

Informe de bioestimulantes de la Universidad de Letonia

Caracterización de laboratorio de una muestra de turba y hongos y observaciones de plántulas de siete días en avena y guisante.

Texto completo y tablas en el idioma seleccionado. Traducción automática con revisión terminológica y numérica; no es una traducción certificada. Se conservan las afirmaciones de los autores, incluidas las controvertidas. Las notas editoriales se presentan por separado.

Nota editorial

No es un ensayo de rendimiento de campo; el protocolo suministrado no demuestra un resultado replicado de espinaca y nitratos. Un valor inferior al límite de detección o cuantificación no demuestra la ausencia de una sustancia. Las afirmaciones del informe sobre metales pesados deben leerse junto con los valores medidos, las unidades y los límites de sus tablas.

[NanoImport — Nota editorial ↗](#)

Página original 1

Cliente: SIA JIKO Ent

Investigador: asistente de investigación Lauris Arbidans

Universidad de Letonia, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Ciencias Ambientales

Dirección: Jelgavas iela 1, LV-1004, Rīga

Informe

Evaluación química de bioestimulantes de turba y hongos

9.2-29-V-2025/64

Rīga, 2026

Página original 2

Las tareas del puesto son:

Realizar una caracterización física-química y agronómica completa del bioestimulante de turba y hongos por encargo de JIKO Ent Ltd. 9.2-29-V-2025/64. Las características incluyen:

1. Pruebas de germinación en tres (3) cultivos (guisantes, trigo duro, avena) para evaluar la eficacia del bioestimulante en diferentes concentraciones;
2. Evaluar los efectos de los bioestimulantes en la germinación mediante el decapado de semillas;
3. Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en el producto mediante métodos espectrofotométricos y TOC;
4. El contenido de proteínas, carbohidratos y quitina, que caracterizan el perfil de componentes bioactivos del bioestimulante;
5. Contenido cuantitativo de microelementos y macroelementos, utilizando el ICP-OES y el método de Kjeldahl;
6. Caracterización físico-química de ácidos húmicos mediante espectroscopía FTIR, UV-Vis y FLR 3D-EEM.

Materiales y métodos:

Ejemplo. En agosto de 2025, se entregó un bioestimulante en una lata de 5 L, designado como SK-04-S01-N.

La liberación de quitina. Centrifugar 100 mL de bioestimulante durante 30 minutos a 4500 rpm. Después de la centrifugación, se recogió el residuo sólido centrifugado y se resuspendió en 0,1 M de NaOH y se agitó durante 60 minutos. Después de agitar, la muestra se centrifuga nuevamente a 4500 rpm durante 30 minutos. El proceso se repitió 3 veces hasta que la presencia de humedad ya no se detectó en la muestra. El residuo sólido se lava con agua desionizada a $\text{pH} < 9$. Se añadió 1 M de NaOH y se calentó a 70 °C durante 2 horas con agitación y se cuatrifuegó. El residuo sólido se enjuaga con agua desionizada hasta un medio de pH neutro. Se añadió 0,5 M de HCl y se centrifugo de nuevo. La muestra se enjuaga a un pH neutro con agua desionizada y se añade 1% de NaClO y se agita a temperatura ambiente durante 60 minutos. A continuación, la muestra se lavó con etanol al 70% y se secó en un horno de secado a 40 °C durante 3 horas.

Eliminación de ácidos húmicos. 200 mL de bioestimulante se filtró a través de papel de filtro. Después de la filtración, la solución se centrifugo con una centrífuga de laboratorio a 4500 rpm. Después de la centrifugación, la solución se acidificó con HCl a $\text{pH} < 1$. Muestra llenada y precipitada

Página original 3

Los ácidos húmicos se lavaron con una solución de 0,1 M de CaCl_2 . Luego se enjuaga con agua desionizada a un pH neutro y se seca en un secador durante 2 horas a 105 °C.

Cuantificación de ácidos fúlvicos y ácidos húmicos. El bioestimulante se centrifugó a 4500 rpm y se recolectó la fracción líquida. La muestra se diluyó 50 veces y se midió espectrofotométricamente a una longitud de onda de 410 nm. La concentración se calculó a partir del gráfico de calibración

obtenido de los ácidos húmicos extraídos. Después de la extracción de los ácidos húmicos, se recolectó por separado una solución de ácido fúlvico del bioestimulante, se diluyó 10 veces y se midió espectrofotométricamente a 410 nm utilizando el estándar de ácido fúlvico como referencia.

Con una pipeta automática de 1000 μL , se transfirieron cuantitativamente 500 μL de solución de bioestimulante a un matraz de 100 mL y se transfirieron 500 μL de solución de ácidos fúlvicos separados a un matraz de 100 mL separado y se diluyeron hasta la marca con agua desionizada. Las soluciones diluidas se analizaron con un analizador de carbono total (Shimadzu TOCV CSN) y los resultados se expresaron en miligramos de carbono orgánico (COT) por litro de bioestimulante.

Captura de espectros de absorción molecular (UV-Vis). Se pesaron 20 mg de ácido húmico aislado y purificado en balanzas analíticas y se transfirieron cuantitativamente a un matraz de medición de 1 L y se disolvieron en 0,5 M de solución de NaHCO_3 .

Las soluciones se midieron en una cubeta de cuarzo de 1 cm con un espectrómetro UV-VIS UV-1800 en el rango de 220 a 700 nm con una longitud de paso de 1 nm. Para caracterizar los ácidos húmicos, se utilizaron relaciones de absorción a longitudes de onda de 254 nm (E2); 365 nm (E3), 465 nm (E4) y 665 nm (E6), expresados como E2/E3; E2/E4; E2/E6 y E4/E6.

Espectroscopia de infrarrojo de transformación de Fourier (FTIR). Antes del análisis, KBr se secó a 105 °C durante 2 horas, luego se pesaron 200 mg y se agregaron 2 mg de ácido húmico y se mezclaron. La mezcla se comprimió en una cápsula y se midió con un espectrómetro FTIR (Shimadzu IR-Tracer 100). Las mediciones se realizaron en un rango de 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} con una resolución de 8 cm^{-1} y se realizaron 16 escaneos.

Las matrices de inducción/emisión de fluorescencia 3D (FLR 3D-EEM) se obtuvieron utilizando el espectrofotómetro de fluorescencia HORIBA Jobin Yvon Aqualog. De los ácidos húmicos sintéticos, se prepararon soluciones en 0,5 M NaHCO_3 medio a una concentración de 20 mg/L. Las muestras se midieron utilizando cubetas de cuarzo de 1 cm sin lados pulidos. Longitudes de onda de excitación: 240-600 nm; Longitud de onda de emisión: 260-620 nm. Longitud del paso de medición: 3 nm. Después de las mediciones, los datos de salida enmascararon la dispersión de relé de primera orden. Los datos espectrales de fluorescencia obtenidos se procesaron, visualizaron

Página original 4

y preparado para la representación utilizando el entorno RStudio (versión 2024.12.1.563) y las bibliotecas de lenguaje R (versión 4.5.0) readxl, dplyr, akima y ggplot2. Los datos fueron interpolados por el método lineal bidimensional (akima::interp) dependiendo de las longitudes de onda de excitación y emisión.

Análisis de carbohidratos totales. Para el análisis, 1 mL de muestra se transfirió a un tubo de vidrio, se agregó 1 mL de solución de fenol al 5% e incubó durante 10 minutos. Se añadieron 4 mL de conc. H_2SO_4 , incubado durante 20 minutos y medido por espectrofotometría a una longitud de onda de 490 nm. Las muestras se midieron en 3 repeticiones utilizando glucosa como estándar.

Análisis de microelementos. Se pesaron aproximadamente 5 mL de bioestimulante en cápsulas de PTFE, se secó hasta que la muestra estuviera seca y se agregaron 10 mL de HNO_3 concentrado. Las cápsulas se colocaron en marcos resistentes a la presión, se sellaron y se mineralizaron en húmedo utilizando una máquina de mineralización por microondas (Milestone Ethos EASY). La muestra se

calentó a 200 °C durante 15 minutos con una potencia máxima de 1800 W, se mantuvo a esta temperatura durante otros 15 minutos y se enfrió a temperatura ambiente después de la mineralización. La muestra se transfirió cuantitativamente a un tubo de polipropileno de 50 mL y se diluyó a 50 mL con agua desionizada (0,055 cm). Las muestras se preparan en 2 repeticiones.

Antes del análisis, la muestra se diluyó 10 veces más y se analizó con un espectrómetro de plasma acoplado inductivamente equipado con detección de emisión óptica (Thermo-Scientific iCAP serie 7200). Parámetros de análisis ICP: potencia de radiofrecuencia – 1150 W; Flujo de gas de plasma (argón 5.0) – 12 L/min; flujo de gas del atomizador de muestras: 0,5 l/min; Flujo de gas de refuerzo (nitrógeno 5.0): 0,15 l/min Caudal de muestra: 1 mL/min. Se identificaron 29 elementos en total: Al (396,152 nm, radial); As (189,042 nm, axial); B (249,773 nm, radial); Ba (455,403 nm, axial); Be (313,042 nm, radial); Ca (422,673 nm, radial); Cd (228,802 nm, axial); Co (228,616 nm, axial); Cr (267,716 nm, axial); Cu (324,754 nm, axial); Fe (240,488 nm, radial); K (766,490 nm, radial); Li (670,784 nm, radial); Mg (285,213 nm, radial); Mn (257,610 nm, radial); Mo (202,030 nm; axial); Na (589,592 nm, radial); Ni (231,604 nm, axial); P (177,495 nm, axial); Pb (220,353 nm, axial); S (180,731 nm, axial); Sb (206,833 nm, axial); Se (196,090 nm, axial); Si (251,611 nm, radial); Sr (407,771 nm, radial); Ti (334,941 nm, radial); Tl (190,856 nm, axial); V (292,402 nm, axial); Zn (213,856 nm, axial). Los materiales de referencia estandarizados se utilizan para crear los gráficos de calibración.

Determinación del nitrógeno total. Se pesó 0,5 g de muestra de bioestimulante no filtrada completamente seca en una balanza analítica y se transfirió a un matraz de Kjeldahl, se agregaron 10 mL de conc. H₂SO₄ y

Página original 5

En una unidad de mineralización Kjeldal caliente (Buchi SpeedDigester K-436 equipado con un módulo de neutralización de ácido Buchi Scrubber K-415), se calientan durante 2 horas hasta que toda la matriz se ha desmineralizado. Después de la mineralización, la muestra se destiló con el equipo Buchi Kjelflex K-360 y el destilado se tituló con 0,05 M H₂SO₄.

Semillas que se van a probar. El trigo duro (*Triticum durum*) y la avena (*Avena sativa*) se cosecharon a finales de agosto de 2025 en el municipio de Aknīste. Los guisantes (*Pisum sativum*) se compraron en octubre de 2025 en una tienda minorista Depo, en Riga.

Pruebas de germinación. Se seleccionaron cuatro concentraciones de ensayo de bioestimulantes: 1:500; 1:350; 1:200 y 1:100, obtenidos diluyendo el bioestimulante 500, 350, 200 y 100 veces, respectivamente. Para evaluar el efecto del pretratamiento de semillas, las semillas fueron tratadas con 1% de NaOH y etiquetadas con la dilución pertinente y 'kod'. Las semillas se removieron en solución de NaOH durante 2 minutos y se enjuagaron con agua desionizada. Antes de colocarlas en placas de germinación, las semillas se mantuvieron durante la noche en las respectivas diluciones de bioestimulante. Cada placa de germinación recibió 10 mL de bioestimulante diluido y 10 semillas. Las placas se cerraron y se colocaron en una incubadora a 22 °C durante 7 días, con 12 h de luz y 12 h de oscuridad para todas las variedades de semillas. El agua desionizada sirvió como control.

Los resultados:

Para evaluar la composición del bioestimulante, se determinaron los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos, la proteína total, los carbohidratos totales, el nitrógeno total, el carbono orgánico total en el bioestimulante y la solución de ácido fúlvico extraída, y los resultados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1

Resultados de los indicadores generales del bioestimulante

Tabla 1		
Parámetro	Resultado	Unidad
Contenido de materia seca	12,19 ± 0,17	%
Ácidos húmicos	624 ± 12	mg/L
Ácidos fúlvicos	712 ± 21	mg/L
Proteína total	1,30 ± 0,07	%
Carbohidratos totales	198 ± 6	mg/L
Nitrógeno total	0,21 ± 0,04	%
COT — bioestimulante	1150 ± 40	mg/L

Página original 6

Tabla 2		
COT — solución de ácidos fúlvicos	790 ± 30	mg/L

Los resultados en la tabla 1 reflejan la composición total de los indicadores en el bioestimulante. Se observó un alto contenido de materia seca, determinado en un 12,19 ± 0,17 %, compuesto principalmente por partículas coloidales de la solución. Cabe señalar que, entre las sustancias húmicas, predominan los ácidos fúlvicos con un contenido de 712 ± 21 mg/L, mientras que el contenido de ácidos húmicos es de 624 ± 12 mg/L. Se debe tener en cuenta que el producto contiene una cantidad considerable con varios subproductos solubles, por lo que el contenido de ácidos húmicos después del análisis de carbono orgánico es ambiguo. Sin embargo, en el análisis de la solución separada de los ácidos húmicos, se observa una tendencia a la eliminación del carbono húmico del producto de 360 mg/L de C, que puede aproximarse a ~720 mg/L de ácidos húmicos, teniendo en cuenta que el contenido medio de carbono de los ácidos húmicos es del 50 %, pero la veracidad de esta conclusión debe ser evaluada críticamente. por lo que el análisis espectrofotométrico se considera un valor más fiable.

Realizando la purificación secuencial de la liberación de quitina de la muestra de bioestimulante como se describe en el trabajo, primero se separaron las sustancias húmicas, luego se separaron las proteínas, seguido de un proceso de desmineralización, luego un proceso de blanqueo del material donde se eliminaron otros pigmentos orgánicos y, finalmente, después de la separación de los compuestos lipofílicos, se procedió a la purificación de la muestra de bioestimulante. Después del paso de eliminación y secado, se obtuvo quitina blanca grisácea con un contenido total de ~ 235 mg / L. La quitina purificada se muestra en la figura 1.



Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

1.º Año. Quitina separada y purificada del bioestimulante.

Se analizaron los microelementos y macroelementos del bioestimulante mediante ICP-OES. En total, se determinaron 29 elementos: Al; As; B; Ba; Be; Ca; Cd; Co; Cr; Cu; Fe; K; Li; Mg; Mn; Mo; Na; Ni; P; Pb; S; Sb; Se; Si; Sr; Ti; Tl; V; Zn. Los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Composición de micro y macroelementos de bioestimulante.

Tabla 3							
Al, µg/L	As, µg/L	B, µg/L	Ba, µg/L	Be, µg/L	Ca, µg/L	Cd, µg/L	Co, µg/L
143 ± 5	<1,77	1,057 ± 0,114	0,28 ± 0,09	<0,014	348 ± 12	<0,15	<0,25

Tabla 4

Cr, µg/L	Cu, µg/L	Fe, µg/L	K, µg/L	Li, µg/L	Mg, µg/L	Mn, µg/L
0,462 ± 0,007	1,82 ± 0,16	36,3 ± 0,4	34955 ± 1880	<0,65	45,83 ± 0,02	0,57 ± 0,05

Página original 8

Tabla 5

Mo, µg/L	Na, µg/L	Ni, µg/L	P, µg/L	Pb, µg/L	S, µg/L	Sb, µg/L
<0,80	150 ± 3	0,381 ± 0,008	17370 ± 740	<1,12	104 ± 5	<2,44

Tabla 6

Se, µg/L	Si, µg/L	Sr, µg/L	Ti, µg/L	Tl, µg/L	V, µg/L	Zn, µg/L
<2,00	23 ± 4	1,053 ± 0,013	0,57 ± 0,19	<2,89	<0,12	2,19 ± 0,13

Según el análisis elemental (tabla 2), el potasio y el fósforo dominan claramente en el prototipo de bioestimulante (K 34955 ± 1880; P 17370 ± 740), con concentraciones varios órdenes de magnitud superiores a las de los demás elementos. Por tanto, la formulación se orienta a un efecto fisiológico impulsado por K/P: metabolismo energético, desarrollo radicular, osmorregulación y tolerancia al estrés. El siguiente nivel de concentración incluye Ca 348 ± 12; Na 150 ± 3; Al 143 ± 5; S 104 ± 5, mientras que Mg es relativamente bajo (Mg 45.83 ± 0.02). Entre los microelementos destaca Fe (Fe 36.3 ± 0.4); también están presentes: Si 23 ± 4; Zn 2.19 ± 0.13; Cu 1.82 ± 0.16; B 1.057 ± 0.114; Sr 1.053 ± 0.013; Mn 0.57 ± 0.05. Los demás elementos se encuentran a bajas concentraciones (Cr 0.462 ± 0.007; Ni 0.381 ± 0.008; Ba 0.28 ± 0.09; Ti 0.57 ± 0.19). Como aspecto positivo, varios elementos potencialmente tóxicos están por debajo del límite de detección (As < 1.77; Cd < 0.15; Pb < 1.12; V < 0.12; Co < 0.25; Mo < 0.80; Se < 2.00; Sb < 2.44; Tl < 2.89; Be < 0.014), lo que indica la ausencia de metales pesados en el producto.

Se utilizaron varios análisis espectroscópicos para caracterizar los ácidos húmicos del bioestimulante: espectroscopia FTIR, espectroscopia de absorción molecular UV-Vis y espectroscopia de fluorescencia 3D-EEM, y los resultados de los análisis se muestran en las figuras 2-4.

Página original 9



Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

Transmitancia relativa. Número de onda (cm^{-1}). O-H; $\equiv\text{C-H}$; $=\text{C-H}$; C-H (alifático); CO_2 ; C=O; C=C; flexión N-H; flexión C-H; C-O/C-N; C-Hal / C-H (aromático).

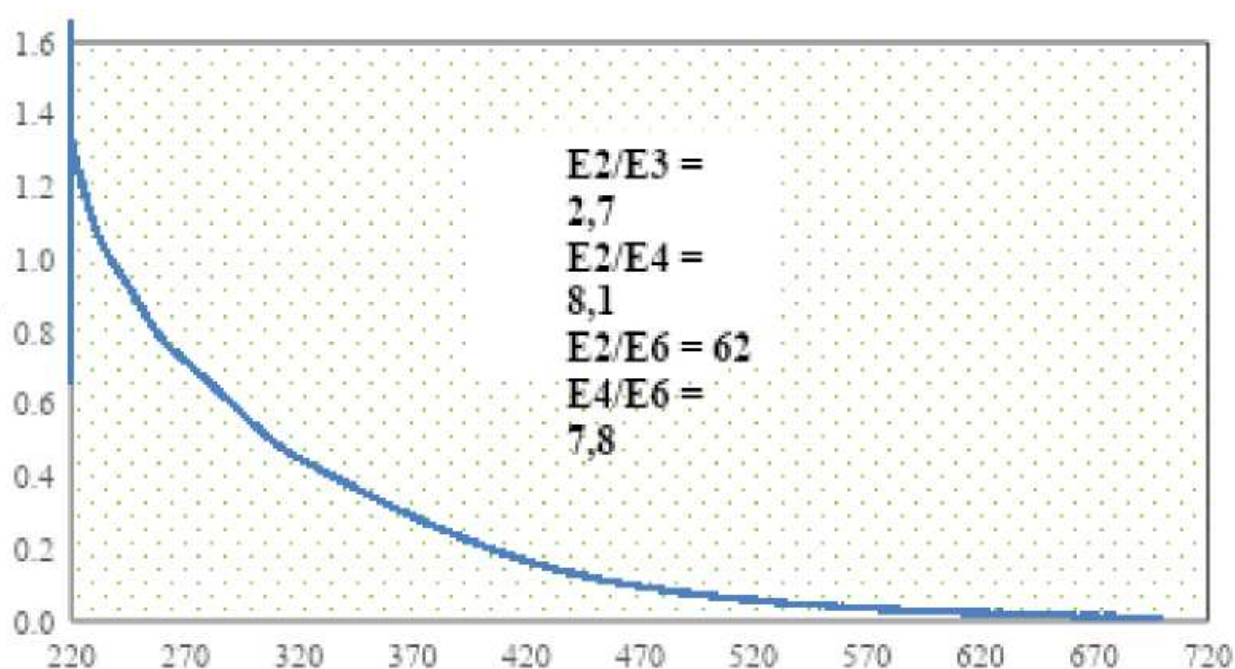
2.º Año. Espectro FTIR de ácidos húmicos liberados del bioestimulante

Este espectro FTIR de ácidos húmicos de turba natural, que se muestra en la figura 2, es típico de una matriz de ácido húmico heterogénea con muchos grupos funcionales polares y una estructura aromática-alifática. La banda ancha y pronunciada alrededor de $3600\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ corresponde a las vibraciones de estiramiento O-H (fenoles, alcoholes, ácidos carboxílicos) y generalmente también indica fuertes enlaces de hidrógeno. Las bandas más débiles alrededor de $\sim 3100\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ indican estructuras aromáticas u olefínicas, mientras que las bandas alrededor de $\sim 2920\text{-}1$ y $\sim 2850\text{ cm}^{-1}$ caracterizan el estiramiento alifático C-H (CH_2/CH_3), es decir, fragmentos de cadena lateral y lignina. El núcleo del espectro de los ácidos húmicos suele tener una absorción pronunciada alrededor de $\sim 1720\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$, que se ve aquí como una señal significativa y corresponde al estiramiento C=O (principalmente grupos carboxilo, pero posiblemente también ésteres/cetonas) - un indicador importante de la acidez de los ácidos húmicos y su capacidad para complejar metales. La región de $\sim 1620\text{-}1580\text{ cm}^{-1}$ está dominada por la contribución de C=C aromático y/o grupos carbonilo conjugados, lo que indica un esqueleto aromático (productos de lignina/humificación). Alrededor de $\sim 1550\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ pueden aparecer signos de amidas de flexión N-H, mientras que las bandas de $\sim 1450\text{-}1380\text{ cm}^{-1}$ están generalmente asociadas con la flexión C-H y posibles componentes de vibraciones simétricas COO^- . En la región de «huella digital», $\sim 1250\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$, se observan C-O y C-O-C (fenoles, alcoholes, éteres, residuos de polisacáridos) y, en parte, también C-N.

Transmitancia relativa. Número de onda (cm^{-1}). O-H; $\equiv\text{C-H}$; $=\text{C-H}$; C-H (alifático); CO_2 ; C=O; C=C; flexión N-H; flexión C-H; C-O/C-N; C-Hal / C-H (aromático).

Página original 10

las fluctuaciones propias de la diversidad de materia húmida. A $\sim 900\text{-}700\text{ cm}^{-1}$ se observa una curvatura fuera del plano del C-H aromático, mientras que la banda alrededor de $\sim 2350\text{ cm}^{-1}$ es una señal típica de CO_2 (adsorbido de la atmósfera) y no suele ser un indicador de la estructura de la muestra en sí. En general, el espectro confirma que los ácidos húmicos presentes en el bioestimulante están dominados por grupos carboxilo y fenólicos de base aromática con una mezcla de cadenas alifáticas, lo que es coherente con su alta reactividad y potencial de complejación / bioestimulación. Para caracterizar con más detalle la estructura de los ácidos húmicos, se realizaron espectros de absorción molecular UV-Vis, como se muestra en la Figura 3.



Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

Absorción, u.a. $E2/E3 = 2,7$; $E2/E4 = 8,1$; $E2/E6 = 62$; $E4/E6 = 7,8$.

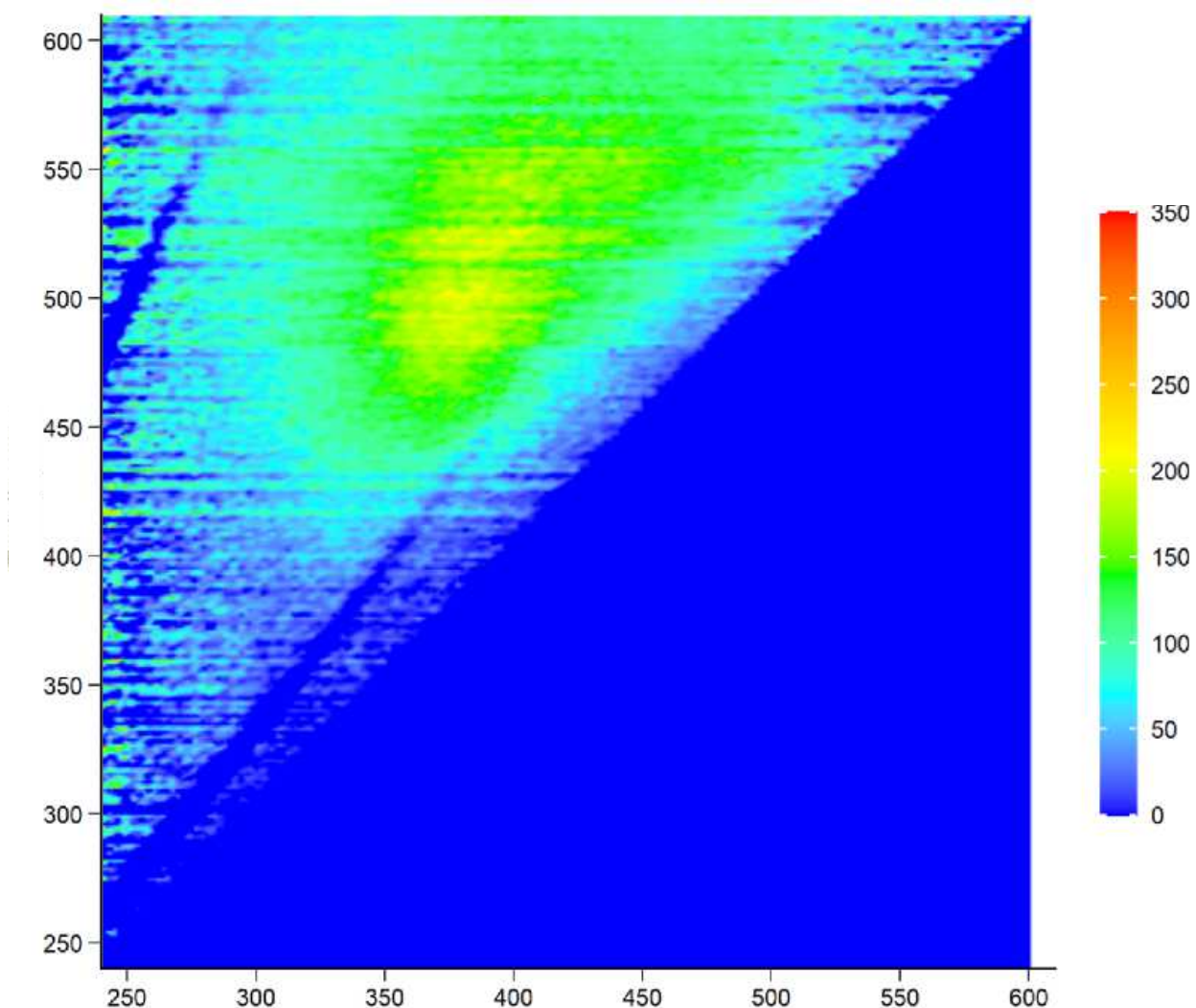
3.º Año. Espectro de absorción molecular UV-Vis de ácidos húmicos liberados del bioestimulante

El espectro UV-Vis en la Figura 3 muestra una absorción decreciente uniformemente característica de los ácidos húmicos sin señales pronunciadas estrechas, lo que indica una amplia mezcla de cromóforos (aromáticos, fenólicos, carbonilos, etc.) y estructuras. El $E4/E6$ calculado = 7.8 es más alto que el típico para los ácidos húmicos (<5), por lo que indica un mayor grado de humificación, un peso molecular medio más alto y estructuras más condensadas y más aromáticas, mientras que $E2/E3 = 2.7$ (inferior al intervalo de 3-5 a menudo mencionado) indica un absorbente comparativamente más alto de 365 nm, más la proporción de componentes conjugados/más humificados y la transición a sustancias orgánicas más humificadas. $E2/E4 = 8,1$ indica la presencia de grupos funcionales de origen lignínico y de aromas

Absorción, u.a. $E2/E3 = 2,7$; $E2/E4 = 8,1$; $E2/E6 = 62$; $E4/E6 = 7,8$.

Página original 11

$E2/E6 = 62$ refleja un cambio de equilibrio a favor de una fracción menos humificada y menos condensada con agregados más pequeños, por lo que en general se puede concluir que los ácidos húmicos de turba liberados por el bioestimulante son una mezcla heterogénea, donde hay tanto fragmentos aromáticos / lignínicos como una proporción significativa de ácidos húmicos más ligeros, menos concentrados y menos concentrados. Fracciones humificadas, que suelen estar asociadas a una mejor solubilidad y disponibilidad de grupos funcionales. Para comprender completamente la estructura de los ácidos húmicos, se realizaron espectros de fluorescencia 3D-EEM, como se muestra en la Figura 4.



Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

Emisión, nm Excitación, nm. Intensidad, au.

4.º Año. Espectro FLR 3D-EEM de ácidos húmicos liberados del bioestimulante

Esta matriz 3D-EEM (Figura 4) muestra una amplia zona de fluorescencia característica de los ácidos húmicos con picos de aproximadamente $Ex \sim 390-430$ nm y $Em \sim 520-560$ nm (campo amarillo), lo que indica estructuras fuertemente conjugadas, aromáticas y relativamente más condensadas (una fracción más humificada, característica de la turba).

Emisión, nm Excitación, nm. Intensidad, au.

Página original 12

Además, se observa un «hombro» alrededor de $Ex \sim 320-360$ nm; $Em \sim 440-500$ nm, típico de los ácidos húmicos y un componente más débil alrededor de $Ex \sim 250-280$ nm; $Em \sim 420-460$ nm, más típico de los componentes de lignina. El espectro muestra en general que la muestra es una mezcla heterogénea con diferentes grados de humificación de los cromóforos. Al mismo tiempo, la región de fluorescencia proteica (señales tipo tirosina/triptófano alrededor de $Ex \sim 275$ nm y $Em \sim 300-350$ nm) prácticamente no se expresa, lo que indica una baja proporción de impurezas fácilmente degradables y un predominio más estable de sustancias húmedas en general. Para caracterizar completamente la eficacia del bioestimulante en términos de su efecto sobre la germinación de los cultivos, se realizaron pruebas de germinación. Un ejemplo de placa de germinación en trigo se muestra en la Figura 5.

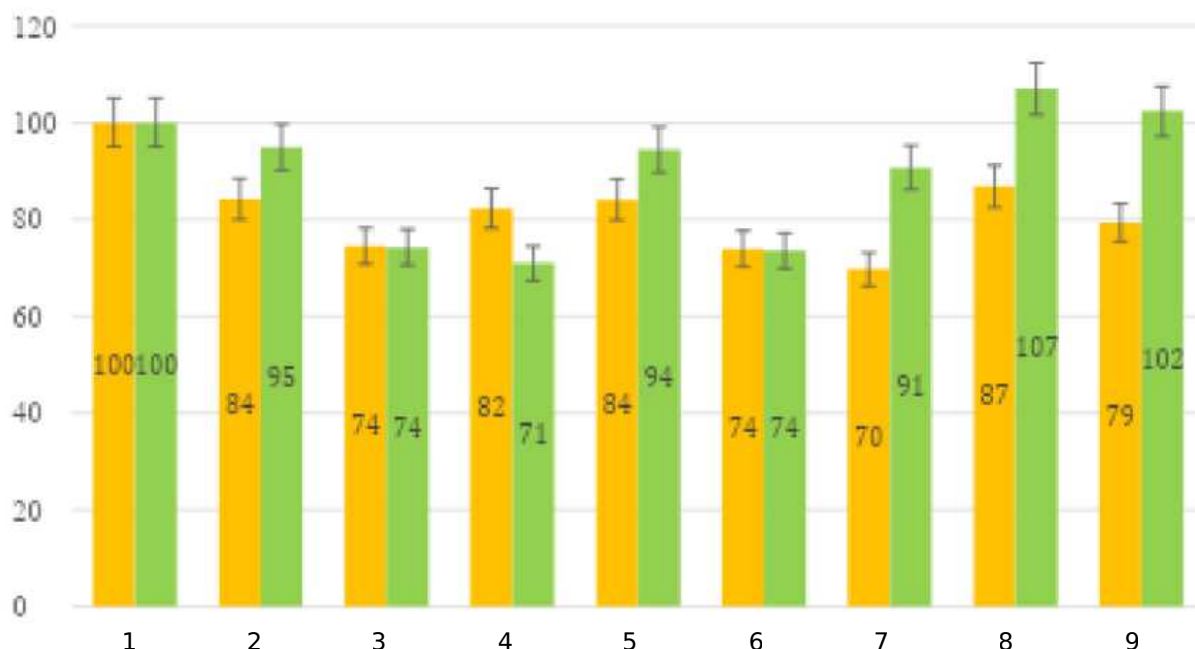


Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

5º Año. Placa de germinación con trigo germinado para muestra de control

Página original 14

La figura 5 muestra una placa de germinación en la que el trigo germinó después de 7 días de germinación con agua desionizada, mientras que el efecto del bioestimulante en la germinación de la avena se muestra en la figura 6 (tamaño) y la figura 7 (peso).



Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

Amarillo: raíces. Verde: brotes. Los grupos del 1 al 9 siguen el orden de los tratamientos indicado a continuación.

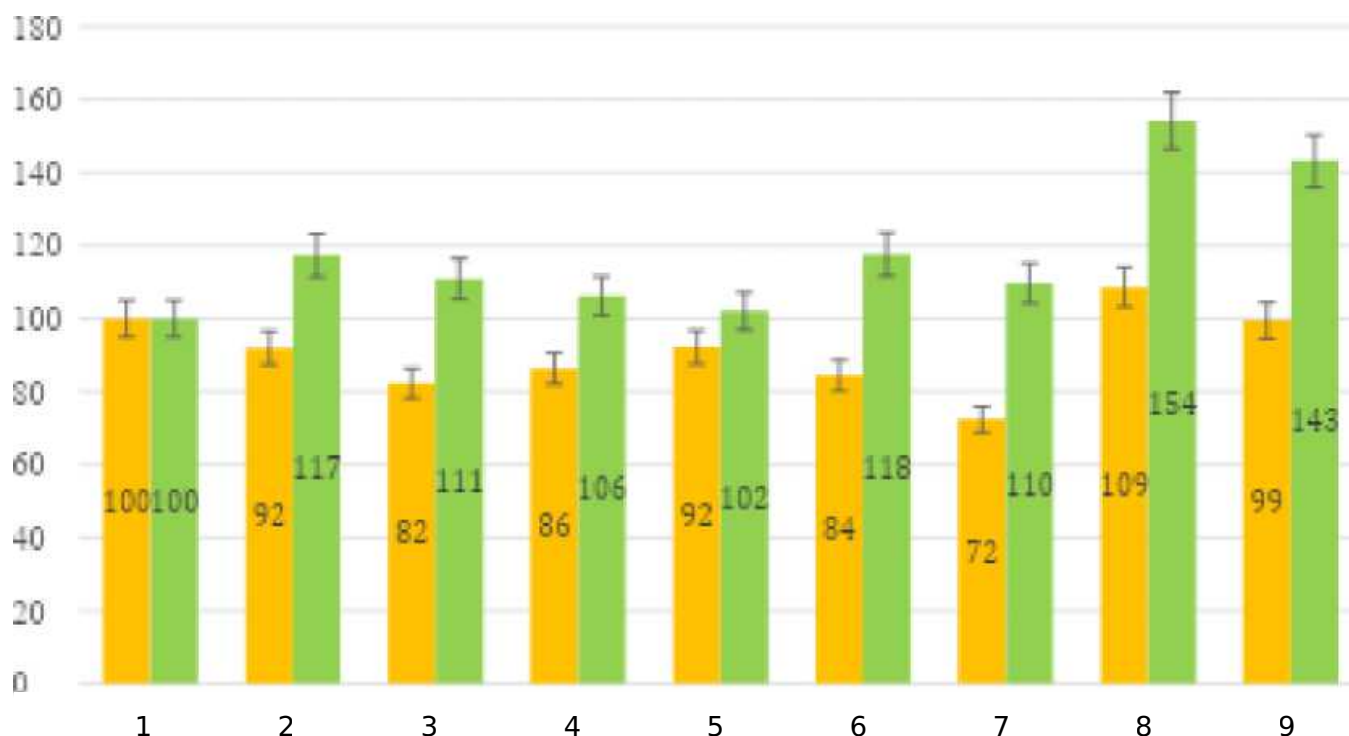
Longitud de las partes de la planta respecto al control, %. Longitud de raíces. Longitud de brotes. Control; 1:500; 1:500 con pretratamiento de semillas; 1:350; 1:350 con pretratamiento; 1:200; 1:200 con pretratamiento; 1:100; 1:100 con pretratamiento.

6.º lugar. Resultados de la prueba de germinación de la avena en cuanto a longitud de la raíz (barras amarillas) y de los brotes (barras verdes) después de 7 días de germinación, normalizados con respecto al control

Longitud de las partes de la planta respecto al control, %. Longitud de raíces. Longitud de brotes. Control; 1:500; 1:500 con pretratamiento de semillas; 1:350; 1:350 con pretratamiento; 1:200; 1:200 con pretratamiento; 1:100; 1:100 con pretratamiento.

Masa de las partes de la planta respecto al control, %. Masa de raíces. Masa de brotes. Control; 1:500; 1:500 con pretratamiento de semillas; 1:350; 1:350 con pretratamiento; 1:200; 1:200 con pretratamiento; 1:100; 1:100 con pretratamiento.

Página original 15



Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

Amarillo: raíces. Verde: brotes. Los grupos del 1 al 9 siguen el orden de los tratamientos indicado a continuación.

Masa de las partes de la planta respecto al control, %. Masa de raíces. Masa de brotes. Control; 1:500; 1:500 con pretratamiento de semillas; 1:350; 1:350 con pretratamiento; 1:200; 1:200 con pretratamiento; 1:100; 1:100 con pretratamiento.

7.º lugar. Resultados de las pruebas de germinación de la avena en cuanto a la masa de las raíces (barras amarillas) y de los brotes (barras verdes) después de 7 días de germinación, normalizados con respecto al control

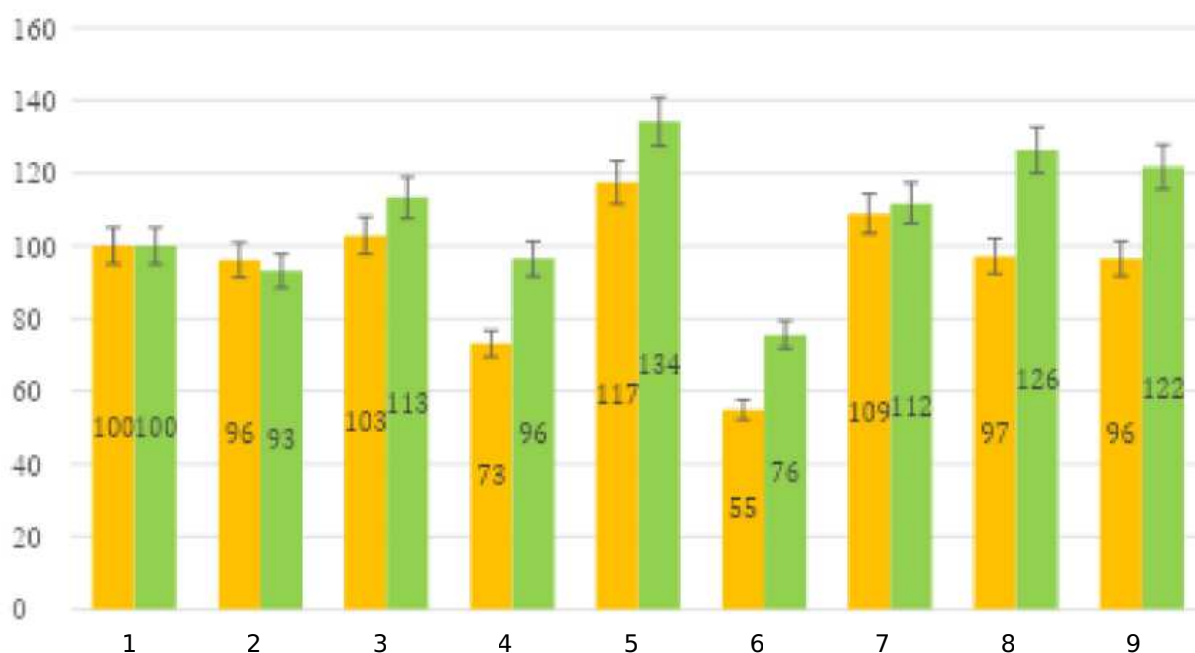
6. La figura muestra los resultados de las pruebas de germinación de avena para la longitud de la parte de la planta, normalizada al control en el que la avena se germinó con agua desionizada. En diluciones bioestimulantes 1:500; 1:350 y 1:200, tanto las semillas pretratadas como las no tratadas mostraron menor rendimiento de germinación en términos de longitud de raíz y brote. A la dilución 1:100, las semillas no tratadas y pretratadas mostraron mayor rendimiento de germinación en términos de longitud de brote (+7 y +2%, respectivamente), aunque la longitud de raíz permaneció reducida.

La figura 7 muestra el resultado de la prueba de germinación de avena por masa de parte de planta normalizada en comparación con el control, donde la avena se germinó con agua desionizada. Se observó que el decapado de semillas en todas las diluciones de bioestimulante influye positivamente en la masa real de los brotes en comparación con el control, especialmente para la

dilución de bioestimulante 1:100 tanto para semillas no decapadas como para las decapadas (+54 y +43 %, respectivamente). Sin embargo, la masa de raíz se redujo en casi todas las pruebas, excepto en 1:100 para las semillas no infundidas, que tuvieron un aumento de masa del 9%. Cabe señalar que, en cuanto a la masa germinativa, el decapado de semillas tiene un efecto negativo sobre las semillas no decapadas (reducción del 4-11 %).

Los resultados de las pruebas de germinación de la avena indican que solo se utilizará la masa de raíces y brotes de la planta para estudios futuros, ya que representa con mayor precisión la capacidad de germinación de la planta. Los resultados de la prueba para el trigo duro se muestran en la figura 8.

Página original 16



Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

Amarillo: raíces. Verde: brotes. Los grupos del 1 al 9 siguen el orden de los tratamientos indicado a continuación.

Masa de las partes de la planta respecto al control, %. Masa de raíces. Masa de brotes. Control; 1:500; 1:500 con pretratamiento de semillas; 1:350; 1:350 con pretratamiento; 1:200; 1:200 con pretratamiento; 1:100; 1:100 con pretratamiento.

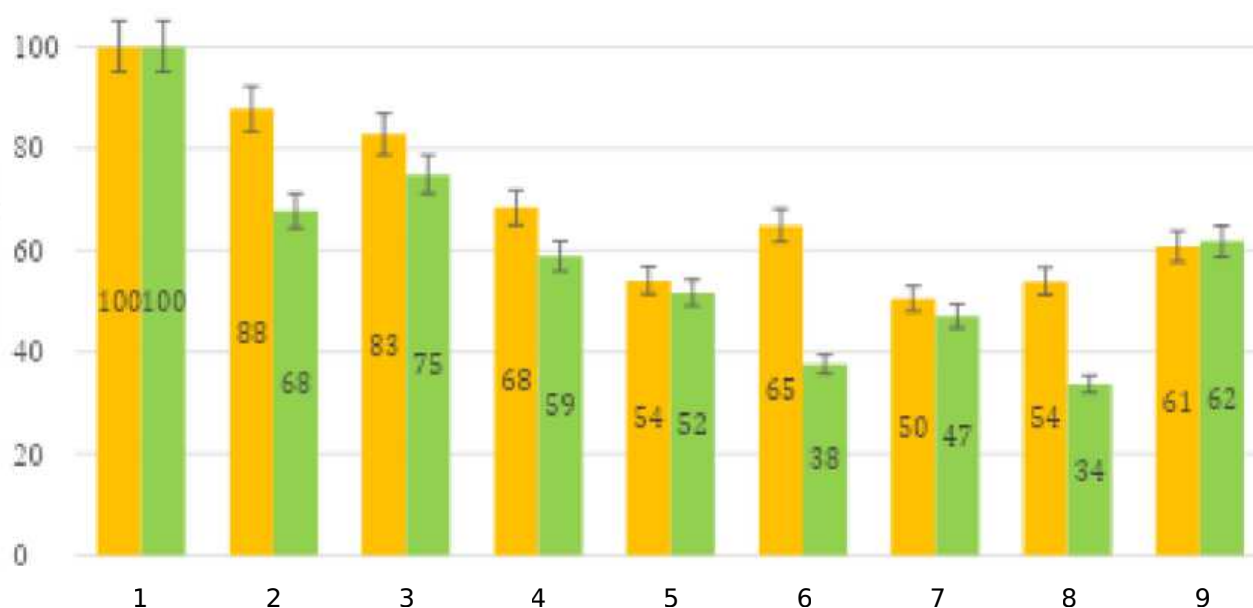
8º puesto. Resultados de las pruebas de germinación de trigo duro en cuanto a la masa de las raíces (barras amarillas) y de los brotes (barras verdes) después de 7 días de germinación, normalizados con respecto al control

En la prueba de germinación de trigo duro (figura 8), el bioestimulante produjo el mayor aumento de la masa de los brotes de semillas sin pretratar con la dilución 1:100 (+26%); 1:500 produjo una pequeña disminución (-7%), mientras que 1:350 y, especialmente, 1:200 provocaron una disminución de la masa (-4% y -24%, respectivamente). Al mismo tiempo, la masa radicular de las semillas sin pretratar disminuyó en general, con descensos muy importantes a 1:350 (-27%) y 1:200 (-45%); a 1:500 y 1:100 los valores fueron próximos al control (-4% y -3%). El pretratamiento mejoró los resultados en general: la masa de los brotes superó al control en todas las diluciones (1:500 kod +13%; 1:350 kod +34%; 1:200 kod +12%; 1:100 kod +22%). La masa radicular también superó al control a 1:500, 1:350 y 1:200 (+3%, +17% y +9%, respectivamente), aunque a 1:100 el pretratamiento la redujo ligeramente. Al comparar las semillas pretratadas con las no pretratadas, el pretratamiento tuvo un efecto positivo entre 1:500 y 1:200; a 1:100 se observó una pequeña disminución, lo que podría indicar que, a mayor concentración, el pretratamiento ya no aporta una ventaja adicional. Por último, se realizó la germinación

Masa de las partes de la planta respecto al control, %. Masa de raíces. Masa de brotes. Control; 1:500; 1:500 con pretratamiento de semillas; 1:350; 1:350 con pretratamiento; 1:200; 1:200 con pretratamiento; 1:100; 1:100 con pretratamiento.

Página original 17

Los resultados de los ensayos de guisantes y de germinación para las masas de las partes vegetales de guisantes se muestran en la figura 9.



Se conservan los gráficos experimentales originales. Los rótulos se traducen en el texto que los acompaña.

Amarillo: raíces. Verde: brotes. Los grupos del 1 al 9 siguen el orden de los tratamientos indicado a continuación.

Masa de las partes de la planta respecto al control, %. Masa de raíces. Masa de brotes. Control; 1:500; 1:500 con pretratamiento de semillas; 1:350; 1:350 con pretratamiento; 1:200; 1:200 con pretratamiento; 1:100; 1:100 con pretratamiento.

9º puesto. Resultados de la prueba de germinación de guisantes en cuanto a la masa de las raíces (barras amarillas) y de los brotes (barras verdes) después de 7 días de germinación, normalizados con respecto al control

En la prueba de germinación de guisantes, el panorama general es inequívoco: el bioestimulante reduce la masa de raíces y brotes en todas las diluciones en comparación con el control, y la masa de brotes disminuye más pronunciadamente con la dilución reducida. En las semillas no incubadas, la disminución es más moderada en la solución más diluida de 1:500, pero el efecto se intensifica al pasar a soluciones más concentradas: en 1:200 y especialmente en 1:100, la masa de germinación disminuye más pronunciadamente (hasta aproximadamente un tercio del control). El decapado en general no da una mejora estable. En algunas diluciones, incluso empeora la masa de la raíz (por ejemplo, 1:350), sin embargo, en el caso de 1:100, el decapado afecta significativamente la masa de los brotes, ya que la masa de los brotes aumenta del 34% al 62% (aproximadamente $\sim 1/3$) a aproximadamente $\sim 2/3$ del control. Entonces, en los guisantes en esta prueba, el bioestimulante actúa principalmente de manera inhibitoria.

Tras las pruebas de germinación, se ha demostrado claramente que el prototipo de bioestimulante tiene efectos adversos en los guisantes y posiblemente en otras legumbres, mientras que en los cereales se ha observado un efecto positivo significativo: trigo duro diluido 1:350 con semillas decapadas con masa de raíz.

Masa de las partes de la planta respecto al control, %. Masa de raíces. Masa de brotes. Control; 1:500; 1:500 con pretratamiento de semillas; 1:350; 1:350 con pretratamiento; 1:200; 1:200 con pretratamiento; 1:100; 1:100 con pretratamiento.

Página original 18

un aumento del +17% y un aumento de la masa de los brotes del +34%; en la avena, con la dilución 1:100 y semillas sin pretratar, la masa radicular aumentó un +9% y la masa de los brotes un 54%.