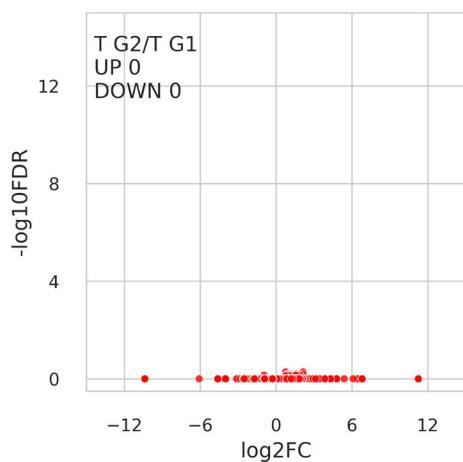


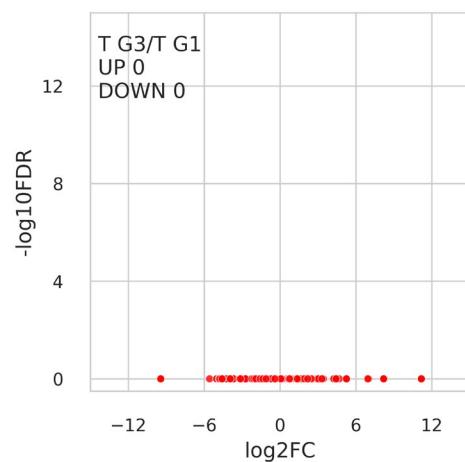
ПРИЛОЖЕНИЕ

Рис. П1. Диаграммы рассеивания для попарного сравнения протеомов побегов (*а, б, в, г*) с необработанной группой G1 и сравнения протеомов корней (*д, е, ж, з*). Данные обработаны методом DirectMS1Quant. Дифференциально регулируемые белки удовлетворяют критериям $|\log 2\text{FC}| = 0,6$ и $\text{FDR} < 0,05$. Белки с повышенной регуляцией на панелях (*д*) и (*з*) отвечают за обогащение биологических процессов, показанных на панели (*и*). Обозначения: G1 – необработанное зерно; G2 – зерно, обработанное раствором A; G3 – H₄ Fe в концентрации $10^{-5}\%$ в растворе A; G4 – H₄ Fe в концентрации $10^{-7}\%$ в растворе A; G5 – FeSO₄ в концентрации $10^{-7}\%$ в растворе A

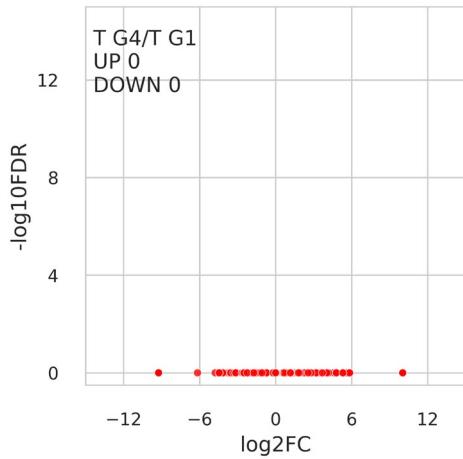
а



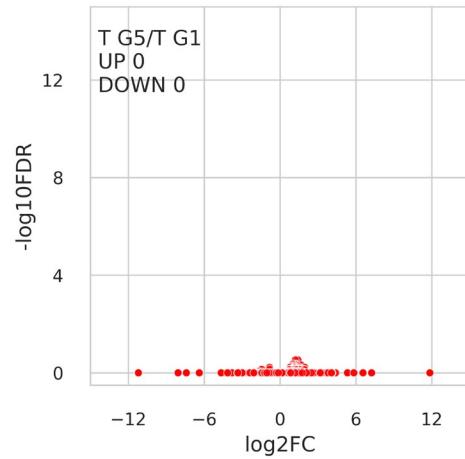
б



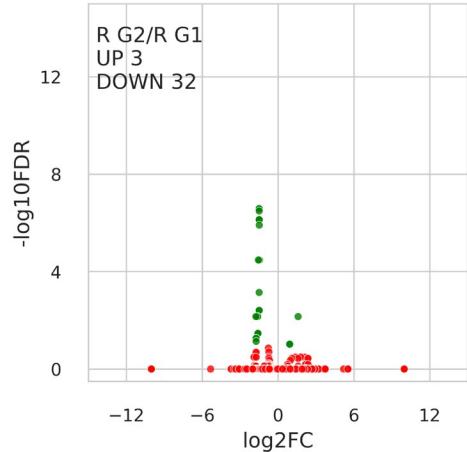
в



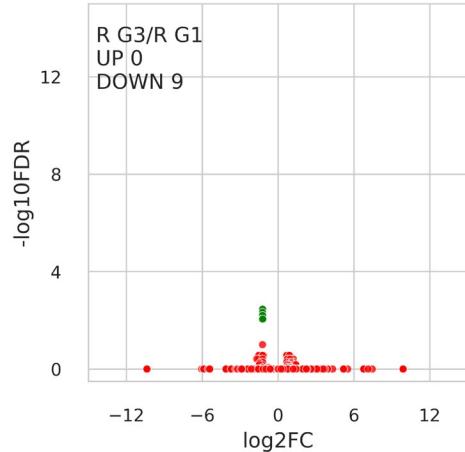
г



δ

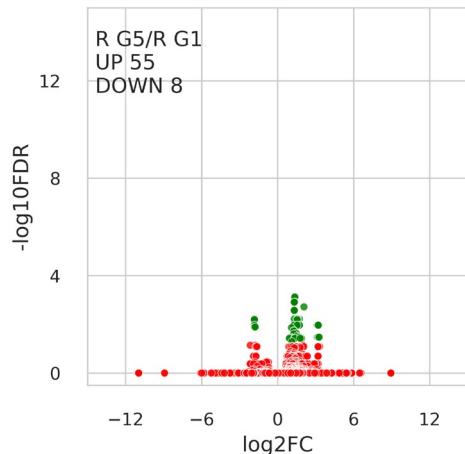
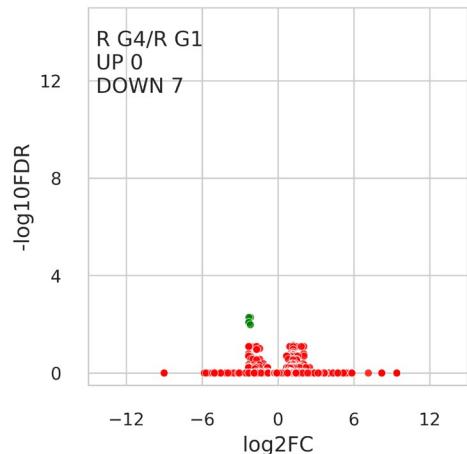


e



$\mathcal{H}C$

3



u

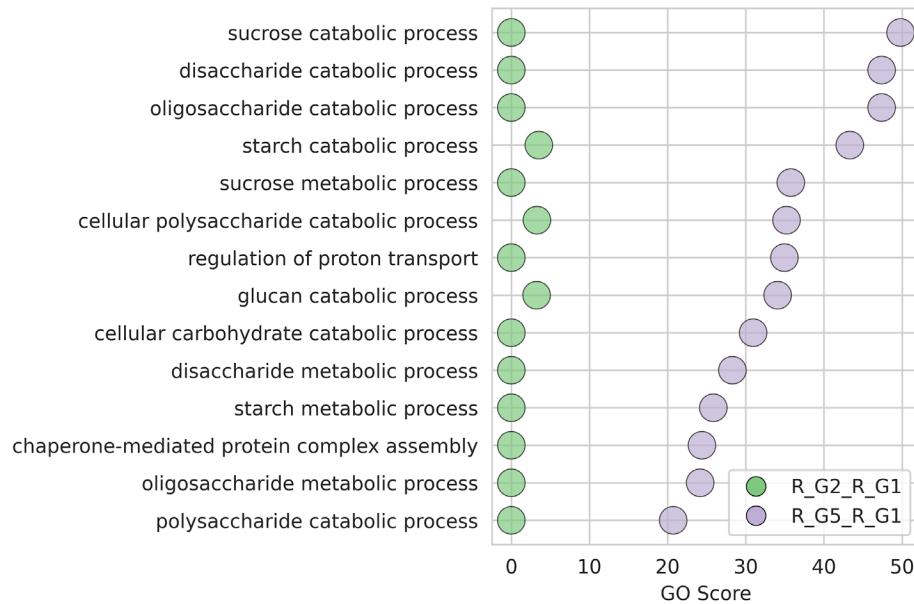
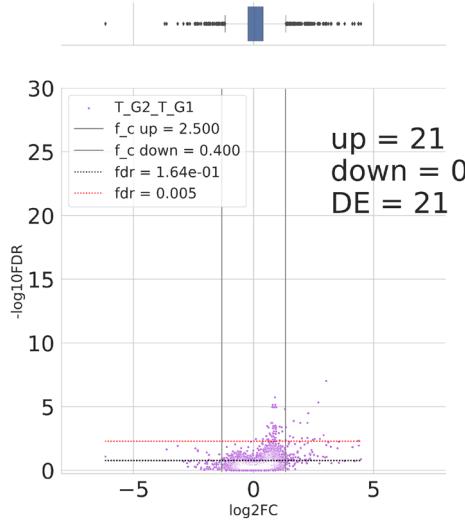
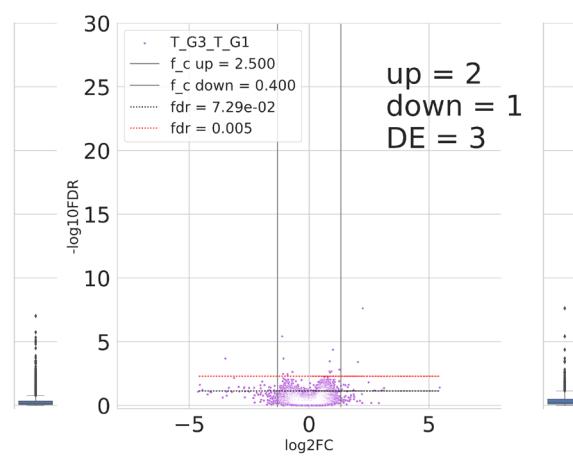


Рис. П2. Диаграммы рассеивания для попарного сравнения протеомов побегов (*а, б, в и г*) с необработанной группой G1 и сравнения протеомов корней (*д, е, ж и з*). Данные обработаны методом Diffacto. Дифференциально регулированные белки удовлетворяют критериям $|\log_{2}FC| \geq 1,32$ и $FDR < 0,005$. Обозначения: G1 – необработанное зерно; G2 – зерно, обработанное раствором A; G3 – HЧ Fe в концентрации $10^{-5}\%$ в растворе A; G4 – HЧ Fe в концентрации $10^{-7}\%$ в растворе A; G5 – FeSO₄ в концентрации $10^{-7}\%$ в растворе A

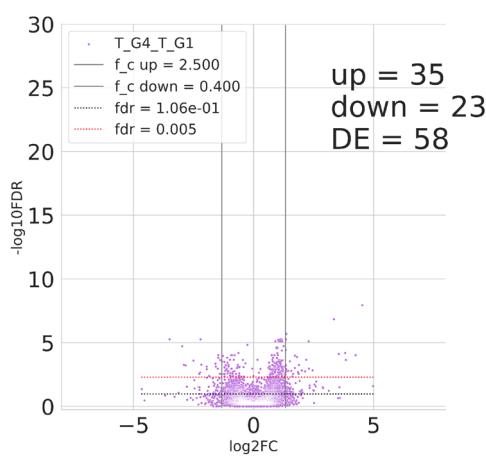
а



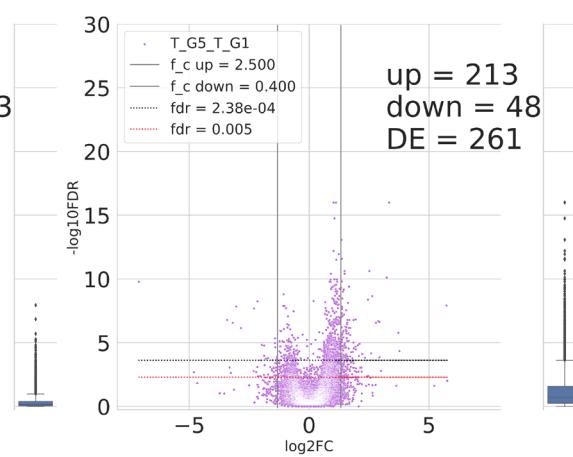
б



в



г



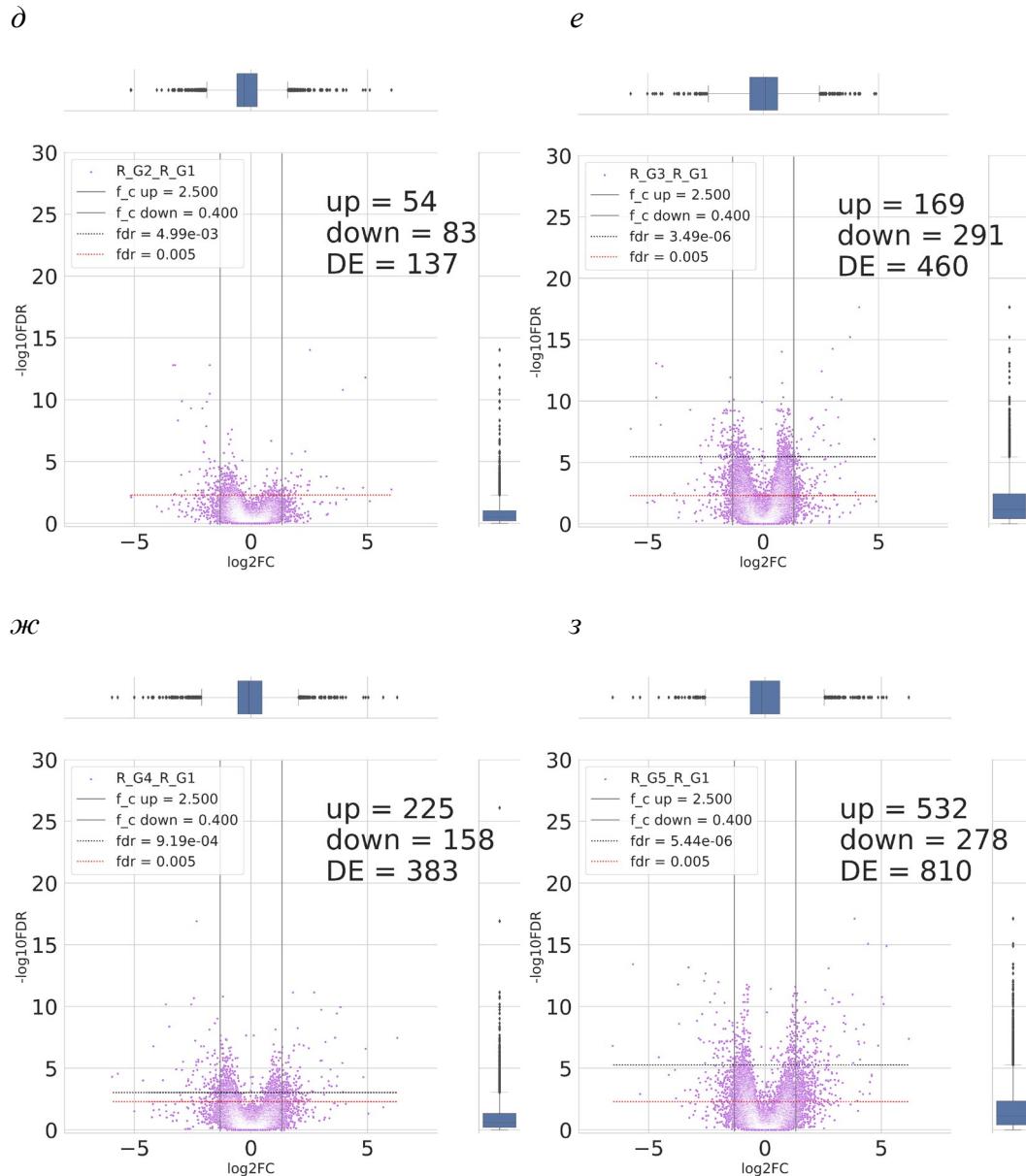
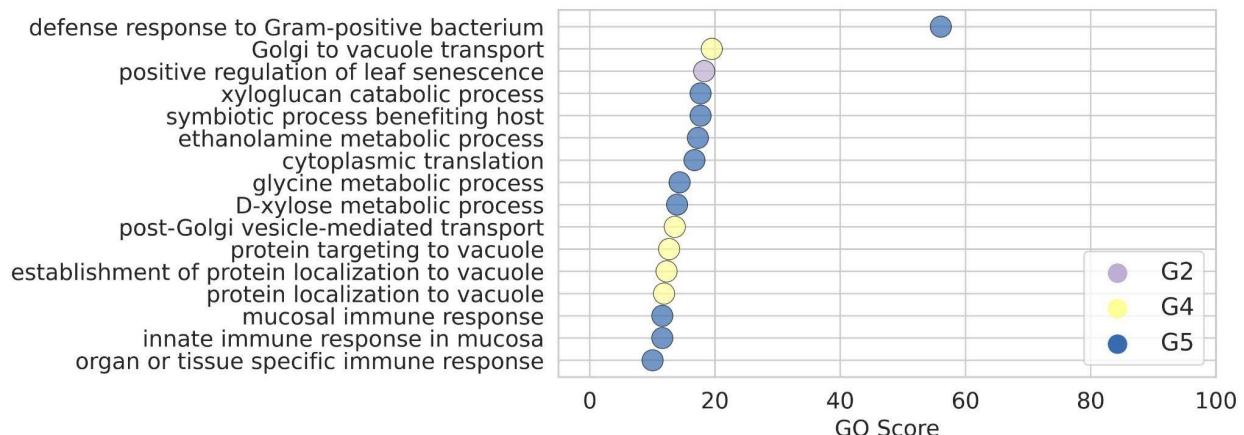
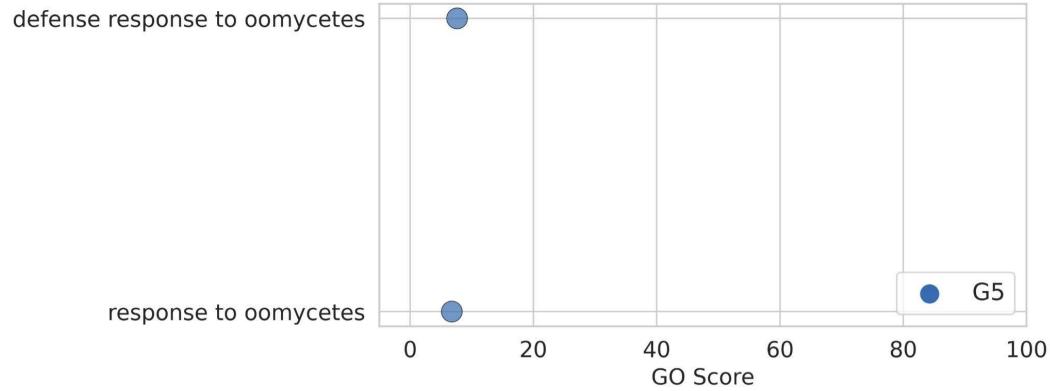


Рис. П3. Анализ генных онтологий (биологических процессов) генов, кодирующих дифференцированно регулируемые белки, определенные с помощью Diffacto на рис. П2. Обогащенные ГО-термины отфильтрованы по критерию GO Score > 10. Обозначения: Т – ткани побегов; Р – ткани корней; G1 – необработанное зерно; G2 – зерно, обработанное раствором А; G3 – НЧ Fe в концентрации $10^{-5}\%$ в растворе А; G4 – НЧ Fe в концентрации $10^{-7}\%$ в растворе А; G5 – FeSO₄ в концентрации $10^{-7}\%$ в растворе А. *а* – Обогащение белков с повышенной регуляцией в побегах (Т) по сравнению с необработанной группой G1; *б* – обогащение белков с пониженной регуляцией в побегах по сравнению с необработанной группой G1; *в* – обогащение белков с повышенной регуляцией в корнях (Р) по сравнению с необработанной группой G1; *г* – обогащение белков с пониженной регуляцией в корнях по сравнению с необработанной группой G1; *д* – описание защитной реакции на бактерии в протеомах тканей пшеницы. Ответ удовлетворяет двум критериям: оценка GO score ≥ 20 , оценка функциональной аннотации Fmax $\geq 0,15$ (Fmax рассчитывался с помощью DeepGOPlus). Первое условие гарантирует значимость обогащения, второе условие выбрано так, чтобы отфильтровать ошибочные аннотации, обнаруженные нами при ручном сопоставлении названий ГО-терминов и связанных с ними белков. Панели *д* показывают, что ответ был найден в трех попарных сравнениях (проанализированных с помощью Diffacto). Обогащения представлены белковыми гомологами, которые сгруппированы в семейства

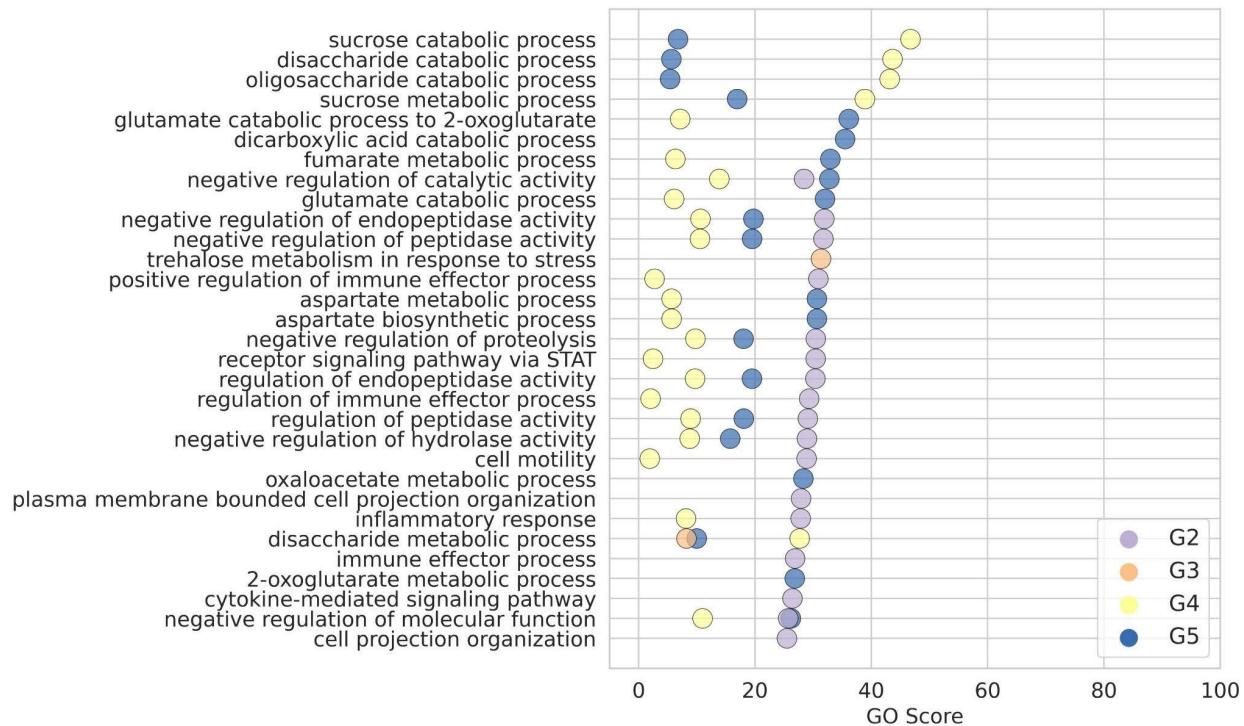
а



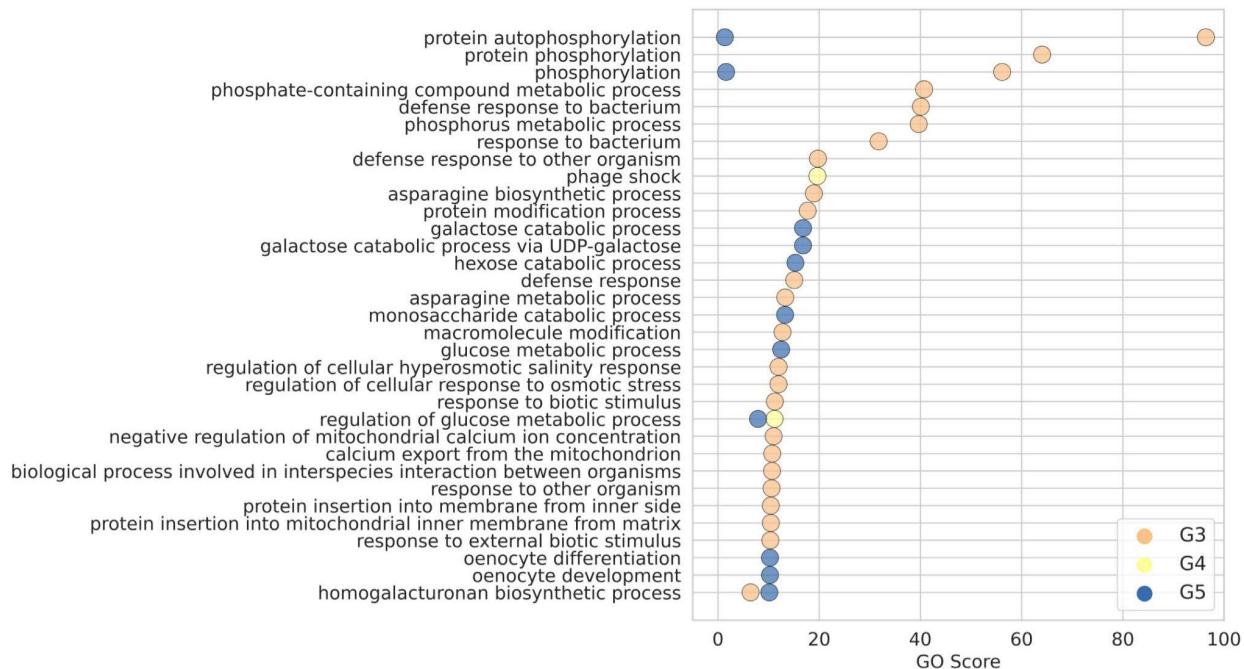
б



6



7



δ

Термин ГО	Описание	Индекс функциональной аннотации*, Fmax	Группы сравнения	Тип ткани	ДРБ из термина ГО/ общее число ДРБ	Индекс обогащения термина ГО, GO Score
GO:0042742	defense response to bacterium (AAA+ ATPase domain-containing protein, Cysteine-rich receptor-like protein kinase, NB-ARC domain-containing protein, Powdery mildew resistance protein, Protein kinase domain-containing protein, Receptor kinase, Receptor-like serine/threonine-protein kinase, Rx N-terminal domain-containing protein, Serine/threonine-protein kinase families)	0,15–0,59	G3/G1	root	84 / 291 ↓	40

GO:0006954	inflammatory response (avenin-like and Bifunctional inhibitor/plant lipid transfer protein/seed storage helical domain-containing protein family)	0,15–0,19	G2/G1	root	13/54 ↑	27
GO:0006954	inflammatory response (HMW glutenin subunits, Avenin-like proteins, Bifunctional inhibitor/plant lipid transfer protein/seed storage helical domain-containing protein family)	0,15–0,19	G4/G1	root	16/225 ↑	10

Примечание. * Рассчитано программой DeepGoPlus.

Табл. П1. Средние концентрации микроэлементов (мкг/г сухого веса, погрешность $\pm 10\%$), измеренные в проросших семенах на трети сутки, в побегах и корнях 7-дневных проростков (*а*) и ПДК токсичных элементов в продуктах питания по сравнению с концентрацией, усредненной по группам G1–G6 для каждого типа ткани (*б*)

а

Элемент	Проросшие семена, 3 сутки, мкг/г				Побеги, 7 сутки, мкг/г				Корни, 7 сутки, мкг/г			
	G1	G2	G4	G6	G1	G2	G4	G6	G1	G2	G4	G6
K	4500	3750	3856	4266	18077	17753	17607	18040	11248	11113	11004	10176
P	4068	4035	3998	4187	8240	8347	8033	8215	4414	4307	4208	4014
Mg	1078	1285	1297	1339	1369	1303	1294	1346	974	880	911	888
Ca	686	596	735	594	1976	2024	2109	2177	1610	1420	1746	1685
Na	149	107	112	98	194	195	231	292	3645	3499	3496	3409
Fe	40	36	46	42	87	81	85	98	146	122	169	156
Mn	39	37	40	41	44	47	44	49	30	29	34	32

Zn	27	28	37	35	51	66	46	54	140	88	162	168
Cu	6,16	6,00	6,19	6,23	13	12	11	12	20	16	19	19
Sr	3,12	3,11	3,25	3,21	8,15	8,07	7,77	8,58	9,40	6,62	7,68	7,31
Si	2,89	2,51	3,09	2,67	3,91	3,66	2,97	3,31	3,38	3,63	2,93	3,66
Al	2,67	2,66	2,82	2,02	4,16	3,91	4,82	5,45	22,68	16,31	19,53	22,21
I	2,12	0,786	1,34	0,682	1,37	1,17	1,32	1,40	5,80	3,95	4,80	5,56
Ni	0,443	0,368	0,471	0,425	1,04	0,92	1,08	1,12	3,68	2,78	3,58	3,94
B	0,335	1,187	1,59	1,336	1,09	1,14	1,07	1,29	1,01	0,92	0,89	1,25
Cr	0,275	0,114	0,304	0,406	0,41	0,37	0,39	1,33	2,76	0,97	1,65	12,77
Pb	0,172	0,145	0,145	0,144	0,63	0,69	0,63	0,74	3,46	2,97	3,91	3,27
Se	0,064	0,098	0,075	0,111	0,12	0,13	0,11	0,13	0,08	0,06	0,093	0,073
Cd	0,044	0,032	0,035	0,034	0,33	0,22	0,21	0,28	2,32	2,29	3,41	2,56
Li	0,023	0,040	0,041	0,037	0,10	0,08	0,10	0,10	0,18	0,13	0,178	0,145
Co	0,018	0,026	0,022	0,020	0,04	0,03	0,04	0,05	0,28	0,29	0,243	0,292
Sn	0,017	0,013	0,023	0,038	0,07	0,09	0,08	0,07	0,42	0,27	0,353	0,333
Hg	0,016	0,012	0,016	0,013	0,32	0,30	0,24	0,28	0,41	0,51	0,568	0,431
As	0,012	0,013	0,011	0,009	0,06	0,06	0,14	0,05	0,20	0,19	0,149	0,166
V	0,009	0,029	0,016	0,010	0,03	0,02	0,02	0,04	0,12	0,10	0,147	0,136

σ

Токсичные элементы	СанПин 2.3.2.1078-01, ПДК, мкг/г				Средняя концентрация, мкг/г		
	Мясо и субпродукты	Рыба	Зерно	Овощи	Семена	Побеги	Корни
Pb	0,5–1,0	1,0–2,0	0,3–0,5	0,4–0,5	0,15	0,67	3,4
Cd	0,05–1,0	0,2	0,03–0,1	0,03–0,1	0,036	0,26	2,6
Hg	0,0–0,2	0,3–1,0	0,03	0,02–0,03	0,014	0,29	0,48

Примечание. Обозначения: G1 – необработанные семена; G2 – семена, обработанные раствором А; G4 – семена, обработанные НЧ Fe $10^{-7}\%$; G6 – семена, обработанные НЧ Fe $10^{-6}\%$.

Табл. П2. Молекулярные сигнатуры, дифференциальная экспрессия которых ассоциирована с предпосевной обработкой семян препаратами железа на основе НЧ и его солей. Сигнатура (перечислены уникальные номера белков из базы TrEMBL для *Triticum aestivum* L., <https://www.uniprot.org/>) представлена белками с повышенной регуляцией, зарегистрированными одновременно как минимум в трех из пяти групп G1–G5

Процесс	Сигнатура
<i>GO:0015979 Photosynthesis</i> * <i>GO:0009768 photosynthesis, light harvesting in photosystem I</i> ; \$ <i>GO:0009769 photosynthesis, light harvesting in photosystem II</i>	*\$ A0A096URP1 A0A341Q4P7 A0A3B5Y1D3 A0A3B5YYN5 A0A3B6DCU3 *\\$ A0A3B6LQN1 A0A3B6SIU4 *\\$ A0A6B9KS94 *\\$ A0A6B9KS95 *\\$ A0A6B9KYU6 *\\$ A0A6B9KZP1 *\\$ C1K5B6 *\\$ C1K5B9 P27665 W5B9L0 A0A3B6A0F0 A0A3B6JIX7 * A0A3B6PLM0 A0A3B6RSZ0 * W5AY52 A0A3B6HRY7 A0A3B6IUL6
<i>GO:0006779 porphyrin-containing compound biosynthetic process</i> ; <i>GO:0015995 chlorophyll biosynthetic process</i>	A0A3B6EIS8 A0A3B6FPD3
<i>GO:1901668 regulation of SOD activity</i>	A0A341Z653 A0A3B6KG21 A0A3B6LMA2 A0A3B6MRX0 A0A3B6RAV4
<i>GO:0006096 glycolytic process</i>	A0A0F7IN65 A0A3B5Y3H2 A0A3B6B1C5 A0A3B6KSW8 A0A7H4LJ48 C0KTA6 H9ZWY1 W5EDL3 W5G4A2 A0A3B5Z298 A0A3B5Z XV5 A0A3B5ZZM6

	<u>H9ZWY2</u> <u>W5FL09</u>
<i>GO:0005985 sucrose metabolic process</i> <i>GO:0005987 sucrose catabolic process</i> <i>GO:0005996 monosaccharide metabolic process</i> <i>GO:0046364 monosaccharide biosynthetic process</i> <i>GO:0046352 disaccharide catabolic process</i> <i>GO:0005984 disaccharide metabolic process</i> <i>GO:0009313 oligosaccharide catabolic process</i> <i>GO:0009311 oligosaccharide metabolic process</i> <i>GO:0005983 starch catabolic process</i> <i>GO:0005982 starch metabolic process</i> <i>GO:0000272 polysaccharide catabolic process</i> <i>GO:0005976 polysaccharide metabolic process</i> <i>GO:0044247 cellular polysaccharide catabolic process</i> <i>GO:0044264 cellular polysaccharide metabolic process</i> <i>GO:0071999 extracellular polysaccharide catabolic process</i>	<u>A0A3B6U3N9</u> <u>Q7X9M2</u> <u>A0A3B6IYD4</u>

Приложение. Обозначение * и § соответствует белкам, на которых были обогащены GO:0009768 (Фотосинтез, фотосистема I) и GO:0009769 (Фотосинтез, фотосистема II) соответственно.