

INFLUENCIA DEL POTENCIAL OSMÓTICO SOBRE LA GERMINACIÓN

Desde el punto de vista ecológico y fisiológico, la semilla representa el estado más resistente a la deshidratación en el ciclo de vida de una planta. Básicamente, la semilla es una estructura de reproducción, tanto para plantas anuales como perennes, que está formada por un embrión y tejido de reserva, ambos rodeados por una cubierta seminal y estructuras que le permiten desplazarse a sitios lejanos a la planta madre, evitando así su depredación.

Uno de los primeros eventos asociados a la germinación es la imbibición, el cual es un evento de carácter físico, consistente en la incorporación de agua a la semilla como resultado de la diferencia de potencial hídrico entre ésta y su entorno. Debido a su naturaleza coloidal, la semilla seca tiene un gran poder de absorción de agua y de ahí que el contenido de humedad aumenta rápidamente, ablandando la cubierta de la semilla e hidratando el protoplasma.

Posteriormente, ocurren dos fases más, con periodos intercalados de reposo, para lo cual es necesario que la semilla sea viable, de tal forma que sea capaz de mantener su diferencia de potencial hídrico mediante la reactivación del metabolismo celular.

La disponibilidad de agua para la semilla puede ser limitante en condiciones de alta concentración de sales o escasa precipitación, donde el potencial osmótico y el potencial de matriz son los componentes determinantes del potencial hídrico en el suelo.

Potencial de Matriz: Propiedad expresada en términos de potencial hídrico que registra el grado de retención del agua cuando interactúa con materiales no solubles, como las partículas del suelo o paredes celulares, con capacidad de adsorción de agua y/o hidratación.

Potencial Osmótico: Tanto en ambientes con un exceso de sales solubles como en condiciones de bajo contenido de agua en el suelo (el potencial hídrico del suelo disminuye), la germinación puede ser inhibida debido a la disminución de la absorción de agua por la semilla, lo cual en última instancia, provocará una disminución de la población de plantas.

Existen especies que pueden tolerar la falta de agua, el exceso de sales o ambas, por lo que la respuesta de las semillas o las plántulas a las diferentes condiciones hídricas del suelo, variará de acuerdo al grado de tolerancia específico de cada especie de planta.

Dentro de los solutos susceptibles de utilizar para evaluar el efecto de la modificación del potencial osmótico sobre la germinación se tienen aquellos cuya característica es: a) que penetran la membrana celular (como el cloruro de sodio) o b) que no penetren la membrana celular (como la sacarosa); los cuales presentan efectos diferentes, dependiendo del mecanismo de acción. En este caso el cloruro de sodio puede interferir el metabolismo respiratorio y la sacarosa dificulta el movimiento de agua hacia las células.

Objetivo:

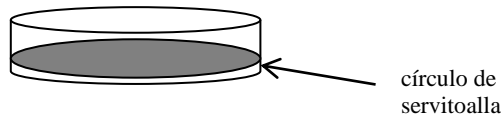
Demostrar el efecto de diferentes concentraciones de sacarosa y cloruro de sodio en la germinación de las semillas de trigo (*Triticum vulgare*) y lenteja (*Lens culinaris*).

Material por equipo:

Traer: 20 cajas de Petri (no estériles), 5 servitoallas, 2.0 m lineal de papel aluminio, tijeras. Proporcionado por el área: dos pipetas de 5 mL, frascos con soluciones y las semillas de trigo y lenteja necesarias.

Método:

1. Recortar círculos de servitoalla al tamaño de la parte inferior de las cajas de Petri y colocarlos (dos por cada caja). Agregar 5 ml de cada una de las soluciones indicadas.

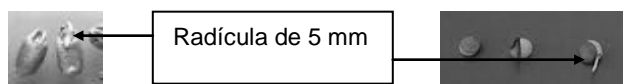


	TESTIGO	T R A T A M I E N T O S				
Sacarosa [molal]	0.0	0.1	0.2	0.4	0.8	
NaCl [molal]	0.0	0.1	0.2	0.4	0.8	

2. Una vez listas todas las cajas Petri con los tratamientos indicados, coloque 20 semillas de trigo por caja, con el hilio orientado hacia la superficie del papel. Coloque las 20 semillas de lenteja en las cajas de Petri correspondientes, siendo indistinto en éste caso, la superficie que estará en contacto con la servitoalla.

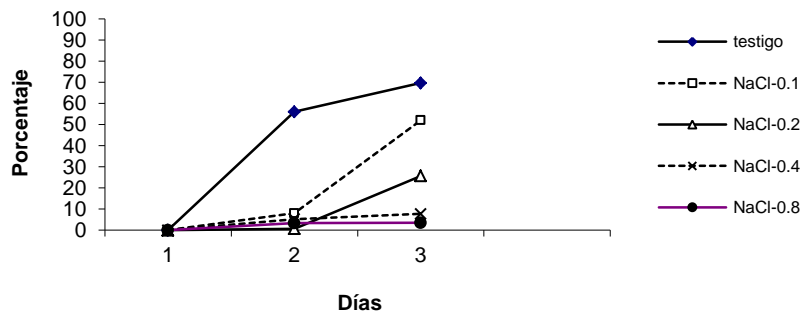


3. Una vez acomodadas las semillas, etiquete las cajas Petri. Deberán ser cuatro tratamientos con NaCl, cuatro tratamientos con sacarosa y el testigo para lenteja y cuatro tratamientos con NaCl, cuatro tratamientos con sacarosa y el testigo para trigo.
4. Envuelva las cajas correspondientes a cada tipo de solución (sacarosa y cloruro de sodio) y semillas (trigo y lenteja), con el papel aluminio y anote, en cada uno de ellos, los datos de su equipo y grupo. Coloque los paquetes de cajas de Petri en obscuridad y a temperatura ambiente (20 °C).
5. Durante 3 días consecutivos, revise las cajas de Petri cada 24 horas, anotando el número de semillas germinadas, considerándose germinadas cuando la radícula tenga una longitud de 5.0 mm. Registre los datos en los formatos correspondientes.
6. Al terminar el experimento, deseche las semillas y plántulas y lave las cajas de Petri para su reutilización.

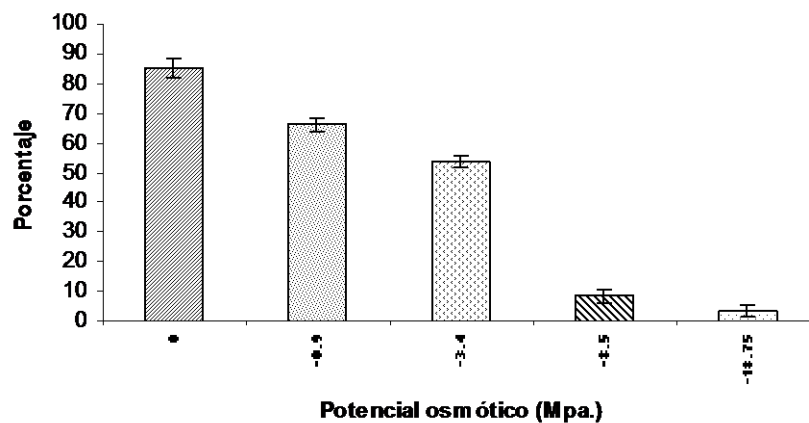


Resultados:

1. A partir de la ecuación de Van't Hoff ($\Psi_{\pi} = -miRT$), convierta la molaridad de las soluciones utilizadas en Megapascales.
2. Calcule los valores del porcentaje de germinación para cada día y para cada tratamiento de todos los resultados de las repeticiones (resultados de todos los equipos).
3. Calcule los valores promedio del porcentaje de germinación para cada día y cada tratamiento. Y utilizando los valores de potencial osmótico calculados en Megapascales, elabore una gráfica para cada tipo de semilla (trigo y lenteja), tanto con sacarosa como con cloruro de sodio, en donde se observe el porcentaje de germinación por día y para cada tratamiento realizado, como se muestra en la siguiente figura.



4. Calcule el Índice de Velocidad de Germinación (IVG) para cada tratamiento, de acuerdo a la fórmula propuesta por Maguire (1962), calculado como $M = \sum(n_i/t)$, donde n_i : es el número de semillas germinadas en el i -ésimo día y t : tiempo transcurrido (en días) desde la siembra.
5. Con los datos porcentuales de germinación correspondientes al **día 2**, deberán hacer la gráfica correspondiente (como se muestra en la figura).



6. Hacer la transformación de los datos a arcoseno para su análisis estadístico; para ello, se deberán seguir los siguientes pasos:
 - a) Pasar cada valor en porcentaje a fracción decimal
 - b) Obtener la raíz cuadrada de cada valor decimal.
 - c) Al valor resultante de la raíz cuadrada, aplicarle el inverso del seno, que es el equivalente al seno^{-1} .
 - d) O, en lugar de lo anterior, utilice las tablas (ver apéndice 1) donde se indica el porcentaje y la transformación a arco seno correspondiente.
7. Una vez realizado lo anterior, aplique un análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$). De resultar diferencias, aplique la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar aquellos tratamientos en los que existe una diferencia mínima significativa.

Cuestionario:

1. ¿Qué factores restringen la entrada de agua a la semilla?
2. ¿Cómo afecta el shock salino a nivel metabólico?
3. ¿Cómo afecta el potencial osmótico a la velocidad de germinación?
3. ¿Cómo influye la disociación de los compuestos en el potencial hídrico u osmótico de una solución? Refiéralo al caso del cloruro de sodio utilizado en esta práctica.

Bibliografía:

Arriaga Frías, A.; De la Cruz Guzmán, G. y Ortiz Montiel, J. G. 2009. Relaciones Hídricas en las Plantas. U.N.A.M., F.E.S.I., México.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination. Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2:176–177.

Formato para la captura de resultados. Anotar el número de semillas germinadas.

Día	Sp	Repet	NaCl					Sacarosa					
			0	0.1	0.2	0.4	0.8	0	0.1	0.2	0.4	0.8	
1		1											
		2											
		3											
		4											
		5											
		Prom.											
Día	Sp	Repet											
1		1											
		2											
		3											
		4											
		5											
		Prom.											
Día	Sp	Repet											
2		1											
		2											
		3											
		4											
		5											
		Prom.											
Día	Sp	Repet											
2		1											
		2											
		3											
		4											
		5											
		Prom.											
Día	Sp	Repet											
3		1											
		2											
		3											
		4											
		5											
		Prom.											
día	Sp	Repet											
3		1											
		2											
		3											
		4											
		5											
		Prom.											

Tabla A-6. Transformaciones al arco seno $\sqrt{\text{porcentaje}}$

Los signos + o - que aparecen junto a los valores terminados en 5 sirven de guía para redondear a un decimal:
+ sube, - baja.

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0	0.57	0.81	0.99	1.15-	1.28	1.40	1.52	1.62	1.72
0.1	1.81	1.90	1.99	2.07	2.14	2.22	2.29	2.36	2.43	2.50
0.2	2.56	2.63	2.69	2.75-	2.81	2.87	2.92	2.98	3.03	3.09
0.3	3.14	3.19	3.24	3.29	3.34	3.39	3.44	3.49	3.53	3.58
0.4	3.63	3.67	3.72	3.76	3.80	3.85-	3.89	3.93	3.97	4.01
0.5	4.05+	4.09	4.13	4.17	4.21	4.25+	4.29	4.33	4.37	4.40
0.6	4.44	4.48	4.52	4.55+	4.59	4.62	4.66	4.69	4.73	4.76
0.7	4.80	4.83	4.87	4.90	4.93	4.97	5.00	5.03	5.07	5.10
0.8	5.13	5.16	5.20	5.23	5.26	5.29	5.32	5.35+	5.38	5.41
0.9	5.44	5.47	5.50	5.53	5.56	5.59	5.62	5.65+	5.68	5.71
1	5.74	6.02	6.29	6.55-	6.80	7.04	7.27	7.49	7.71	7.92
2	8.13	8.33	8.53	8.72	8.91	9.10	9.28	9.46	9.63	9.81
3	9.98	10.14	10.31	10.47	10.63	10.78	10.94	11.09	11.24	11.39
4	11.54	11.68	11.83	11.97	12.11	12.25-	12.39	12.52	12.66	12.79
5	12.92	13.05+	13.18	13.31	13.44	13.56	13.69	13.81	13.94	14.06
6	14.18	14.30	14.42	14.54	14.65+	14.77	14.89	15.00	15.12	15.23
7	15.34	15.45+	15.56	15.68	15.79	15.89	16.00	16.11	16.22	16.32
8	16.43	16.54	16.64	16.74	16.85-	16.95+	17.05+	17.16	17.26	17.36
9	17.46	17.56	17.66	17.76	17.85+	17.95+	18.05-	18.15-	18.24	18.34
10	18.44	18.53	18.63	18.72	18.81	18.91	19.00	19.09	19.19	19.28
11	19.37	19.46	19.55+	19.64	19.73	19.82	19.91	20.00	20.09	20.18
12	20.27	20.36	20.44	20.53	20.62	20.70	20.79	20.88	20.96	21.05-
13	21.13	21.22	21.30	21.39	21.47	21.56	21.64	21.72	21.81	21.89
14	21.97	22.06	22.14	22.22	22.30	22.38	22.46	22.55-	22.63	22.71
15	22.79	22.87	22.95-	23.03	23.11	23.19	23.26	23.34	23.42	23.50

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	23.58	23.66	23.73	23.81	23.89	23.97	24.04	24.12	24.20	24.27
17	24.35+	24.43	24.50	24.58	24.65+	24.73	24.80	24.88	24.95+	25.03
18	25.10	25.18	25.25+	25.33	25.40	25.48	25.55-	25.62	25.70	25.77
19	25.84	25.92	25.99	26.06	26.13	26.21	26.28	26.35-	26.42	26.49
20	26.56	26.64	26.71	26.78	26.85+	26.92	26.99	27.06	27.13	27.20
21	27.28	27.35-	27.42	27.49	27.56	27.63	27.69	27.76	27.83	27.90
22	27.97	28.04	28.11	28.18	28.25-	28.32	28.38	28.45+	28.52	28.59
23	28.66	28.73	28.79	28.86	28.93	29.00	29.06	29.13	29.20	29.27
24	29.33	29.40	29.47	29.53	29.60-	29.67	29.73	29.80	29.87	29.93
25	30.00	30.07	30.13	30.20	30.26	30.33	30.40	30.46	30.53	30.59
26	30.66	30.72	30.79	30.85+	30.92	30.98	31.05-	31.11	31.18	31.24
27	31.31	31.37	31.44	31.50	31.56	31.63	31.69	31.76	31.82	31.88
28	31.95-	32.01	32.08	32.14	32.20	32.27	32.33	32.39	32.46	32.52
29	32.58	32.65-	32.71	32.77	32.83	32.90	32.96	33.02	33.09	33.15-
30	33.21	33.27	33.34	33.40	33.46	33.52	33.58	33.65-	33.71	33.77
31	33.83	33.89	33.96	34.02	34.08	34.14	34.20	34.27	34.33	34.39
32	34.45-	34.51	34.57	34.63	34.70	34.76	34.82	34.88	34.94	35.00
33	35.06	35.12	35.18	35.24	35.30	35.37	35.43	35.49	35.55-	35.61
34	35.67	35.73	35.79	35.85-	35.91	35.97	36.03	36.09	36.15+	36.21
35	36.27	36.33	36.39	36.45+	36.51	36.57	36.63	36.69	36.75+	36.81
36	36.87	36.93	36.99	37.05-	37.11	37.17	37.23	37.29	37.35-	37.41
37	37.47	37.52	37.58	37.64	37.70	37.76	37.82	37.88	37.94	38.00
38	38.06	38.12	38.17	38.23	38.29	38.35+	38.41	38.47	38.53	38.59
39	38.65-	38.70	38.76	38.82	38.88	38.94	39.00	39.06	39.11	39.17
40	39.23	39.29	39.35-	39.41	39.47	39.52	39.58	39.64	39.70	39.76
41	39.82	39.87	39.93	39.99	40.05-	40.11	40.16	40.22	40.28	40.34
42	40.40	40.46	40.51	40.57	40.63	40.69	40.74	40.80	40.86	40.92
43	40.98	41.03	41.09	41.15-	41.21	41.27	41.32	41.38	41.44	41.50

Tabla A-6. (Continuación)

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	41.55+	41.61	41.67	41.73	41.78	41.84	41.90	41.96	42.02	42.07
45	42.13	42.19	42.25-	42.30	42.36	42.42	42.48	42.53	42.59	42.65-
46	42.71	42.76	42.82	42.88	42.94	42.99	43.05-	43.11	43.17	43.22
47	43.28	43.34	43.39	43.45+	43.51	43.57	43.62	43.68	43.74	43.80
48	43.85+	43.91	43.97	44.03	44.08	44.14	44.20	44.25+	44.31	44.37
49	44.43	44.48	44.54	44.60	44.66	44.71	44.77	44.83	44.89	44.94
50	45.00	45.06	45.11	45.17	45.23	45.29	45.34	45.40	45.46	45.52
51	45.57	45.63	45.69	45.75-	45.80	45.86	45.92	45.97	46.03	46.09
52	46.15-	46.20	46.26	46.32	46.38	46.43	46.49	46.55-	46.61	46.66
53	46.72	46.78	46.83	46.89	46.95+	47.01	47.06	47.12	47.18	47.24
54	47.29	47.35+	47.41	47.47	47.52	47.58	47.64	47.70	47.75+	47.81
55	47.87	47.93	47.98	48.04	48.10	48.16	48.22	48.27	48.33	48.39
56	48.45-	48.50	48.56	48.62	48.68	48.73	48.79	48.85+	48.91	48.97
57	49.02	49.08	49.14	49.20	49.26	49.31	49.37	49.43	49.49	49.54
58	49.60	49.66	49.72	49.78	49.84	49.89	49.95+	50.01	50.07	50.13
59	50.18	50.24	50.30	50.36	50.42	50.48	50.53	50.59	50.65+	50.71
60	50.77	50.83	50.89	50.94	51.00	51.06	51.12	51.18	51.24	51.30
61	51.35+	51.41	51.47	51.53	51.59	51.65-	51.71	51.77	51.83	51.88
62	51.94	52.00	52.06	52.12	52.18	52.24	52.30	52.36	52.42	52.48
63	52.53	52.59	52.65+	52.71	52.77	52.83	52.89	52.95+	53.01	53.07
64	53.13	53.19	53.25-	53.31	53.37	53.43	53.49	53.55-	53.61	53.67
65	53.73	53.79	53.85-	53.91	53.97	54.03	54.09	54.15+	54.21	54.27
66	54.33	54.39	54.45+	54.51	54.57	54.63	54.70	54.76	54.82	54.88
67	54.94	55.00	55.06	55.12	55.18	55.24	55.30	55.37	55.43	55.49
68	55.55+	55.61	55.67	55.73	55.80	55.86	55.92	55.98	56.04	56.11
69	56.17	56.23	56.29	56.35+	56.42	56.48	56.54	56.60	56.66	56.73
70	56.79	56.85+	56.91	56.98	57.04	57.10	57.17	57.23	57.29	57.35+

Tabla A-6. (Continuación)

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
99.0	84.26	84.29	84.32	84.35-	84.38	84.41	84.44	84.47	84.50	84.53
99.1	84.56	84.59	84.62	84.65-	84.68	84.71	84.74	84.77	84.80	84.84
99.2	84.87	84.90	84.93	84.97	85.00	85.03	85.07	85.10	85.13	85.17
99.3	85.20	85.24	85.27	85.31	85.34	85.38	85.41	85.45-	85.48	85.52
99.4	85.56	85.60	85.63	85.67	85.71	85.75-	85.79	85.83	85.87	85.91
99.5	85.95-	85.99	86.03	86.07	86.11	86.15-	86.20	86.24	86.28	86.33
99.6	86.37	86.42	86.47	86.51	86.56	86.61	86.66	86.71	86.76	86.81
99.7	86.86	86.91	86.97	87.02	87.08	87.13	87.19	87.25+	87.31	87.37
99.8	87.44	87.50	87.57	87.64	87.71	87.78	87.86	87.93	88.01	88.10
99.9	88.19	88.28	88.38	88.48	88.60	88.72	88.85+	89.01	89.19	89.43
100.0	90.00									

Fuente: Reyes C. P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. 2^{da} ed. Editorial Trillas. México.