29.4	28.0	27.3	28.2	100
10	47.5	46.6	41.9	45.3	120	45.9	41.9	45.6	44.5	158
100	50.0	49.8	45.6	48.5	128	43.0	52.4	47.0	47.5	168
1000	50.0	52.0	50.0	50.7	134	47.7	45.0	46.0	46.2	164
<i>HCP</i> <sub>05</sub>				5.7					5.4	

**Таблица 3.** Влияние гуминовых препаратов (ГП) на высоту проростков (ВП) редиса сорта Вюрцбургский, мм

Вариант (мг ГП /л)	Повторность			Среднее	% отклонения от контроля	Повторность			Среднее	% отклонения от контроля
	1	2	3			1	2	3		
Препарат Le-PHumK										
	Опыт 1					Опыт 2				
0 (контроль)	20	17	15	17.3	100	19	21	23	21.0	100
10	14	16	21	17.0	98	24	22	19	21.6	104
100	26	31	29	28.7	166	18	21	23	21.1	100
1000	39	31	25	31.7	183	22	27	29	26.4	125
<i>HCP</i> <sub>05</sub>				5.0					5.0	
Препарат BC-HumNa										
	Опыт 1					Опыт 2				
0 (контроль)	20	17	15	17.3	100	19	21	23	21.0	100
10	21	23	19	21.0	121	25	20	28	24.3	116
100	21	25	24	23.3	135	23	25	20	22.7	108
1000	21	24	26	23.7	137	23	25	22	23.2	111
<i>HCP</i> <sub>05</sub>				5.0					4.0	

Таким образом, индукция этого фитогормона сопровождается увеличением роста корней тест-растений или их угнетением в зависимости от воздействия на его эндогенный статус.

Эти процессы отражаются на показателе суммарной длины всех сформированных корней. У двухдольных растений принято учитывать в тест-системах лишь длину главного корня, поскольку учет формирующейся боковой корневой систе-

мы существенно затрудняет проведение анализа. В литературе высказано мнение о необходимости разработки для этой цели автоматизированных устройств измерения длины боковых корней [27–28].

Таким образом, если оценить результаты биоактивности ГП по показателю увеличения ДК в опыте (% относительно контроля), то целесообразно за критерий эффективности принимать его

величину не менее 20%. Принимая во внимание общую стимулирующую направленность действия препарата Le-PHumK на формирование корней ювенильных растений (рисунок), необходимо сопоставить результаты двух опытов: изменение показателей ДК и ЭП подчинялось общей тенденции, что позволило в дальнейшем рассматривать эти параметры в совокупности.

Для параметра ВП установлена общая для 2-х опытов закономерность, проявившаяся в стимуляции высоты проростка при действии максимальной из исследованных концентраций (1000 мг/л): на 83 и 25% (табл. 3), причем в одном из опытов стимулирующая активность проявилась и при более низкой концентрации ГП (100 мг/л), превысив контроль на 66%.

Изменения ВП под действием разных концентраций препарата Le-PHumK представлены на рис. 1в, усредненные данные и величины ИФ – в табл. 4. Таким образом, в тест-системе с семенами редиса при анализе трех показателей можно прогнозировать стимулирующее действие препарата Le-PHumK в концентрации 1000 мг/л. Изменения величины ИФ в диапазоне 1.02–1.19 не обнаружили достоверных отклонений от контроля. Предложено считать тест-критерием стимулирующего воздействия ГП на проростки редиса величину ИФ > 1.20.

Сходные тенденции стимулирующего действия выявлены и для другого гуминового препарата. Оценка активности препарата ВС-HumNa по ЭП семян редиса представлена в табл. 1. Препарат ВС-HumNa в концентрации 100 мг/л повышал ЭП семян на 26% в опыте 2. Как и в случае с препаратом Le-PHumK, тенденция влияния разных концентраций ГП на ЭП была одинаковой в обоих опытах, что позволило объединить результаты двух экспериментов в интегральном ИФ (рисунок).

Длина первичного корня редиса при всех концентрациях препарата Le-PHumK увеличилась на 20–68%. Значительных различий в росте корня при действии ГП в разных концентрациях не выявлено (табл. 2). Эффект стимуляции роста корней в опыте 2 был выражен сильнее. Одинаковая направленность действия разных концентраций препарата на показатель ДК (рисунок) также позволила объединить результаты этих опытов и рассчитать единый ИФ, суммируя результаты двух опытов.

Увеличение показателя ВП под воздействием ГП также проявилось при всех испытанных концентрациях препарата Le-PHumK (от 21 до 37% к контролю) (табл. 3). Следует отметить, что увели-

**Таблица 4.** Величины тест-функций (среднее из 2-х опытов) и интегральный индекс фитоактивности (ИФ) препаратов гуминовых кислот (ГП) для градиента концентрации

Показатель	Концентрация ГП, мг/л		
	10	100	1000
Препарат Le-PHumK			
ЭП, %	93	109	111
ДК, %	112	116	157
ВК, %	101	133	154
Сумма	304	357	418
Среднее	102	119	141
ИФ	1.02	1.19	1.41
Препарат ВС-HumNa			
ЭП, %	99	113	105
ДК, %	139	148	149
ВК, %	119	122	124
Сумма	357	383	378
Среднее	119	128	126
ИФ	1.19	1.28	1.26

чение ВК более существенно проявилось в опыте 1. Одинаковая направленность изменений ВП свидетельствовала о возможности объединения данных для расчета ИФ.

Таким образом, в фитотесте с семенами редиса по величине ИФ установлено стимулирующее действие препарата ВС-HumNa в концентрациях 100 и 1000 мг/л (ИФ > 1.2) (табл. 4).

## ВЫВОДЫ

1. По результатам проведенного эксперимента по фитотестированию гуминовых препаратов на семенах редиса *Raphanus sativus* L. предложено использовать индекс фитоактивности (ИФ), объединяющий несколько показателей развития и роста проростков семян редиса (энергию прорастания, длину корня, высоту проростка).
2. Интегральный показатель – индекс фитотоксичности – представляется достаточно надежной оценкой стимулирующего эффекта гуминовых препаратов. Можно считать установленным, что при величине ИФ > 1.2 в абсолютном большинстве вариантов испытания гуминовый препарат будет характеризоваться как качественный и его следует рекомендовать для последующих испытаний в вегетационных и полевых опытах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов н/Д: Ростиздат, 2006. 385 с.
2. Практикум по агрохимии: Учебн. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Минеева В.Г. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 320–322.
3. Якименко О.С. Промышленные гуминовые препараты: перспективы и ограничения использования // Мат-лы 2-й Международ. научн.-практ. конф. “Дождевые черви и плодородие почв”. Владимир, 2004. С. 249–252.
4. Чуков С.Н., Терехова В.А., Якименко О.С. Проблемы сертификации гуминовых препаратов // Мат-лы докл. Международ. научн.-практ. конф. “Экологическое нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального землепользования” / Сост. Кулачкова С.А., Макаров О.А. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 41–42.
5. Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants // Soil Biol. Biochem. 2002. V. 34. P. 1527–1536.
6. Соркина Т.А., Куликова Н.А., Филиппова О.И., Лебедева Г.Ф., Перминова И.В. Биологическая активность гумата железа по отношению к проросткам пшеницы // Тр. IV Всерос. конф. “Гуминовые вещества в биосфере”. М., 2007. С. 517–520.
7. Куликова Н.А. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к растениям в водной и почвенной средах в условиях абиотических стрессов: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: МГУ, 2008. 48 с.
8. Якименко О.С., Терехова В.А. Гуминовые препараты и проблема оценки их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. 2011. № 9. С. 1–10.
9. Бутюгин А.В., Зубкова Ю.Н., Антонова А.Л., Гнеденко М.В., Рыктор И.А., Узденников Н.Б. Применение гуминовых препаратов в критических экологических условиях Донбасса // Тр. 5-й Всерос. конф. “Гуминовые вещества в биосфере” / Под ред. Апарина Б.Ф. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2010. Ч. 1. С. 386–392.
10. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Докл. по экол. почвоведению. 2010. Вып. 13. № 1. С. 1–18.
11. МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности. Методические рекомендации. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2007. 15 с.
12. Минеев В.Г., Ремне Е.Х., Воронина Л.П. Биотест для определения экологических последствий применения химических средств защиты растений // Докл. РАСХН. 1992. № 3. С. 5–9.
13. Czerniawska-Kusza I., Ciesielczuk T., Kusza G., Cichon A. Comparison of the Phytotoxkit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments // Environ. Toxicol. 2006. V. 21. № 4. P. 367–372.
14. Sujetovienė G., Griauslytė L. Toxicity assessment of roadside soil using wild oat (*Avena sativa* L.) and cress (*Lepidium sativum* L.) morphometric and biochemical parameters // Environ. Res. Engineer. Manag. 2008. V. 46. № 4. P. 29–35.
15. Шабалина О.М., Демьяненко Т.Н. Фитотестирование городских почв с помощью салата посевого (*Lactuca sativa*) и клевера белого (*Trifolium repens*) // Мат-лы Международ. заочн. научн. конф. “Проблемы современной аграрной науки”. Красноярск: Изд-во КрасноярГАУ, 2008. С. 29–30.
16. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. М: Протектор, 2001. 304 с.
17. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. М.: Высш. шк., 2005. 755 с.
18. Алиева З.М., Магомедова М.А., Юсуфов А.Г. Использование процессов регенерации изолированных структур растений при биотестировании среды. // Мат-лы докл. VI съезда физиологов растений России. Международ. конф. “Современная физиология растений: от молекулы до экосистем”. Ч. 2. Сыктывкар, 2007. С. 17–19
19. Терехова В.А., Домашнев Д.Б., Каниськин М.А., Степачев А.В. Экотоксикологическая оценка повышенного содержания фосфора в почвогрунте по тест-реакциям растений на разных стадиях развития // Пробл. агрохим. и экологии. 2009. № 3. С. 21–26.
20. Baran A., Jasiewicz C., Antonkiewicz J. Testing toxicity of oily grounds using phytotoxkit tests // The First Joint PSE-SETAC Conference on Ecotoxicology. Book of Abstracts. Poland, 2009. Poster.
21. Michaud A, Chappelaz C., Hinsinger P. Copper phytotoxicity affects root elongation and iron nutrition in durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.) // Plant and Soil. 2008. V. 310. № 1–2. P. 151–165.
22. Gorsuch J., Merrilee R., Anderson E. Comparative toxicities of six heavy metals using root elongation and shoot growth in three plant species // Environ. Toxicol. Risk Asses. 1995. V. 3. P. 377–391.
23. Boluda R., Roca-Perez L., Marimyn L. Soil plate bioassay: An effective method to determine ecotoxicological risks // Chemosphere. 2011. V. 84. № 1. P. 1–8.

24. Wang X., Sun C., Gao S., Wang L., Shuokui H. Validation of germination rate and root elongation as indicator to assess phytotoxicity with *Cucumis sativus* // *Chemosphere*. 2001. V. 44. № 8. P. 1711–1721.
25. Persoone G. Recent new microbiotests for cost-effective toxicity monitoring: the Rapidtoxkit and the Phytotoxkit // *Book of Abstr. of 12<sup>th</sup> Inter. Symp. on Toxicity Assessment*. 2005. P. 112.
26. Venter H. A., Furter M., Dekker J., Cronje I. J. Stimulation of seedling root growth by coal-derived sodium humate // *Plant and Soil*. 1991. V. 138. № 1. P. 17–21.
27. Hara A., Huruya I., Funaguma T. Effects of paraquat on tube elongation of *Pinus* and *Typha* pollens // *Biosci. Biotech. Biochem.* 1995. V. 59. № 6. P. 1128–1129.
28. Черемных Е.Г., Воронина Л.П. Автоматизация биотестирования на основе обработки изображения // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение*. 2007. № 3. С. 47–49.

## Phytotesting of Commercial Humic Products

L.P. Voronina<sup>1</sup>, O.S. Yakimenko<sup>1</sup>, V.A. Terekhova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Soil Science, Moscow State University, Moscow, 119991 Russia*

*E-mail: luydavoron@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Leninskii pr. 33, Moscow, 117071 Russia*

Methods for estimating the biological activity of humic products were discussed in relation to problems of their certification. Data of laboratory phytotesting of two humic products using seeds of dicotyledon plants (radish *Raphanus sativus* L.) as test cultures were presented. The use of the integrated index of phytoactivity accounting for germination energy, root length, and coleoptile length was proposed for the estimation of phytoactivity and quality of humic products.

*Key words: biological activity, commercial humic products, laboratory phytotesting.*