

ضمیمه ۱- جدول‌ها و شکل‌های تکمیلی

جدول تکمیلی ۱- پژوهش‌ها و صفات استفاده شده در فراتحلیل حاضر

Supplementary Table S1. Researches and traits used in the current meta-analysis

Row	Experimental conditions	Reference	GY [†]		PH		NPP		NGP		Na		K		Ch.a		Ch.b		Car		
			M [†]	S [†]	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M		
1	Pot	Mirdar Mansuri <i>et al.</i> , 2014	1	1	1	1	1	1	1	1											
2	Field	Saeidzadeh <i>et al.</i> , 2016	2																		
3	Pot	Saeidzadeh & Taghizadeh, 2019			2	2	2	2	2	2	1	1	1	1							
4	Pot	Biabani <i>et al.</i> , 2012					3	3	3	3	2	2	2	2							
5	Field	Sadradini & Salahshour Dalivand, 2012	3																		
6	Pot	Majidi-Mehr & Amiri-Fahlani, 2021	4	2																	
7	Pot	Rezaei <i>et al.</i> , 2012	5	3			4	4													
8	Pot	Amiri <i>et al.</i> , 2019	6	4																	
9	Pot	Salahshour Dalivand <i>et al.</i> , 2014	7																		
10	Field	Mortezaiinezhad <i>et al.</i> , 2016			3			5		4											
11	Pot	Bhusan <i>et al.</i> , 2016	8																		
12	Hydroponic	Shankar <i>et al.</i> , 2021									3	3	3	3							
13	Petri (Yoshida)	Forough <i>et al.</i> , 2021									4		4								
14	Field	Rafaliarivony <i>et al.</i> , 2022	9		4		6														
14	Pot	Rafaliarivony <i>et al.</i> , 2022	10	5	5	3															
15	Pot	Mohammadi-Nejad <i>et al.</i> , 2010	11						5												
16	Pot	Zeng <i>et al.</i> , 2022		6																	
17	Pot	Channa <i>et al.</i> , 2019					7	5			5	4	5	4							
17	Pot	Channa <i>et al.</i> , 2019									6	5	6	5							
18	Pot	Zhang <i>et al.</i> , 2022	12	7			8	6	6	4	7	6	7	6							
19	Pot	Irakoze <i>et al.</i> , 2020					9				8		8				3		3		2
20	Field	Ghadirnezhad Shiade <i>et al.</i> , 2020													1	1	1	1	1	1	

Supplementary Table S1. Continued

		جدول تکمیلی ۱- ادامه														
21	Hogland	Habibollahi <i>et al.</i> , 2012											2	2		
22	Pot	Fallah <i>et al.</i> , 2012	13	8		10	7									
23	Pot	Afkhami Ghadi, <i>et al.</i> , 2021	14	9												
24	Pot	Anshori <i>et al.</i> , 2022	15			11										
25	Hydroponic	Kamrava <i>et al.</i> , 2021						9	7	9	7	4	2	4	2	
26	Hydroponic	Musavizadeh <i>et al.</i> , 2018												9	3	
27	Field	Ali <i>et al.</i> , 2004	16									5		5		
28	Murashige and Skoog	Taratima <i>et al.</i> , 2022										6	3	6	3	
29	Pot	Moradi & Ismail, 2007						10	8							
30	Pot	Nasrudin <i>et al.</i> , 2022				12	7					7		7		
31	Pot	Shakeela <i>et al.</i> , 2016						11	9	10	8	8	4	8	4	4
32	Pot	Sonone <i>et al.</i> , 2023										9	5	9	5	
32	Pot	Sonone <i>et al.</i> , 2023										10	6	10	6	
33	Pot	Djanaguiraman & Ramadass, 2004										11		11		
33	Pot	Djanaguiraman and Ramadass, 2004										12		12		
33	Pot	Djanaguiraman and Ramadass, 2004										13		13		
33	Pot	Djanaguiraman and Ramadass, 2004										14		14		
34	Pot	Saedipour, 2015						12		11		15		15		
35	Pot	KIBRIA <i>et al.</i> , 2017		6	4	13	8					16	7	16	7	
36	Pot	Chandramohanani <i>et al.</i> , 2014										17		17		
37	Murashige and Skoog	Taratima <i>et al.</i> , 2023										18	8	18	8	
38	In vitro	Siringam <i>et al.</i> , 2012										19		19		

† The traits and salinity abbreviations are: GY, grain yield; PH, plant height; NPP, number of panicles per plant; NGP, number of filled grains per panicle; Na, sodium; K, potassium; Chl.a, chlorophyll a; Chl.b, chlorophyll b, Car, carotenoid; S, severe salinity stress; M, mild salinity stress.

جدول تکمیلی ۲- ناهمگنی نتایج مطالعات بر اساس شاخص‌های مختلف

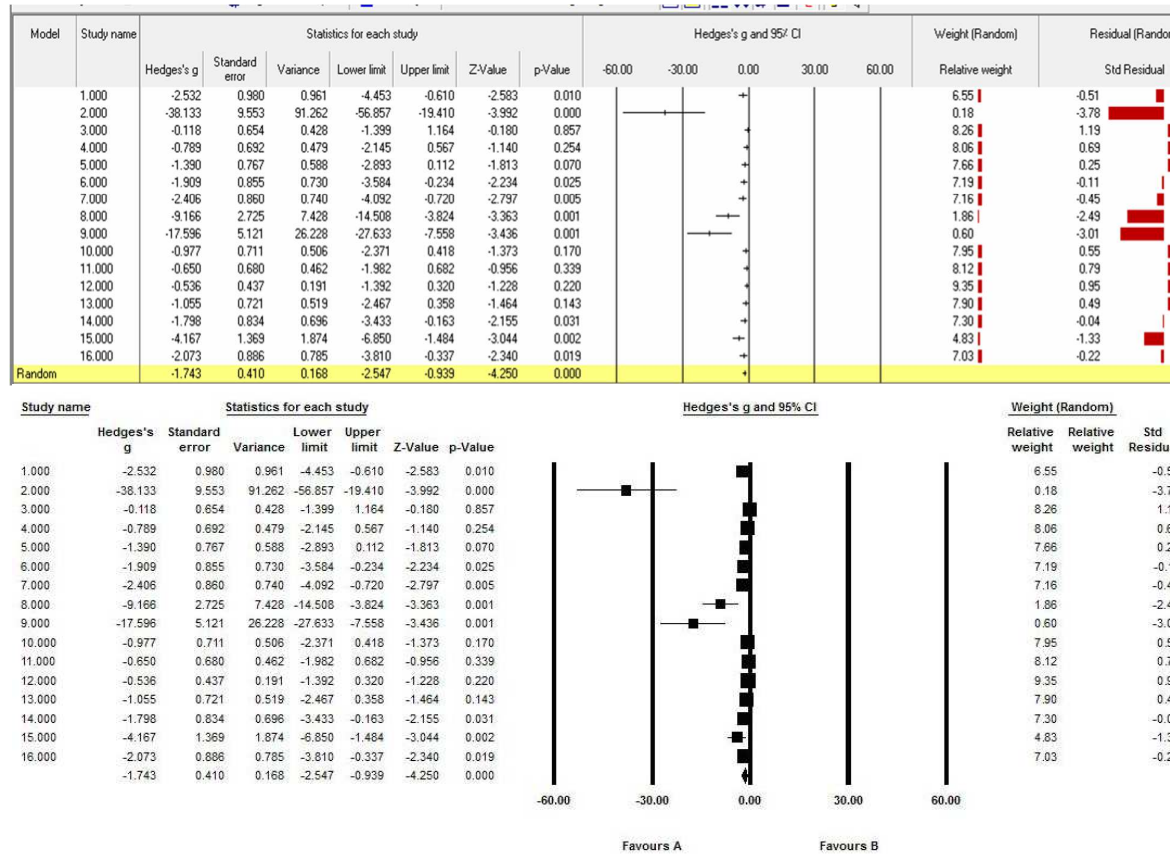
Supplementary Table S2. Heterogeneity of the results based on the different indices

Trait	Salinity stress	Heterogeneity				Tau-squared			
		Q-value	df (Q)	P-value	I-squared	Tau squared	Standard error	Variance	Tau
Grain yield	Mild	50.63	15.00	0.00	70.37	1.61	0.94	0.89	1.27
	Severe	9.61	8.00	0.29	16.78	0.13	0.40	0.16	0.36
Plant height	Mild	9.379	5.000	0.095	46.690	0.906	1.241	1.541	0.952
	Severe	12.16	3	0.0069	75.32	2.95	3.57	12.78	1.72
No. of panicles per plant	Mild	24.90	12	0.015	51.81	0.64	0.51	0.26	0.80
	Severe	13.22	7	0.067	47.05	0.54	0.62	0.38	0.73
No. of filled grains per panicle	Mild	20.29	6	0.002	70.43	1.40	1.29	1.65	1.18
	Severe	25.61	3	0.000	88.29	18.73	21.12	446.20	4.33
Na (%)	Mild	53.49	11	0.0000018	79.44	2.90	1.96	3.84	1.70
	Severe	36.03	8	0.0000174	77.79	2.76	2.19	4.80	1.66
K (%)	Mild	54.51	10	0.00000004	81.65	3.19	2.23	4.96	1.79
	Severe	37.37	7	0.0000004	81.27	2.91	2.30	5.29	1.70
Chlorophyll a	Mild	87.60	18	0.00	79.45	2.92	1.34	1.80	1.71
	Severe	57.03	7	0.00	87.73	6.11	4.61	21.26	2.47
Chlorophyll b	Mild	68.78	18	0.00	73.83	2.27	1.09	1.18	1.51
	Severe	83.16	8	0.00	90.38	12.84	9.94	98.78	3.58
Carotenoid	Mild	10.16	3	0.017	70.46	1.40	1.67	2.77	1.18

جدول تکمیلی ۳- آماره‌های توصیفی مربوط به فراتحلیل و معنی‌داری اندازه اثر در دو شرایط تنش شدید و ملایم شوری در هر کدام از مدل‌های ثابت و تصادفی

Supplementary Table S3. Descriptive statistics related to meta-analysis and significance of effect size in two conditions of severe and mild salinity stress in each of fixed and random models

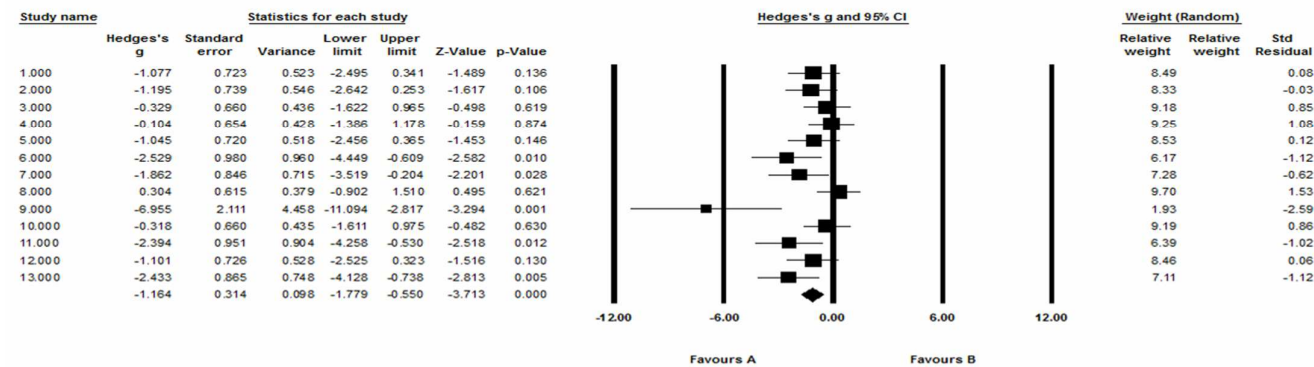
Traits	Salinity stress	Model	Number of studies	Point estimate	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-value	P-value
Grain yield	Mild	Fixed	16.00	-1.25	0.20	0.04	-1.64	-0.85	-6.19	0.00
		Random	16.00	-1.74	0.41	0.17	-2.55	-0.94	-4.25	0.00
	Severe	Fixed	9.00	-1.67	0.26	0.07	-2.18	-1.15	-6.37	0.00
		Random	9.00	-1.77	0.30	0.09	-2.35	-1.18	-5.93	0.00
Plant height	Mild	Fixed	6.00	-1.68	0.41	0.17	-2.49	-0.88	-4.11	0.00004
		Random	6.00	-1.89	0.57	0.33	-3.02	-0.76	-3.29	0.00100
	Severe	Fixed	4	-1.63	0.46	0.21	-2.53	-0.73	-3.57	0.00036
		Random	4	-2.47	1.05	1.10	-4.52	-0.42	-2.36	0.01843
No. of panicles per plant	Mild	Fixed	13	-0.99	0.21	0.04	-1.40	-0.57	-4.66	0.000003
		Random	13	-1.16	0.31	0.10	-1.78	-0.55	-3.71	0.000205
	Severe	Fixed	8	-1.16	0.27	0.07	-1.69	-0.63	-4.27	0.000019
		Random	8	-1.33	0.38	0.15	-2.08	-0.58	-3.48	0.000506
No. of filled grains per panicle	Mild	Fixed	7	-0.97	0.27	0.07	-1.50	-0.43	-3.5434	0.00039
		Random	7	-1.65	0.56	0.32	-2.75	-0.54	-2.9299	0.00339
	Severe	Fixed	4	-1.44	0.42	0.17	-2.25	-0.62	-3.43	0.0006
		Random	4	-5.84	2.41	5.82	-10.56	-1.11	-2.42	0.0156
Na	Mild	Fixed	12	0.996	0.23	0.057	0.53	1.46	4.17	0.0005
		Random	12	2.07	0.64	0.41	0.82	3.33	3.24	0.001
	Severe	Fixed	9	1.37	0.28	0.08	0.82	1.91	4.908113	0.000001
		Random	9	2.28	0.72	0.51	0.88	3.69	3.187536	0.001435
K	Mild	Fixed	11	-0.62	0.24	0.06	-1.10	-0.15	-2.564945	0.0103
		Random	11	-2.15	0.68	0.47	-3.49	-0.81	-3.144785	0.0017
	Severe	Fixed	8	-0.65	0.27	0.07	-1.18	-0.12	-2.39	0.017
		Random	8	-1.76	0.74	0.55	-3.21	-0.32	-2.39	0.017
Chlorophyll a	Mild	Fixed	19	-0.94	0.20	0.04	-1.33	-0.56	-4.776	0.000002
		Random	19	-1.57	0.46	0.21	-2.47	-0.68	-3.436	0.000591
	Severe	Fixed	8	-0.45	0.31	0.10	-1.06	0.16	-1.44	0.15
		Random	8	-2.50	1.05	1.11	-4.57	-0.44	-2.37	0.02
Chlorophyll b	Mild	Fixed	19	-1.45	0.20	0.04	-1.86	-1.05	-7.11	0.00
		Random	19	-1.72	0.41	0.17	-2.53	-0.91	-4.18	0.00
	Severe	Fixed	9	-0.37	0.36	0.13	-1.08	0.34	-1.01	0.31
		Random	9	-2.64	1.41	1.99	-5.40	0.13	-1.87	0.06
Carotenoid	Mild	Fixed	4	0.50	0.38	0.14	-0.24	1.23	1.32	0.19
		Random	4	0.78	0.71	0.51	-0.61	2.18	1.10	0.27



شکل تکمیلی ۱- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای عملکرد دانه در شرایط تنش ملایم شوری

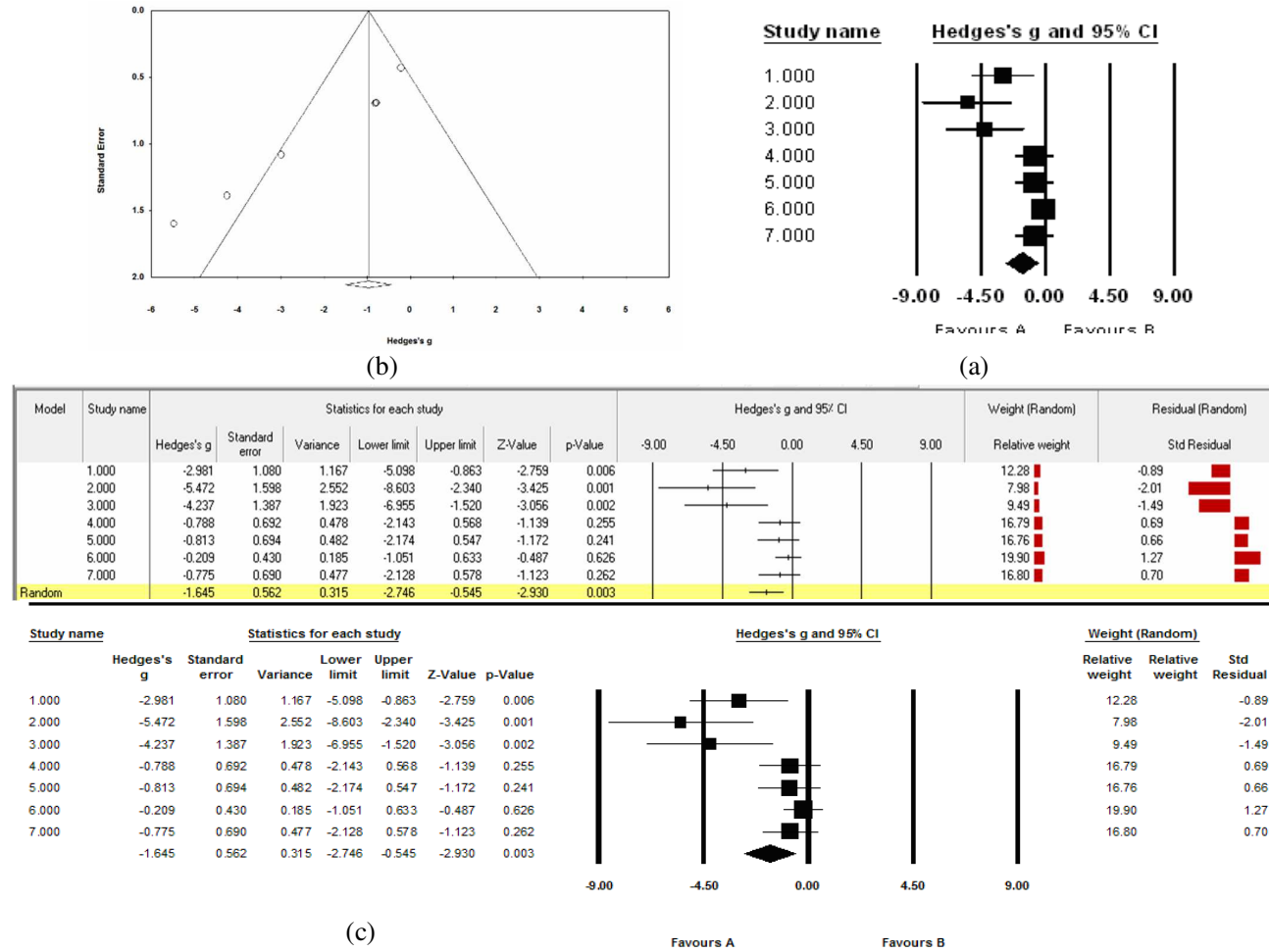
Supplementary Figure S1. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for grain yield under mild salinity stress conditions

Model	Study name	Statistics for each study							Hedges's g and 95% CI					Weight (Random)		Residual (Random)	
		Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	-12.00	-6.00	0.00	6.00	12.00	Relative weight	Std Residual		
1.000		-1.077	0.723	0.523	-2.495	0.341	-1.489	0.136						8.49	0.08		
2.000		-1.195	0.739	0.546	-2.642	0.253	-1.617	0.106						8.33	-0.03		
3.000		-0.329	0.660	0.436	-1.622	0.965	-0.498	0.619						9.18	0.85		
4.000		-0.104	0.654	0.428	-1.386	1.178	-0.159	0.874						9.25	1.08		
5.000		-1.045	0.720	0.518	-2.456	0.365	-1.453	0.146						8.53	0.12		
6.000		-2.529	0.980	0.960	-4.449	-0.609	-2.582	0.010						6.17	-1.12		
7.000		-1.862	0.846	0.715	-3.519	-0.204	-2.201	0.028						7.28	-0.62		
8.000		0.304	0.615	0.379	-0.902	1.510	0.495	0.621						9.70	1.53		
9.000		-6.955	2.111	4.458	-11.094	-2.817	-3.294	0.001						1.93	-2.59		
10.000		-0.318	0.660	0.435	-1.611	0.975	-0.482	0.630						9.19	0.86		
11.000		-2.394	0.951	0.904	-4.258	-0.530	-2.518	0.012						6.39	-1.02		
12.000		-1.101	0.726	0.528	-2.525	0.323	-1.516	0.130						8.46	0.06		
13.000		-2.433	0.865	0.748	-4.128	-0.738	-2.813	0.005						7.11	-1.12		
Random		-1.164	0.314	0.098	-1.779	-0.550	-3.713	0.000									

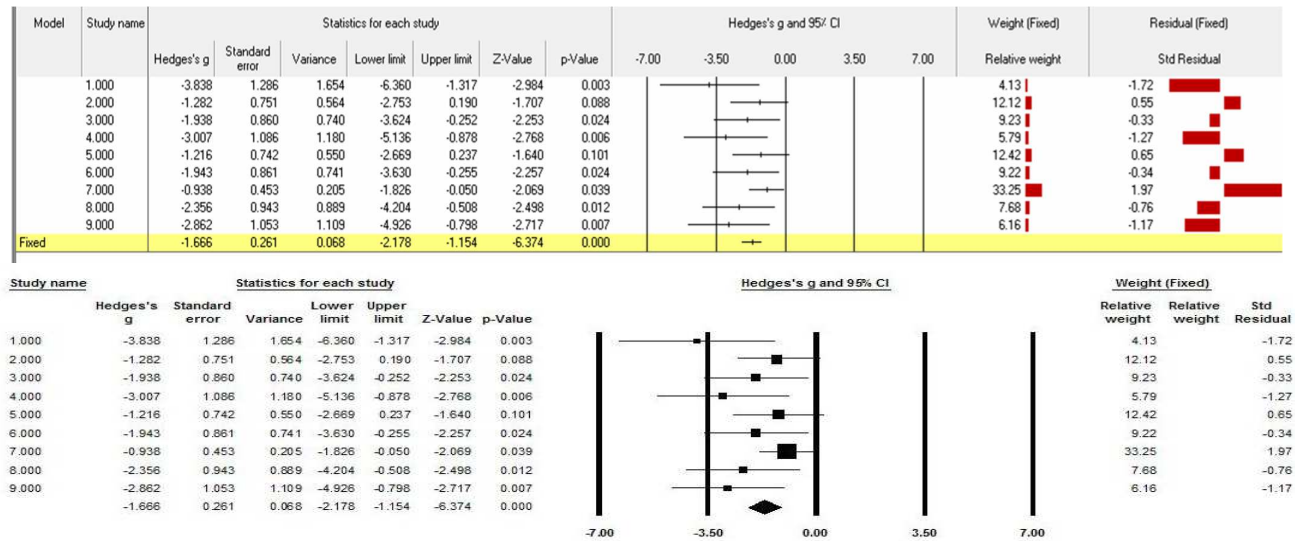


شکل تکمیلی ۲- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای تعداد خوشه در بوته در شرایط تنش ملایم شوری

Supplementary Figure S2. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for number of panicles per plant under mild salinity stress conditions

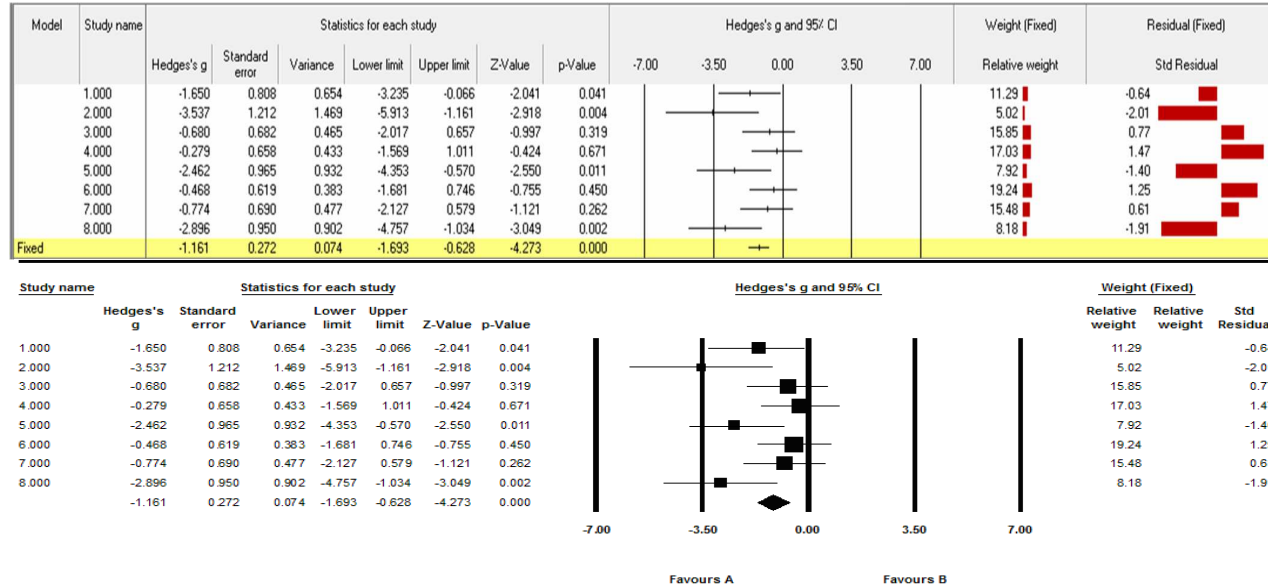


شکل تکمیلی ۳- نمودار انباشت (a)، نمودار کیفی (b)، اندازه اثر هجز (c)، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای تعداد دانه پر در خوشه تحت شرایط تنش ملایم شوری
 Supplementary Figure S3. Accumulation plot (a), funnel plot (b), Hedges effect size (c), standard error, weight and statistics of each study for number of filled grains per panicle under mild salinity stress conditions



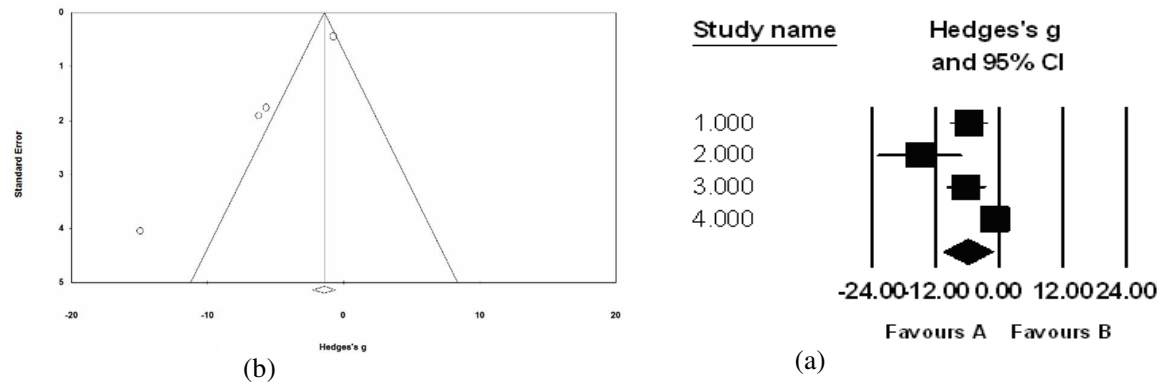
شکل تکمیلی ۴- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای عملکرد دانه در شرایط تنش شدید شوری

Supplementary Figure S4. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for grain yield under severe salinity stress conditions

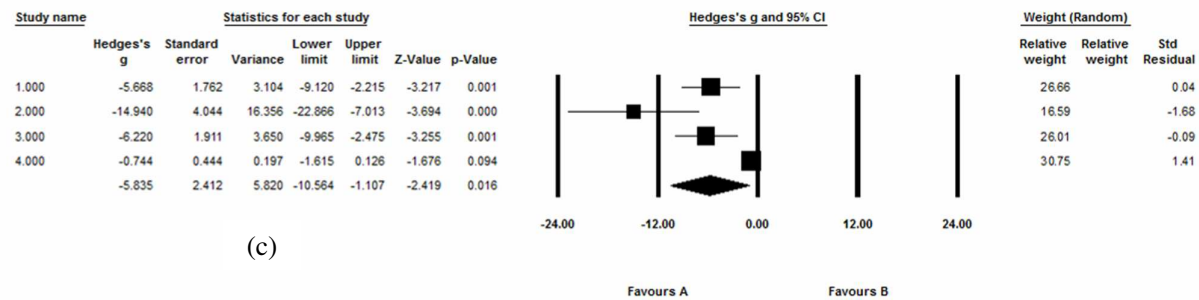


شکل تکمیلی ۵- نمودار انباشت، اندازه اثر همجز، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای تعداد خوشه در بوته در شرایط تنش شدید شوری

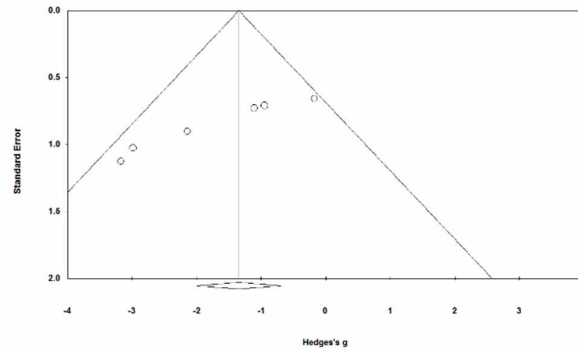
Supplementary Figure S5. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for number of panicles per plant under severe salinity stress conditions



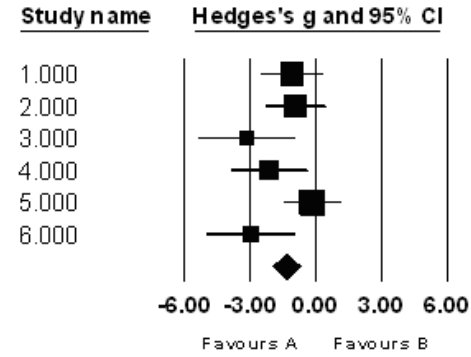
Model	Study name	Statistics for each study							Hedges's g and 95% CI					Weight (Random)		Residual (Random)
		Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	-24.00	-12.00	0.00	12.00	24.00	Relative weight	Std Residual	
	1.000	-5.668	1.762	3.104	-9.120	-2.215	-3.217	0.001						26.66	0.04	
	2.000	-14.940	4.044	16.356	-22.866	-7.013	-3.694	0.000						16.59	-1.68	
	3.000	-6.220	1.911	3.650	-9.965	-2.475	-3.255	0.001						26.01	-0.09	
	4.000	-0.744	0.444	0.197	-1.615	0.126	-1.676	0.094						30.75	1.41	
Random		-5.835	2.412	5.820	-10.564	-1.107	-2.419	0.016								



شکل تکمیلی ۶- نمودار انباشت (a)، نمودار کیفی (b)، اندازه اثر هجز (c)، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای تعداد دانه پر در خوشه در شرایط تنش شدید شوری
 Supplementary Figure S6. Accumulation plot (a), funnel plot (b), Hedges effect size (c), standard error, weight and statistics of each study for number of filled grains per panicles under severe salinity stress conditions



(b)



(a)

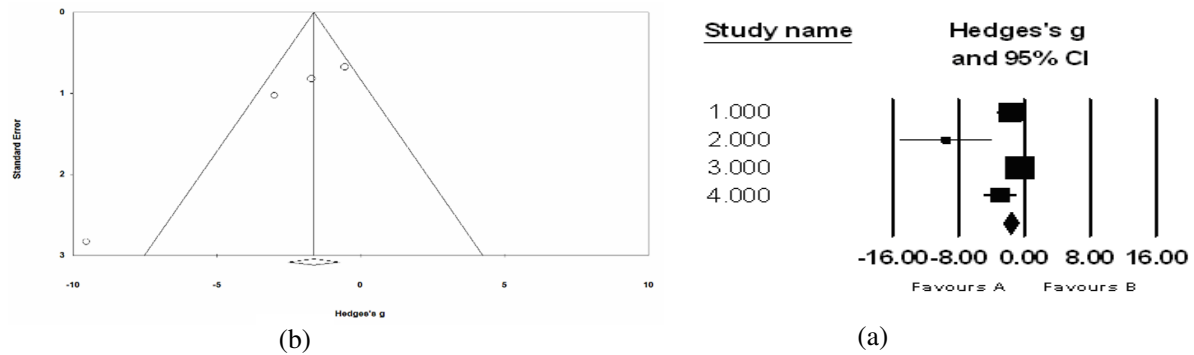
Model	Study name	Statistics for each study							Hedges's g and 95% CI					Weight (Fixed)		Residual (Fixed)	
		Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	-6.00	-3.00	0.00	3.00	6.00	Relative weight	Std Residual		
	1.000	-1.105	0.727	0.528	-2.530	0.320	-1.520	0.128						20.57	0.37		
	2.000	-0.946	0.708	0.501	-2.334	0.441	-1.337	0.181						21.68	0.64		
	3.000	-3.170	1.124	1.264	-5.374	-0.966	-2.820	0.005						8.60	-1.70		
	4.000	-2.138	0.899	0.808	-3.900	-0.377	-2.379	0.017						13.46	-0.95		
	5.000	-0.173	0.655	0.429	-1.457	1.111	-0.264	0.792						25.33	2.07		
	6.000	-2.982	1.024	1.049	-4.989	-0.975	-2.912	0.004						10.36	-1.69		
Fixed		-1.346	0.330	0.109	-1.992	-0.700	-4.082	0.000									

Study name	Statistics for each study							Hedges's g and 95% CI					Weight (Fixed)		
	Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	-6.00	-3.00	0.00	3.00	6.00	Relative weight	Relative weight	Std Residual
1.000	-1.105	0.727	0.528	-2.530	0.320	-1.520	0.128						20.57		0.37
2.000	-0.946	0.708	0.501	-2.334	0.441	-1.337	0.181						21.68		0.64
3.000	-3.170	1.124	1.264	-5.374	-0.966	-2.820	0.005						8.60		-1.70
4.000	-2.138	0.899	0.808	-3.900	-0.377	-2.379	0.017						13.46		-0.95
5.000	-0.173	0.655	0.429	-1.457	1.111	-0.264	0.792						25.33		2.07
6.000	-2.982	1.024	1.049	-4.989	-0.975	-2.912	0.004						10.36		-1.69
	-1.346	0.330	0.109	-1.992	-0.700	-4.082	0.000								

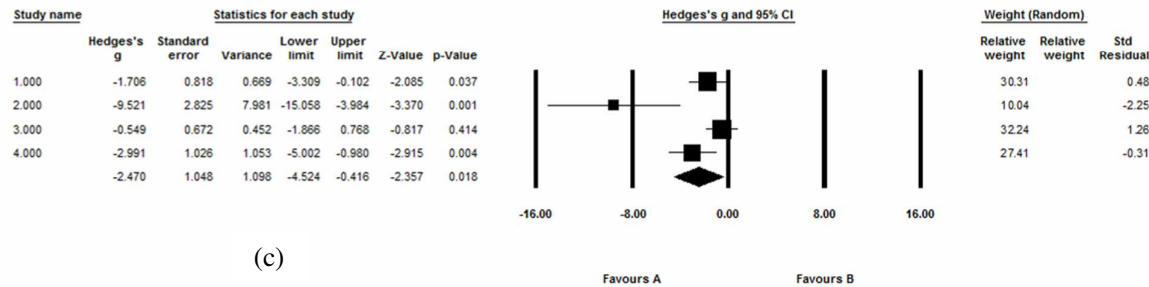
(c)

شکل تکمیلی ۷- نمودار انباشت (a)، نمودار کیفی (b)، اندازه اثر هجز (c)، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای ارتفاع بوته در شرایط تنش ملایم شوری

Supplementary Figure S7. Accumulation plot (a), funnel plot (b), Hedges effect size (c), standard error, weight and statistics of each study for plant height under mild salinity stress conditions

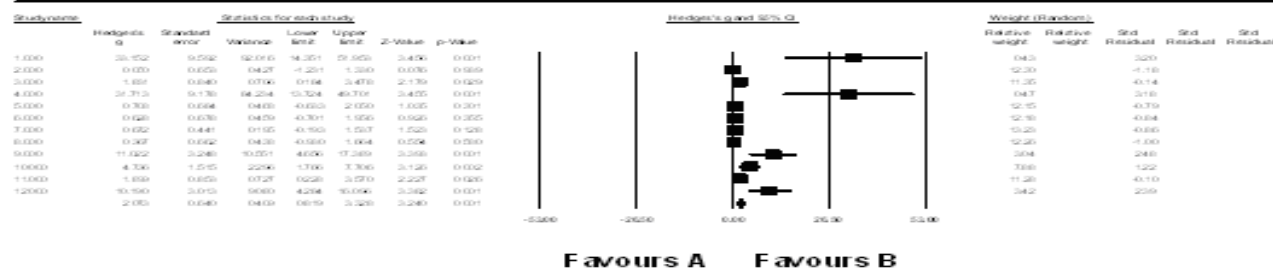


Model	Study name	Statistics for each study							Hedges's g and 95% CI					Weight (Random)		Residual (Random)
		Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	-16.00	-8.00	0.00	8.00	16.00	Relative weight	Std Residual	
	1.000	-1.706	0.818	0.669	-3.309	-0.102	-2.085	0.037							30.31	0.48
	2.000	-9.521	2.825	7.981	-15.058	-3.984	-3.370	0.001							10.04	-2.25
	3.000	-0.549	0.672	0.452	-1.866	0.768	-0.817	0.414							32.24	1.26
	4.000	-2.991	1.026	1.053	-5.002	-0.980	-2.915	0.004							27.41	-0.31
	Random	-2.470	1.048	1.098	-4.524	-0.416	-2.357	0.018								



شکل تکمیلی ۸- نمودار انباشت (a)، نمودار کیفی (b)، اندازه اثر هجز (c)، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای ارتفاع بوته در شرایط تنش شدید شوری
 Supplementary Figure S8. Accumulation plot (a), funnel plot (b), Hedges effect size (c), standard error, weight and statistics of each study for plant height under severe salinity stress condition

Model	Study name	Statistics for each study							Hedges's g and 95% CI					Weight (Random)		Residual (Random)	
		Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	-53.00	-26.50	0.00	26.50	53.00	Relative weight	Std Residual	Std Residual	
1.000		33.152	9.532	92.016	14.351	51.953	3.456	0.001						0.43	3.20		
2.000		0.050	0.653	0.427	-1.231	1.330	0.076	0.939						12.30	-1.18		
3.000		1.831	0.840	0.706	0.184	3.478	2.179	0.029						11.35	-0.14		
4.000		31.713	9.178	84.234	13.724	49.701	3.455	0.001						0.47	3.18		
5.000		0.708	0.684	0.468	-0.633	2.050	1.035	0.301						12.15	-0.79		
6.000		0.628	0.678	0.459	-0.701	1.956	0.926	0.355						12.18	-0.84		
7.000		0.672	0.441	0.195	-0.193	1.537	1.523	0.128						13.23	-0.86		
8.000		0.367	0.662	0.438	-0.930	1.664	0.554	0.580						12.26	-1.00		
9.000		11.022	3.248	10.551	4.656	17.389	3.393	0.001						3.04	2.48		
10.000		4.736	1.515	2.296	1.766	7.706	3.126	0.002						7.88	1.22		
11.000		1.899	0.853	0.727	0.228	3.570	2.227	0.026						11.28	-0.10		
12.000		10.190	3.013	9.080	4.284	16.096	3.382	0.001						3.42	2.39		
Random		2.073	0.640	0.409	0.619	3.328	3.240	0.001									

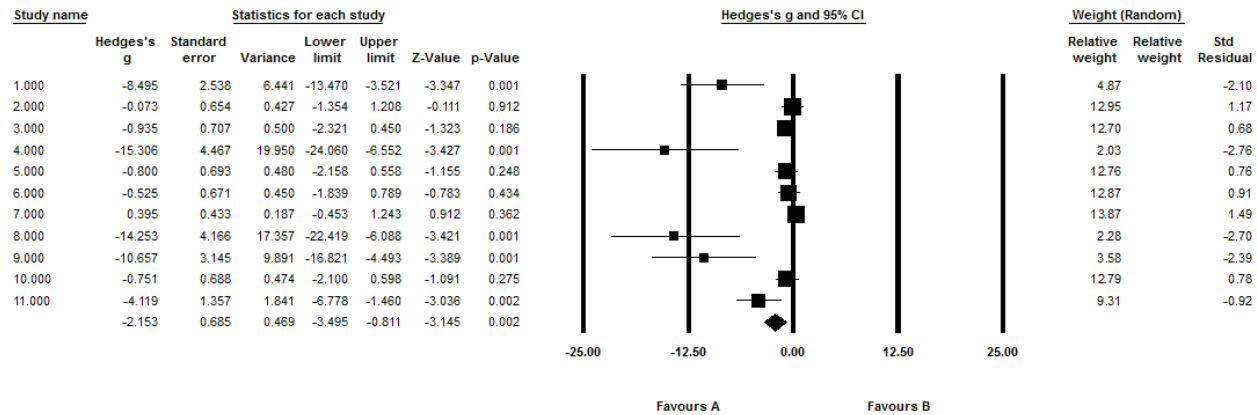


Meta Analysis

شکل تکمیلی ۹- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای میزان سدیم در شرایط تنش ملایم شوری

Supplementary Figure S9. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for Na content under mild salinity stress conditions

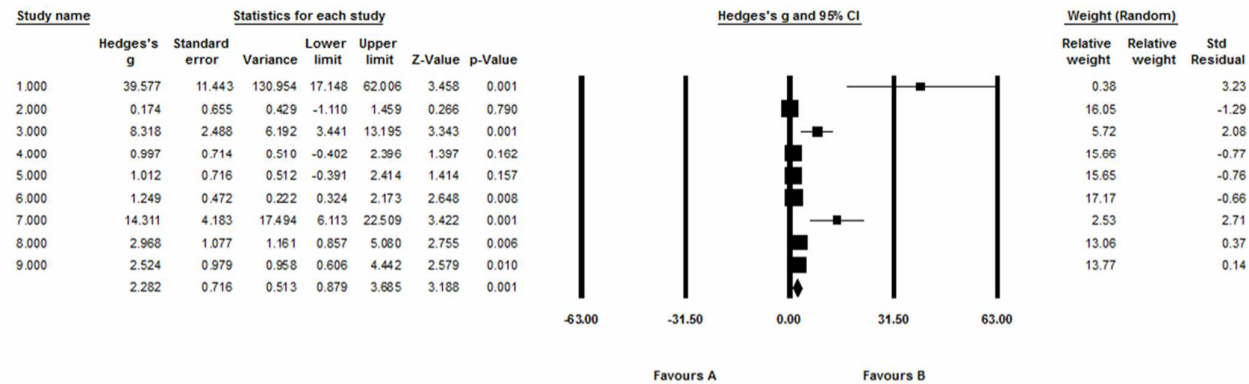
Model	Study name	Statistics for each study						Hedges's g and 95% CI					Weight (Random)		Residual (Random)
		Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	-25.00	-12.50	0.00	12.50	25.00	Relative weight	Std Residual
1.000		-8.495	2.538	6.441	-13.470	-3.521	-3.347	0.001						4.87	-2.10
2.000		-0.073	0.654	0.427	-1.354	1.208	-0.111	0.912						12.95	1.17
3.000		-0.935	0.707	0.500	-2.321	0.450	-1.323	0.186						12.70	0.68
4.000		-15.306	4.467	19.950	-24.060	-6.552	-3.427	0.001						2.03	-2.76
5.000		-0.800	0.693	0.480	-2.158	0.558	-1.155	0.248						12.76	0.76
6.000		-0.525	0.671	0.450	-1.839	0.789	-0.783	0.434						12.67	0.91
7.000		0.395	0.433	0.187	-0.453	1.243	0.912	0.362						13.87	1.49
8.000		-14.253	4.166	17.357	-22.419	-6.088	-3.421	0.001						2.28	-2.70
9.000		-10.657	3.145	9.891	-16.821	-4.493	-3.389	0.001						3.58	-2.39
10.000		-0.751	0.688	0.474	-2.100	0.598	-1.091	0.275						12.79	0.78
11.000		-4.119	1.357	1.841	-6.778	-1.460	-3.036	0.002						9.31	-0.92
Random		-2.153	0.685	0.469	-3.495	-0.811	-3.145	0.002							



شکل تکمیلی ۱۰- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای میزان پتاسیم در شرایط تنش ملایم شوری

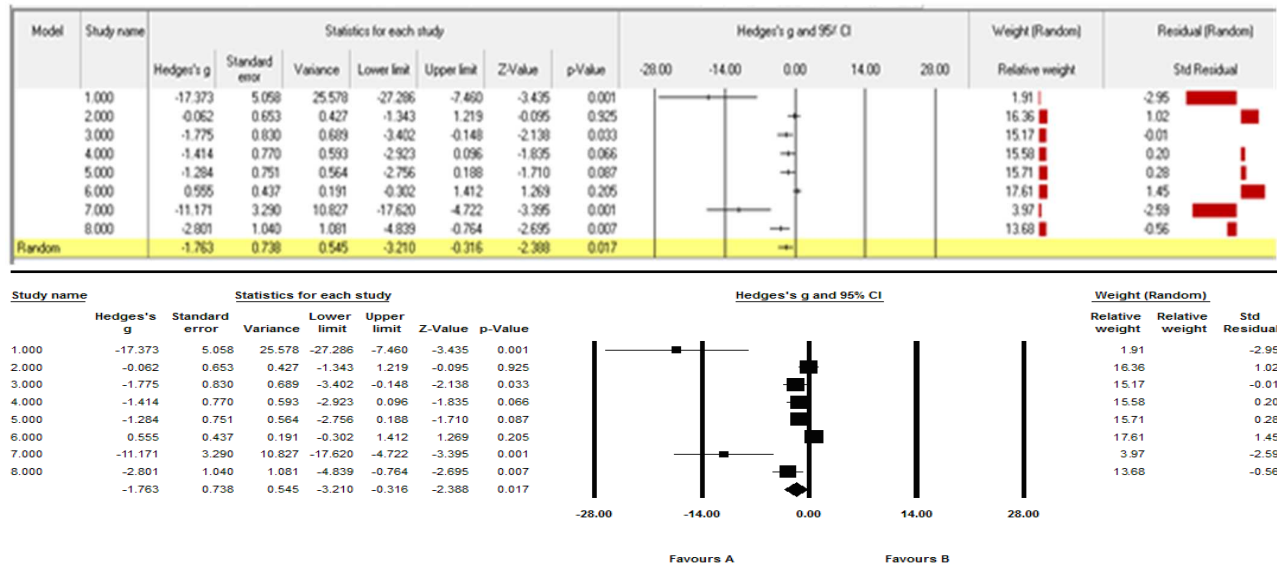
Supplementary Figure S10. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for K content under mild salinity stress condition

Model	Study name	Statistics for each study							Hedges's g and 95% CI					Weight (Random)		Residual (Random)	
		Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	-63.00	-31.50	0.00	31.50	63.00	Relative weight	Std Residual		
1.000		39.577	11.443	130.954	17.148	62.006	3.458	0.001						0.38	3.23		
2.000		0.174	0.655	0.429	-1.110	1.459	0.266	0.790						16.05	-1.29		
3.000		8.318	2.488	6.192	3.441	13.195	3.343	0.001						5.72	2.08		
4.000		0.997	0.714	0.510	-0.402	2.396	1.397	0.162						15.66	-0.77		
5.000		1.012	0.716	0.512	-0.391	2.414	1.414	0.157						15.65	-0.76		
6.000		1.249	0.472	0.222	0.324	2.173	2.648	0.008						17.17	-0.66		
7.000		14.311	4.183	17.494	6.113	22.509	3.422	0.001						2.53	2.71		
8.000		2.968	1.077	1.161	0.857	5.080	2.755	0.006						13.06	0.37		
9.000		2.524	0.979	0.958	0.606	4.442	2.579	0.010						13.77	0.14		
Random		2.282	0.716	0.513	0.879	3.685	3.188	0.001									



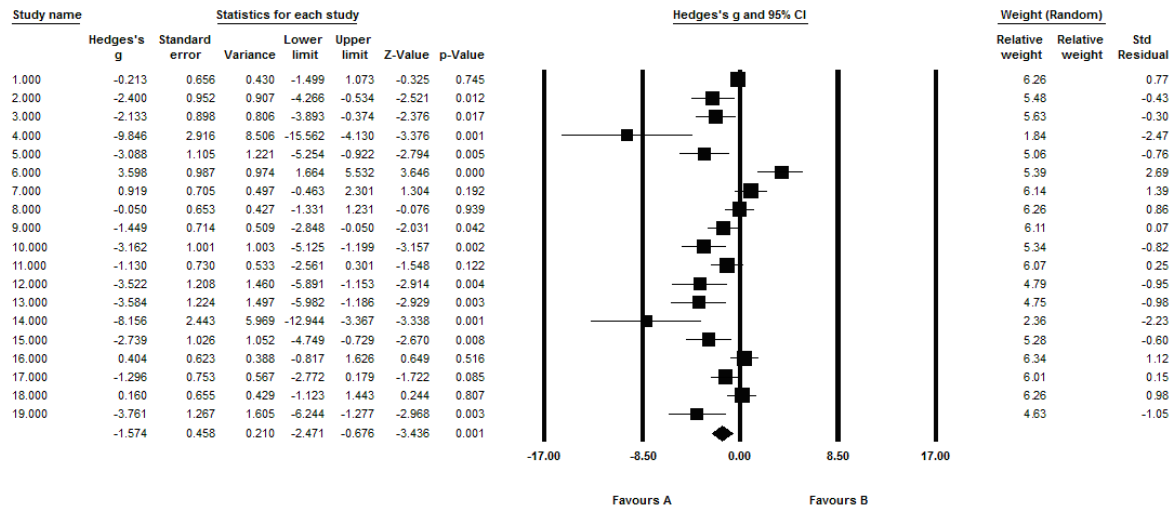
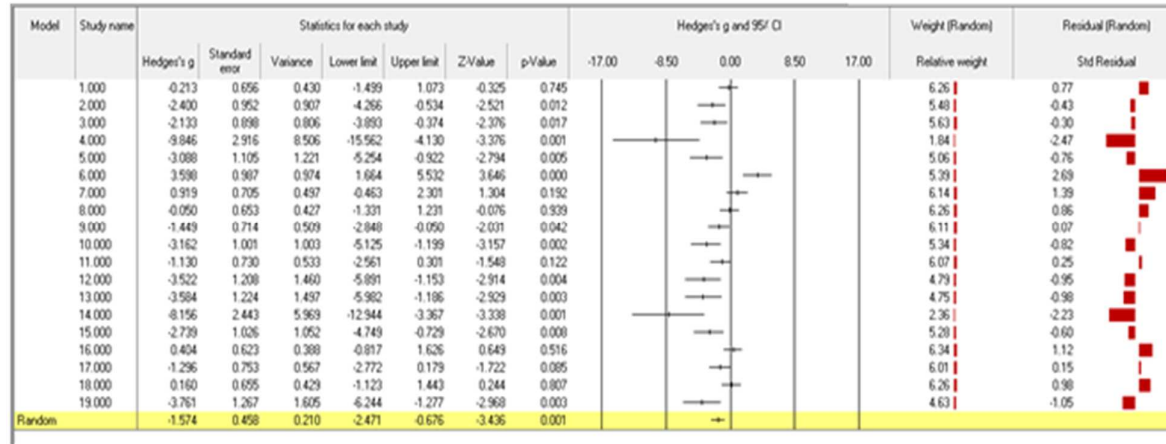
شکل تکمیلی ۱۱- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای میزان سدیم در شرایط تنش شدید شوری

Supplementary Figure S11. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for Na content under severe salinity stress conditions



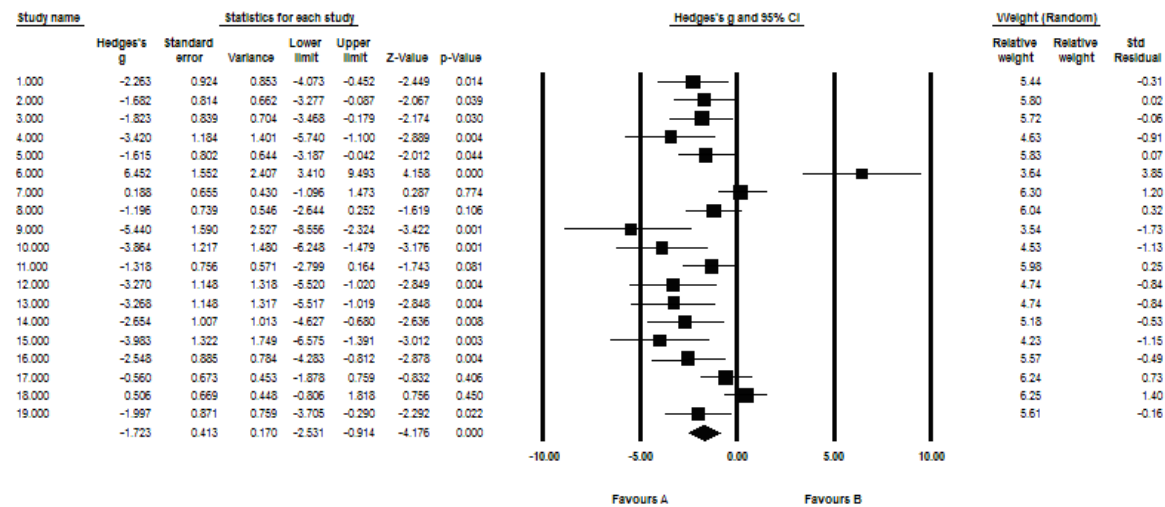
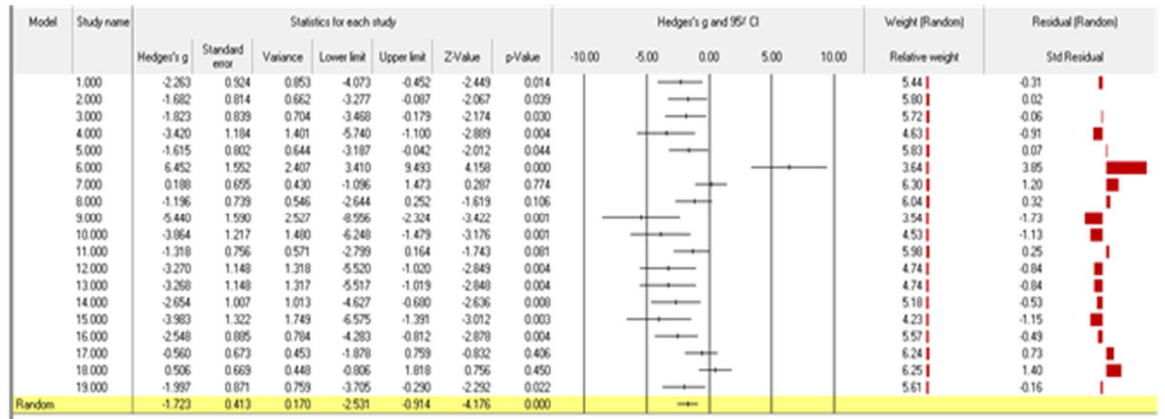
شکل تکمیلی ۱۲- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای میزان پتاسیم در شرایط تنش شدید شوری

Supplementary Figure S12. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for K content under mild salinity stress conditions



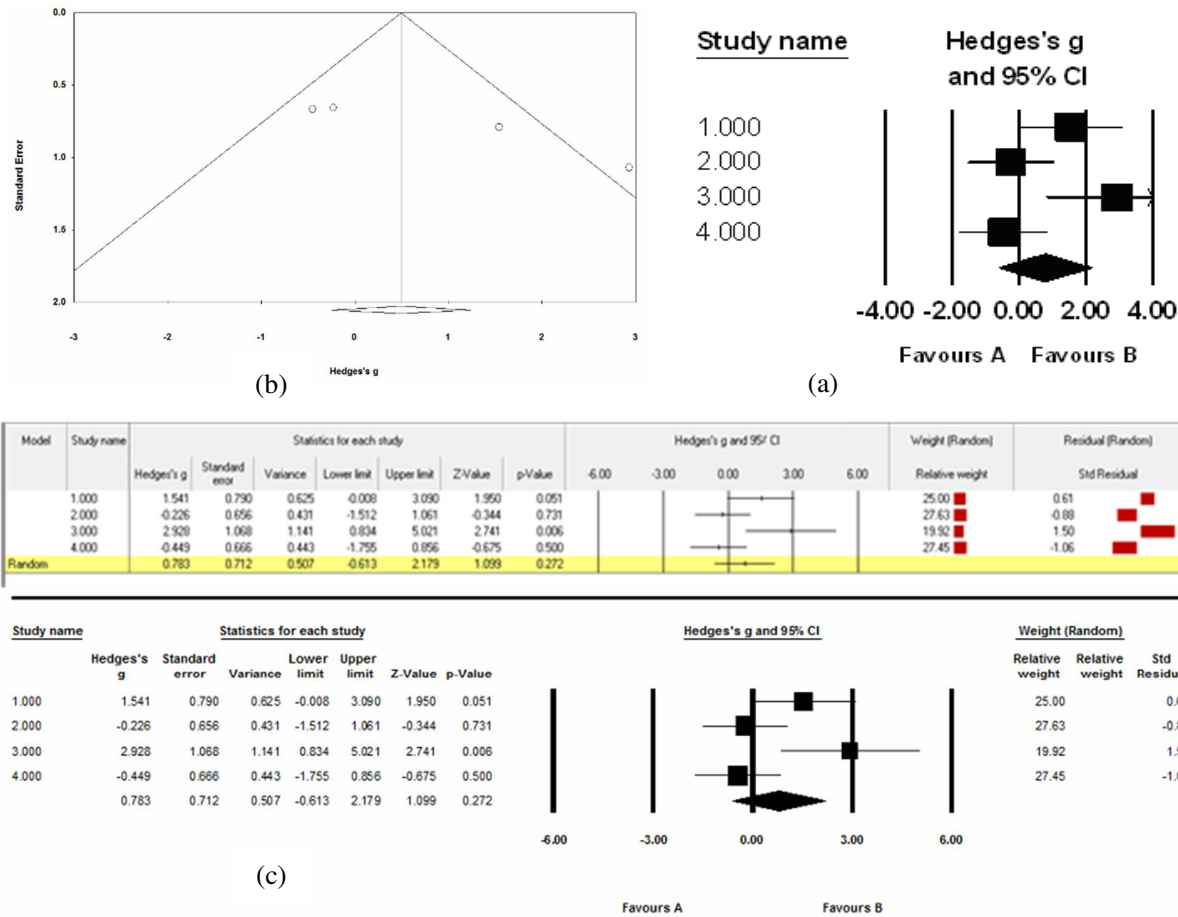
شکل تکمیلی ۱۳- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره های هر مطالعه برای مقدار کلروفیل a در شرایط تنش ملایم شوری

Supplementary Figure S13. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for chlorophyll a under mild salinity stress conditions



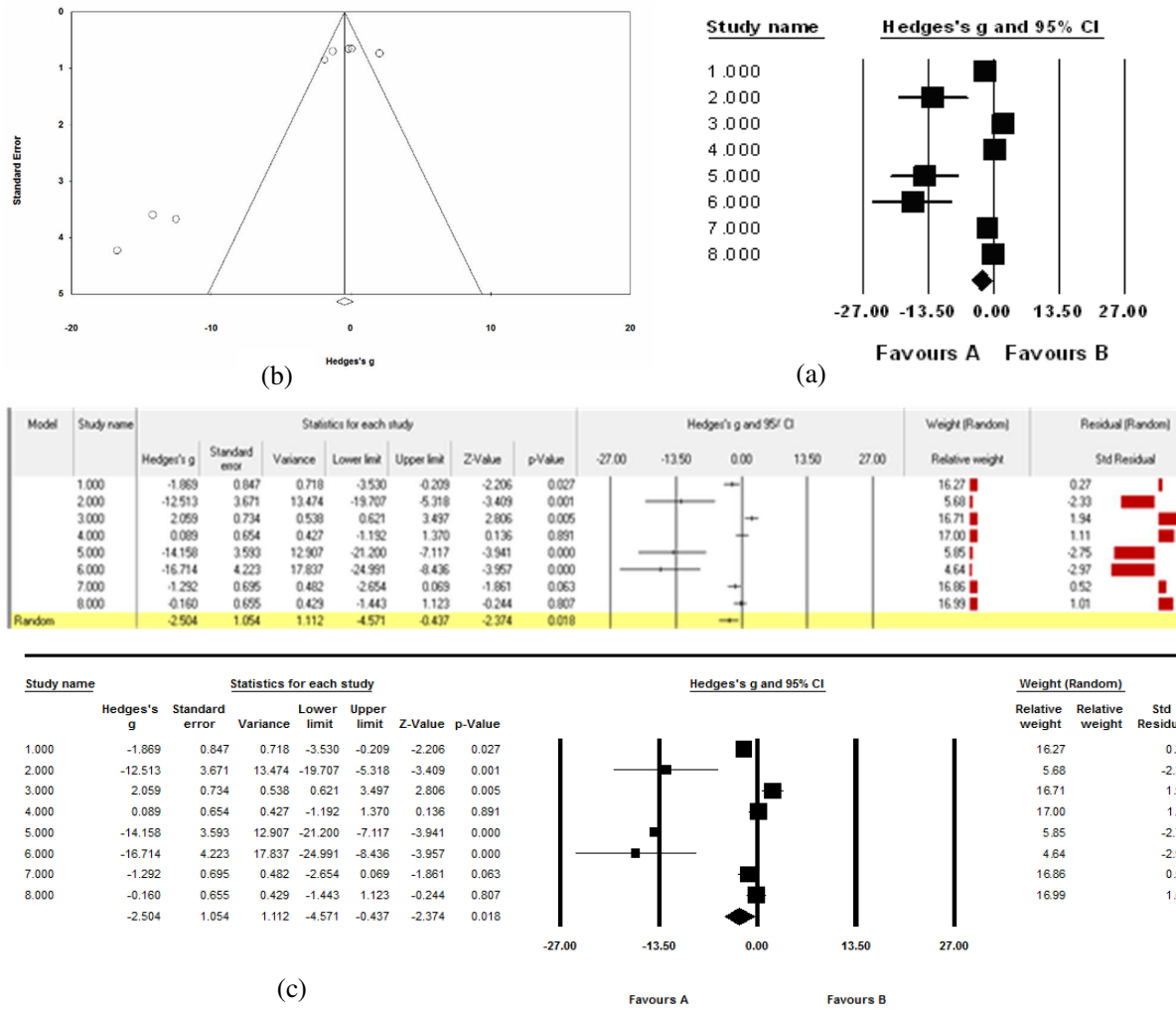
شکل تکمیلی ۱۴- نمودار انباشت، اندازه اثر هجز، خطای استاندارد، وزن و آماره های هر مطالعه برای مقدار کلروفیل b در شرایط تنش ملایم شوری

Supplementary Figure S14. Accumulation diagram, Hedges effect size, standard error, weight and statistics of each study for Chlorophyll b under mild salinity stress conditions



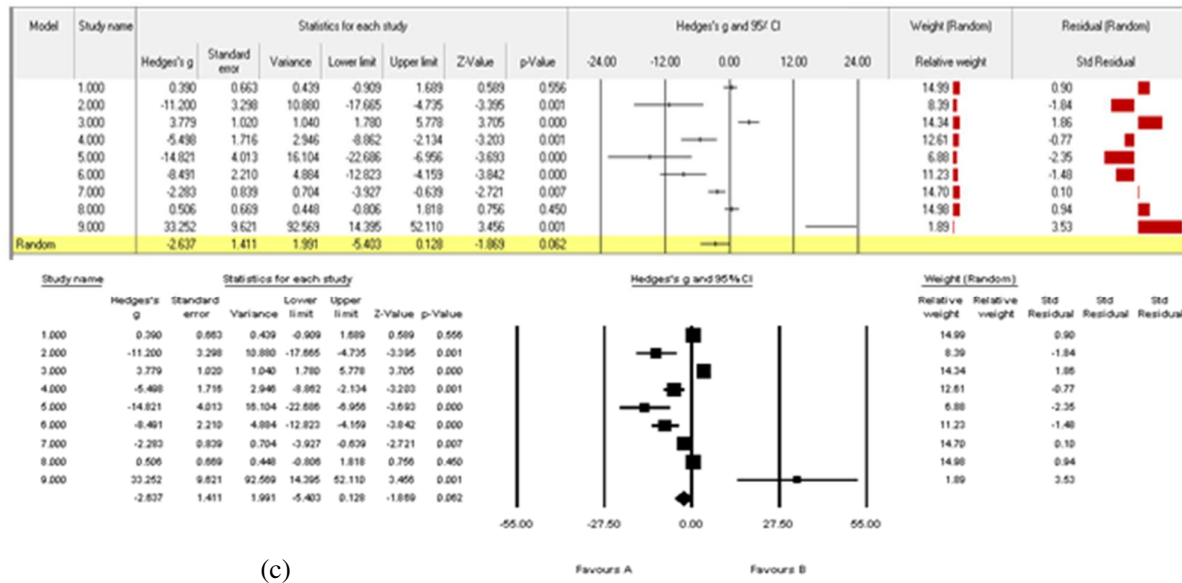
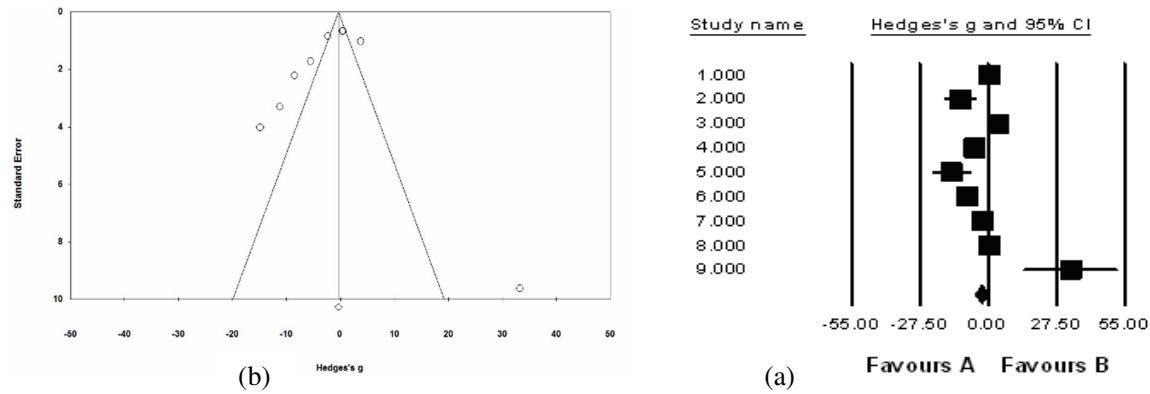
شکل تکمیلی ۱۵ - نمودار انباشت (a)، نمودار کیفی (b)، اندازه اثر هجز (c)، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای مقدار کارنوئید در شرایط تنش شدید شوری

Supplementary Figure S15. Accumulation plot (a), funnel plot (b), Hedges effect size (c), standard error, weight and statistics of each study for carotenoid under severe salinity stress conditions



شکل تکمیلی ۱۶- نمودار انباشت (a)، نمودار کیفی (b)، اندازه اثر هجز (c)، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای مقدار کلروفیل a در شرایط تنش شدید شوری

Supplementary Figure S16. Accumulation plot (a), funnel plot (b), Hedges effect size (c), standard error, weight and statistics of each study for chlorophyll a under severe salinity stress conditions



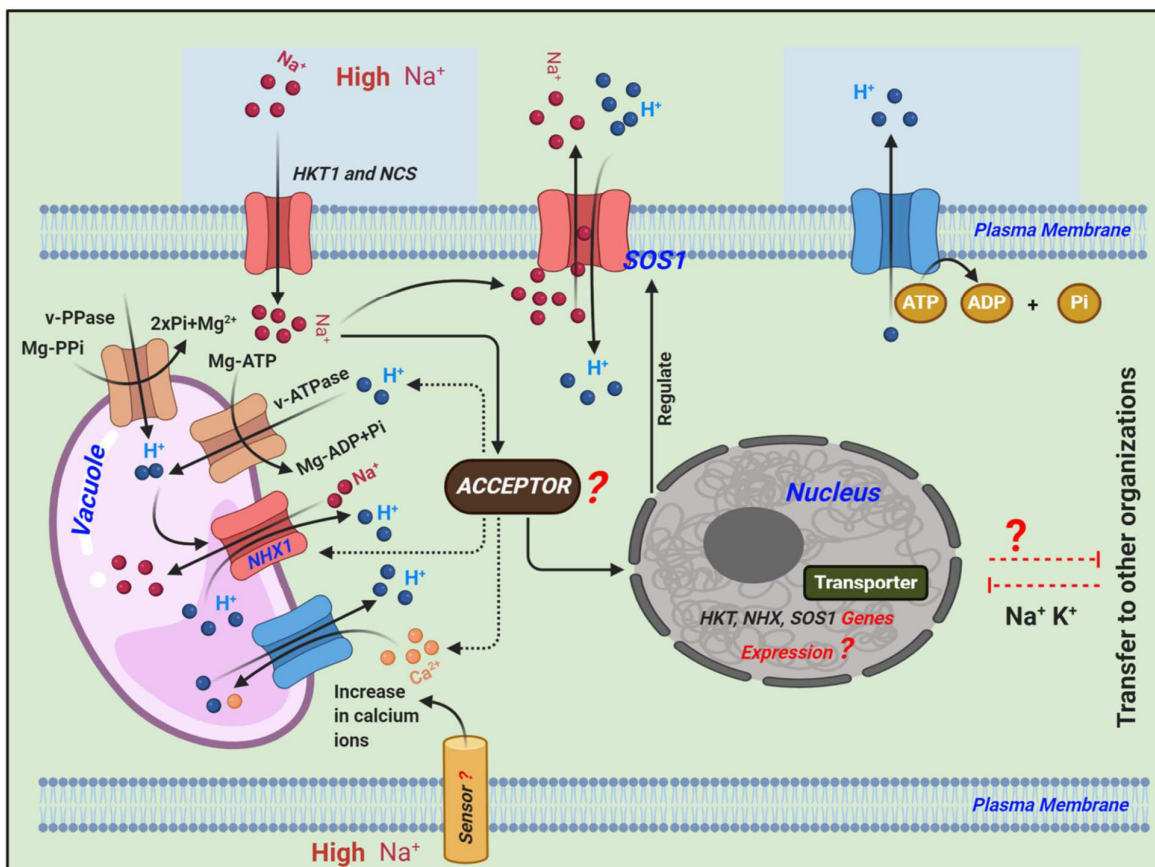
شکل تکمیلی ۱۷- نمودار انباشت (a)، نمودار کیفی (b)، اندازه اثر همز (c)، خطای استاندارد، وزن و آماره‌های هر مطالعه برای مقدار کلروفیل b در شرایط تنش شدید شوری

Supplementary Figure S17. Accumulation plot (a), funnel plot (b), Hedges effect size (c), standard error, weight and statistics of each study for chlorophyll b under severe salinity stress conditions

ضمیمه ۲- برخی از مکانیزم‌های مقابله با شوری در گیاهان و روش‌های به‌نژادی برای مقابله با تنش شوری

ویژگی‌های مهم قابل توجه نظیر جوانه‌زنی سریع، بنیه اولیه قوی گیاهچه، دفع نمک، نسبت یون‌های Na^+ و K^+ از معیارهای پایه‌ای در گیاهان متحمل به تنش شوری هستند و با این معیارها به‌نژادگر ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری را در مراحل مختلف رشدی می‌تواند غربال‌گری و شناسایی کند (Gregorio *et al.*, 1997). افزون بر این، گیاهان استراتژی‌هایی دیگری را نیز برای مقابله با تنش شوری، مانند هم‌ایستایی یونی، مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی و سازگاری‌های مورفولوژیکی ایجاد کرده‌اند. متابولیت‌های گیاهی همچون قند-الکل‌ها، قندها و اسیدهای آمینه، به‌عنوان اسمولیت (ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم که بر خواص سیالات بیولوژیکی اثر می‌گذارند) و اسموپروتکتانت (Osmoprotectant، مولکول‌های کوچکی با وزن مولکولی پایین و از نظر الکتریکی خنثی، بسیار محلول و در غلظت‌های بالا غیرسمی که به موجودات برای محافظت در برابر تنش اسمزی شدید کمک می‌کنند) در برابر تنش شوری از گیاه محافظت می‌کنند. پرولین، به‌عنوان یک اسمولیت درون‌زا (Endogenous)، اسمولیت غالبی است که در پاسخ به تنش شوری تجمع می‌یابد و فرایبان (Overexpression) آن در برنج برای افزایش تحمل به شوری گیاه مشاهده شده است. پرولین به صورت برون‌زا (Exogenous) نیز با کاهش اثرات مخرب شوری، تحمل به شوری را در گیاه بهبود می‌بخشد. پرولین خارجی پتانسیل آب و محتوای برگ را بهبود می‌بخشد و کارایی مصرف آب را بازیابی می‌کند. پرولین برون‌زا همچنین با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تحمل به شوری را در گیاه افزایش می‌دهد (Koc *et al.*, 2024). جایگزینی کارآمد یون‌ها در جریان عبور از غشاها، علامت مشخصه گیاهان مقاوم به تنش شوری است. هم‌ایستایی یا تعادل حیاتی (Homeostasis) یون‌های Na^+/K^+ برای تحمل به شوری در گیاهان بسیار مهم است. در هم‌ایستایی Na^+/K^+ ، ژن‌های ۹ ترابریگر K^+ با میل ترکیبی بالای (High-affinity K^+ transporter, HKT) کدکننده هم‌بر (سمپورتر) Na^+-K^+ symporter، پنج پادبَر یا ضدانتقال Na^+/H^+ (Antiporter) OsNHX و یک پادبَر Na^+/K^+ OsSOS1 شناسایی شده‌اند (Farooq *et al.*, 2021). توضیح اینکه پادبَر، نوعی پروتئین ناقل غشایی است که دو ماده را به‌طور هم‌زمان و در جهت مخالف با همدیگر از غشا عبور می‌دهد؛ در حالی که، هم‌بر، نوعی پروتئین ناقل غشایی است که دو ماده را به‌طور هم‌زمان و هم‌جهت با یکدیگر از غشا عبور می‌دهد. تحمل گیاهان به شوری ممکن است به ترابریگرهای HKT بستگی داشته باشد، که نقش مهمی در تنظیم هموستاز Na^+ دارند، زیرا آنها واسطه انتقال اختصاصی Na^+-K^+ هستند (Garcia-deblás *et al.*, 2003). در سرتاسر غشای پلاسمایی، آنتی‌پورترهای Na^+/H^+ ، تبادل بین Na^+ و H^+ را کاتالیز می‌کنند که pH داخلی، حجم سلول و سطوح سدیم را در سیتوپلاسم تنظیم می‌کند. فعالیت این آنتی‌پورترها، با افزایش تحمل به شوری همراه است (شکل ۱۸). حفظ غلظت یون درون سلولی برای هم‌ایستایی یونی ضروری است؛ تحت تنش شوری، Na^+ می‌تواند از طریق چندین مسیر وارد سلول‌های گیاهی شود و ممکن است در غلظت‌های بالا برای آنزیم‌های سیتوزولی مضر باشد. بنابراین، ضروری است که سلول‌های گیاهی غلظت‌های به‌ترتیب بالا و پایین K^+ و Na^+ را در سیتوزول حفظ کنند و Na^+ بیش از اندازه را به بیرون آزاد کنند یا آن را در واکوئل‌ها جمع‌آوری کنند (Taiz and Zeiger, 2002).

حساسیت یا تحمل گیاه برنج به شوری بالا یک عمل هماهنگ از چندین ژن پاسخگو به تنش است که با سایر اجزای مسیرهای انتقال سیگنال تنش (Signal transduction pathways) نیز در تعامل می‌باشد. وارسته‌های مقاوم به شوری را می‌توان با انتخاب به کمک نشانگر یا مهندسی ژنتیک با معرفی ژن‌های تحمل به شوری ایجاد کرد. در این راستا به ادغام



شکل ۱۸- نمایش شماتیک مکانیسم‌های تنظیمی انتقال Na⁺ در گیاهان تحت تنش شوری (Zhang *et al.*, 2018). مسیرهای سیگنالینگ مختلف، بیان ژن‌های مرتبط با هم‌ایستایی یونی را تنظیم می‌کنند: ترابرگرهای K⁺ با میل ترکیبی بالا (HKT)، نقش کلیدی در حفظ هم‌ایستایی Na⁺ و واسطه‌ای انتقال اختصاصی Na⁺ یا انتقال Na⁺-K⁺ دارد. آنتی‌پورتر Na⁺/H⁺ بیش از حد حساس به شوری (Salt overly sensitive 1, SOS1) غشای پلاسمایی، یون Na⁺ داخل سلولی را به فضای خارج سلولی صادر می‌کند. تبادل‌گرهای سدیم/پروتون (Sodium/proton exchangers, NHX1) در تونوپلاست می‌توانند Na⁺ را با پروتون‌ها مبادله کنند و با خارج کردن یون‌ها از سیتوزول به داخل واکوئل یا فضای خارج سلولی، سمیت سلولی را به حداقل برسانند. در حین متعادل کردن Na⁺ در سیتوپلاسم، هر دو آنتی‌پورتر Na⁺/H⁺، یعنی SOS1 و NHX1، یون H⁺ را در فضای خارج سلولی و واکوئل با سیتوپلاسم مبادله می‌کنند و H⁺ اضافی در سیتوپلاسم از طریق مصرف انرژی به فضای خارج سلولی منتقل می‌شود (ATP به ADP + Pi تبدیل می‌شود).

Supplementary Figure S18. Schematic view of regulatory mechanisms of Na⁺ transport in plants under salinity stress (Zhang *et al.*, 2018). Different signaling pathways regulate the expression of ion homeostasis-related genes: high-affinity K⁺ transporter (HKT1) plays a key role in maintaining Na⁺ homeostasis and mediating Na⁺-specific transport or Na⁺-K⁺ transport. Salt overly sensitive 1 (SOS1) plasma membrane Na⁺/H⁺ antiporter exports intracellular Na⁺ to the extracellular space, which thereby minimizes cytotoxicity. While balancing the Na⁺ in the cytoplasm, both of these Na⁺/H⁺ antiporters, i.e., SOS1 and NHX1, convert H⁺ in the extracellular and vacuolar spaces to the cytoplasm, and excess H⁺ in the cytoplasm is transported to the extracellular space via the consumption of energy (ATP is converted to ADP + Pi).

با این حال، نسبت موفقیت به دلیل ماهیت پیچیده مقاومت به شوری و هزینه بالای توسعه ارقام مقاوم محدود است. پایه ژنتیکی باریک برنج، موفقیت روش‌های به‌نژادی مرسوم را محدود کرده است. از طرفی دیگر، اقدامات اصلاحی مداوم، منجر به کاهش شدید تنوع ژنتیکی برنج شده است که نگرانی بزرگی برای امنیت غذایی جهانی است (Rasheed *et al.*, 2022). از این رو، راه‌اندازی ابزارهای مولکولی برای غربال‌گری ژرم‌پلاسم جدید برنج برای ژن‌های متحمل به شوری بسیار مهم است. در این

راستا، از جدیدترین تکنیک‌های مولکولی مانند نقشه‌برداری مکان‌های صفت کمی (Quantitative Trait Loci, QTL)، مهندسی ژنتیک (Genetic Engineering, GE)، آنالیز فاکتورهای رونویسی (Transcription Factors, TFs) و تکرارهای کوتاه پالیندرمیک خوشه‌ای (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, CRISPR) برای تحمل به شوری در برنج بهره گرفته شده است که به برخی از نتایج آن‌ها اشاره می‌شود (Sharifi, 2019). استفاده گسترده از این رویکردهای ژنتیکی قوی، منجر به شناسایی و ویرایش چندین ژن/الل شده است و QTL/ژن‌های مسئول مکانیسم‌های ژنتیکی تحمل به شوری در برنج تا اندازه‌ای روشن شده‌اند. بنابراین با توجه به پایه ژنتیکی باریک برنج، ابزارهای به‌نژادی مولکولی، با کاوش ژرم‌پلاسما وحشی برای ژن‌های مورد نظر، یکی از بهترین راه‌ها برای حفظ تنوع ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی تحمل به شوری هستند. این اطلاعات به خوبی سازماندهی شده، به محققان آینده در درک بهبود ژنتیکی تحمل به شوری در برنج کمک خواهند کرد (Rasheed et al., 2022).

انتخاب به‌کمک مارکر برای شناسایی QTL‌ها در خزانه ژنتیکی گسترده برنج به‌کار گرفته شده است که به اینتروگرسیون QTL‌ها در وارته‌ها کمک می‌کند. یک QTL بزرگ شگفت‌انگیز با نام Saltol روی کروموزوم شماره ۱، در جمعیت حاصل از آمیزش وارته‌های حساس به شوری IR29 و مقاوم به شوری Pokkali شناسایی شده است که حدود ۷۰ درصد از تنوع فنوتیپی را کنترل می‌کند. این QTL، در تنظیم جذب سدیم و پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای مؤثر است و از نسل F8 آمیزش Pokkali×IR29 با نشانگرهای SSR و SSLP شناسایی شده است (Bonilla et al., 2002). این QTL بزرگ اثر کروموزوم شماره ۱، در هنگام در معرض شوری قرار گرفتن گیاهان بالغ و گیاهچه‌ها، پروتئینی با ۱۴۰ اسید آمینه را کد می‌کند که این پروتئین به‌سرعت در ساقه‌ها و ریشه‌های این گیاهان انباشته و سبب تحمل به شوری می‌شود (Gregorio et al., 2002). در پژوهش‌های دیگر، دو QTL برای نسبت Na^+/K^+ در کروموزوم‌های ۳ و ۶ (Sabouri et al., 2009) و ۱۱ QTL روی کروموزوم‌های ۱، ۴، ۶ و ۹ برای صفات مرتبط با تحمل به شوری شناسایی شدند (Koyama et al., 2001).

مطالعات ارتباطی گستره ژنوم (Genomic-Wide Association Study, GWAS)، ۱۱ جایگاه ژنی را برای تحمل به شوری در گونه *O. glaberrima* شناسایی کرده‌اند که یکی از آن‌ها به‌نام HAK5، با یک ژن ترابری پتاسیم مرتبط با تحمل به شوری در برنج همپوشانی دارد (Yang et al., 2014) که در *O. glaberrima* به‌محض روی دادن تنش شوری، القا می‌شود. با استفاده از روش‌های توالی‌یابی mRNA (از روش‌های ترانسکریپتومیکس) برنج تحت شرایط تنش شوری، ۲۱۳ ژن تغییر بیان یافته در ساقه و ۴۱۹ ژن تغییر بیان یافته در ریشه شناسایی شدند (Rabbani, et al., 2003). در پژوهشی، پاسخ‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی دو ژنوتیپ برنج حساس (IR29) و متحمل (FL478) به شوری، در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl بررسی شد و پس از ۱۲ روز از تیمار تنش شوری، با روش‌های متابولومیکس دیده شد که یون سدیم در رقم حساس و یون پتاسیم در رقم متحمل افزایش یافت و همچنین گیاهان رقم حساس، بیشترین سطح تغییرات را در اسیدهای آمینه گلوتامین، پرولین و گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA) نشان دادند که بیانگر خسارت و پیری سلول‌ها در گیاه حساس بود. مقدار قندها و قند-الکل‌ها به‌عنوان مواد محافظتی در سلول، تحت شرایط تنش در رقم متحمل FL478 افزایش بیشتری داشت. بنابراین تفاوت‌های مشاهده شده در بین ژنوتیپ‌ها در پاسخ به تنش شوری تا حد زیادی می‌تواند به تفاوت‌های مشاهده شده در سطح متابولیت‌ها نسبت داده شود (Hashemi et al., 2012). فناوری‌های مولکولی جدید نظیر روش تراریختگی نیز برای معرفی ارقام مقاوم به شوری استفاده شده‌اند. برای نمونه یک برنج تراریخته مقاوم به شوری با استفاده از فرایان ژن OsIF (*Oryza sativa* intermediate filament) از برنج وحشی *Porteresia coarctata* (بومی هند، بنگلادش، سری‌لانکا و میانمار)، معرفی شده است (Soda et al., 2018). ژن رمزکننده فاکتور رونویسی NAC برنج به‌نام *OsNAC041* که نقش مهمی در تعدادی از مسیرهای متابولیک زیستی گیاهی دارد، کشف شده است که بر جوانه‌زنی بذرهای تحت تنش شوری و تحمل به شوری مؤثر است. از فناوری CRISPR/Cas9 برای به‌دست آوردن یک موتانت *osnac041* هدفمند استفاده شد که در آن ارتفاع گیاه بیش‌تر از نوع وحشی بود و افزایش حساسیت به شوری را نشان می‌داد. علاوه بر این، نقش این ژن در فتوسنتز و هورمون‌های گیاهی نشان داد که در مسیرهای سیگنالینگ مرتبط با تنش شوری نقش دارد. این یافته‌ها بینش جدیدی از کاربرد بالقوه این ژن در اصلاح مقاومت به شوری را در برنج ارائه می‌دهد (Wang et al., 2019).

Other References

- Bonilla, P., Dvorak, J., & Mackill, D. (2002). RFLP and SSLP mapping of salinity tolerance genes in chromosome 1 of rice (*Oryza sativa* L.) using recombinant inbred lines. *Philippine Journal of Agricultural Science*, 85, 68-76p.
- Farooq, M., Park, J. R., Jang, Y. H., Kim, E. G., & Kim, K. M. (2021). Rice cultivars under salt stress show differential expression of genes related to the regulation of Na⁺/K⁺ balance. *Frontiers in Plant Science*, 12, 680131. doi: [10.3389/fpls.2021.680131](https://doi.org/10.3389/fpls.2021.680131).
- Garciadeblás, B., Senn, M. E., Bañuelos, M. A., & Rodríguez-Navarro, A. (2003). Sodium transport and HKT transporters: the rice model. *Plant Journal*, 34, 788-801. doi: [10.1046/j.1365-313X.2003.01764.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2003.01764.x).
- Gregorio, G. B., Senadhira, D., Mendoza, R. D., Manigbas, N. L., Roxas, J. P., & Guerta, C. Q. (2002). Progress in breeding for salinity tolerance and associated abiotic stresses in rice. *Field Crops Research*, 79, 91-101. doi: [10.1016/S0378-4290\(02\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00031-X).
- Gregorio, G. B., Senadhira, D., & Mendoza, R. D. (1997). Screening rice for salinity tolerance. IRRI discussion paper series No. 22. International Rice Research Institute, Los Baños. Laguna, Philippines.
- Hashemi, A., Nematzadeh, G., Hosseini Salekde, G., Hosseini, A., & Hajirezaei, M. (2012). Physiological and metabolic responses in rice under salt stress. *Crop Biotechnology*, 2(2), 1-14. doi: [20.1001.1.22520783.1391.2.2.1.3](https://doi.org/20.1001.1.22520783.1391.2.2.1.3).
- Koc, Y. E., Aycan, M., & Mitsui, T. (2024). Self-defense mechanism in rice to salinity: Proline. *Scientific Journal*, 7, 103-115. doi: [10.3390/j7010006](https://doi.org/10.3390/j7010006).
- Koyama, M. L., Levesley, A., Koebner, R. M. D., Flowers, T. J., & Yeo, A. R. (2001). Quantitative trait loci for component physiological traits determining salt tolerance in rice. *Plant Physiology*, 125, 406-422. doi: [10.1104/pp.125.1.406](https://doi.org/10.1104/pp.125.1.406).
- Rabbani, M. A., Maruyama, K., Abe, H., Khan, M. A., Katsura, K., Ito, Y., Yoshiwara, K., Seki, M., Shinozaki, K., & Yamaguchi-Shinozaki, K. (2003). Monitoring expression profiles of rice genes under cold, drought, and high-salinity stresses and abscisic acid application using cDNA microarray and RNA gel-blot analyses. *Plant Physiology*, 133, 1755-1767. doi: [10.1104/pp.103.025742](https://doi.org/10.1104/pp.103.025742).
- Rasheed, A., Li, H., Nawaz, M., Mahmood, A., Hassan, M. U., Shah, A. N., Hussain, F., Azmat, S., Gillani, S. F. A., Majeed, Y., Qari, S. H., & Wu, Z. (2022). Molecular tools, potential frontiers for enhancing salinity tolerance in rice: A critical review and future prospective. *Frontiers in Plant Science*, 13, 966749. doi: [10.3389/fpls.2022.966749](https://doi.org/10.3389/fpls.2022.966749).
- Sabouri, H., Rezai, A. M., Moumeni, A., Kavousi, A., Katozi, M., & Sabouri, A. (2009). QTLs mapping of physiological traits related to salt tolerance in young rice seedlings. *Biologia Plantarum*, 53(4), 657-662. doi: [10.1007/s10535-009-0119-7](https://doi.org/10.1007/s10535-009-0119-7).
- Sharifi, P. (2019). Evolution, domestication, breeding methods and the latest breeding findings in rice. Publications of Agricultural & Natural Resources Engineering Organization of Iran. 274 p.
- Soda, N., Gupta, B. K., Anwar, K., Sharan, A., Singla-Pareek, S. L., & Pareek, A. (2018). Rice intermediate filament, OsIF, stabilizes photosynthetic machinery and yield under salinity and heat stress. *Scientific Reports*, 8, 4072. doi: [10.1038/s41598-018-22131-0](https://doi.org/10.1038/s41598-018-22131-0).
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc., Publishers. pp. 3-484.
- Wang, Y., Wang, L., Zhou, J., Hu, S., Chen, H., Xiang, J., Zhang, Y., Zeng, Y., Shi, Q., Zhu, D., & Zhang, Y. (2019). Research progress on heat stress of rice at flowering stage. *Rice Science*, 26(1), 1-10. doi: [10.1016/j.rsci.2018.06.009](https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.06.009).
- Yang, T., Zhang, S., Hu, Y., & Wu, F. (2014). The role of a potassium transporter OsHAK5 in potassium acquisition and transport from roots to shoots in rice at low potassium supply levels. *Plant Physiology*, 166, 945-959. doi: [10.1104/pp.114.246520](https://doi.org/10.1104/pp.114.246520).
- Zhang, Y., Fang, J., Wu, X., & Dong, L. (2018). Na⁺/K⁺ balance and transport regulatory mechanisms in weedy and cultivated rice (*Oryza sativa* L.) under salt stress. *BMC Plant Biology*, 18, 1-14. doi: [10.1186/s12870-018-1586-9](https://doi.org/10.1186/s12870-018-1586-9).