УДК 556.53

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ ПРОБЫ РЕЧНОЙ ВОДЫ НА РОСТ КОРНЕЙ РАСТЕНИЙ

Евдокимова О.Ю., Мазуркин П.М.

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, e-mail: kaf_po@mail.ru

Показано влияние пробы речной воды при длительном ее хранении на рост и развитие растений. Статистическим моделированием выявлена общая биотехническая закономерность распределения длины корней редиса красного круглого от азимута посадки. Представлены модели по измеренным статистическим данным косвенного биотестирования при разной продолжительности хранения пробы речной воды.

Ключевые слова: проба воды; биотестирование; моделирование

THE IMPACT OF LONG-TIME STORED SAMPLES OF RIVER WARE ON PLANT ROOTS GROWTH

Evdokimova O.Y., Mazurkin P.M.

Mari state technical university, Yoshcar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru

Biotesting analysis of it is considered the effect of river water samples stored for a long time on plant growth and development is presented. The total biotechnical pattern of the correlation between the distribution of roots length of radish red round (Raphanus sativa L.) and the bearing planting is determined by means of statistical modeling. The models on the measured statistics of the indirect biotesting with different duration of river water samples storage are presented.

Keywords: water sample; biotesting; simulation

Известно, что биотестирование по проращиванию семян должно проводиться без задержки после отбора пробы воды для того, чтобы избежать изменений при физико-химических реакциях, так как речная вода более восприимчива к химическим реакциям.

Исходные данные. В табл. 1 приведены результаты испытания по биотестированию речной воды с использованием редиса красного круглого с белым кончиком при разной продолжительности хранения пробы воды.

Пробу воды отбирали перед водозабором города Йошкар-Ола реки М. Кокшага.

Таблица 1

Влияние продолжительности хранения пробы речной воды

Азимут посадки φ, град	Длина корня L, мм при продолжительности хранения пробы i, сут						
	0	4	8	12	16	20	24
0	19	17	15	18	32	24	17
30	40	20	27	18	17	20	29
60	0	20	27	0	38	22	18
90	5	27	0	40	17	28	19
120	10	25	23	39	0	18	18
150	28	33	8	30	20	16	13
180	27	0	16	35	30	23	17
210	0	28	27	34	48	10	4
240	5	36	5	12	41	21	19
270	29	16	28	41	21	6	18
300	22	28	17	31	35	22	16
330	32	0	38	32	34	18	12

При проведении испытания семена редиса красного размещали по 12 штук на четырех чашках Петри по азимуту через 30° от северного направления. После 72 часов проращивания у всех проростков проводили измерение длины корня, причем эту длину корня измеряли у всех семян, включая и непроросшие, у которых значение длины корня принимали равным нулю. При изменении азимута посадки сравнивали длину корня при разной продолжительности хранения (рис. 1).

Из графика видно, что при более длительном хранении пробы длина редиса красного круглого достигает максимальных значений. При этом длина корня принимает минимальные значения при продолжительности хранения пробы до восьми суток.

Биотехнические закономерности. Для описания распределения длины корней растения от азимута посадки семени получена обобщенная формула

$$L = L_1 + L_2, \quad L_1 = L_0,$$
$$L_2 = A\cos\left(\frac{\pi\phi}{p \pm a_7}\right), \qquad (1)$$
$$A = a_1 \exp(-a_2\phi^{a_3}),$$
$$p = a_4 \pm a_5\phi^{a_6},$$

где L – длина корня каждого проростка растения в чашке Петри, мм; L_1 – первая составляющая, учитывающая влияние загрязнения в чистом виде, мм; L_0 – теоретическое независимое значение длины корня от азимута посадки семени, мм; L_2 – вто-

рая составляющая колебательного возмущения растения по длине корня каждого проростка в чашке Петри за 72 часа, характеризующая влияние стороны света, мм; A – половина амплитуды колебательного возмущения корней проростков, мм; p – половина периода колебательного изменения по азимуту посадки семени, град; φ – азимут посадки семени, град; a_1 ... a_7 – параметры модели (1).

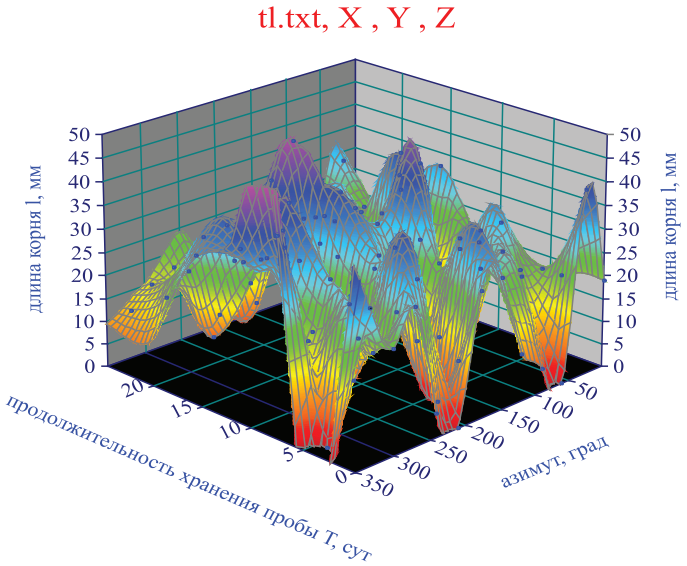


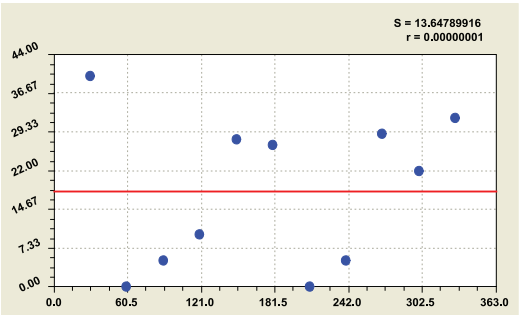
Рис. 1. Пространственный график длины корня

Для испытания в день отбора воды получена двухчленная закономерность

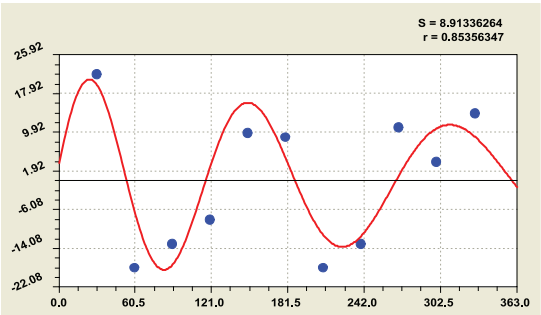
$$L = L_1 + L_2, \quad L_1 = 16{,}18842,$$

$$L_2 = 21{,}99012\exp(-0{,}0018954\phi)\cos\left(\frac{\pi\phi}{54{,}72577 + 0{,}048873\phi} - 1{,}35321\right). \qquad (2)$$

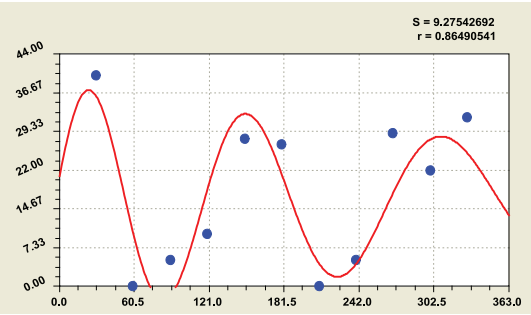
Первая составляющая показывает стабильное распределение длины корней растений, то есть характеризуется устойчивым законом. Вторая составляющая характеризует колебательное возмущение семян редиса красного от азимута посадки семян (рис. 2).



первая составляющая



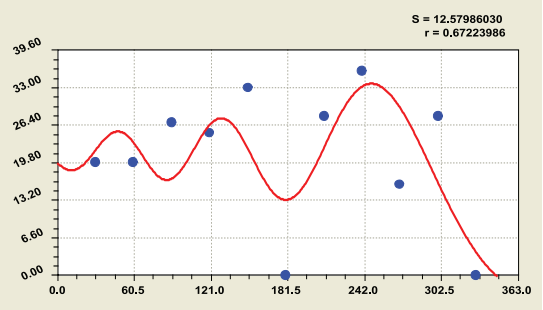
вторая составляющая



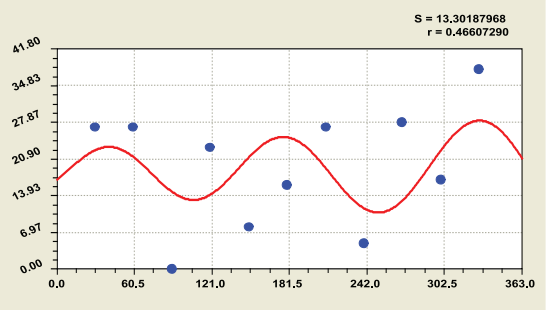
общий график модели

Рис. 2. Графики закономерностей распределения проростков семян от азимута посадки

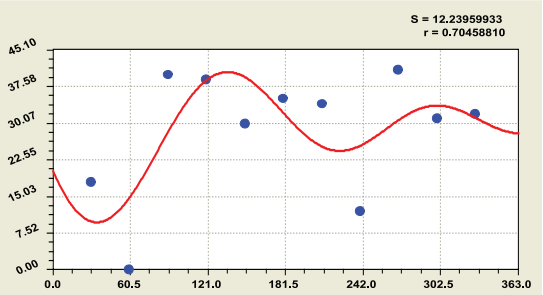
По остальным повторам испытания при разной продолжительности хранения пробы речной воды графики распределения длины корня от азимута представлены на рис. 3.



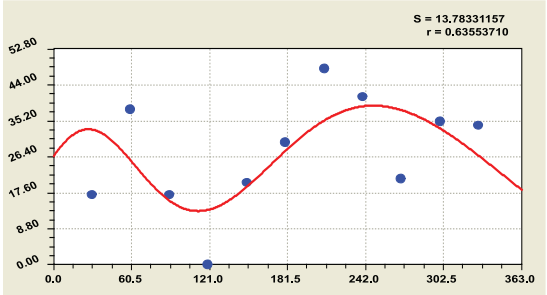
продолжительность хранения пробы 4 суток



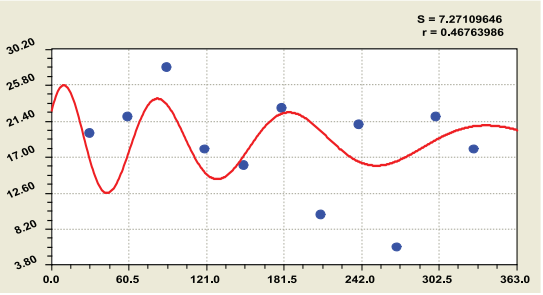
продолжительность хранения пробы 8 суток



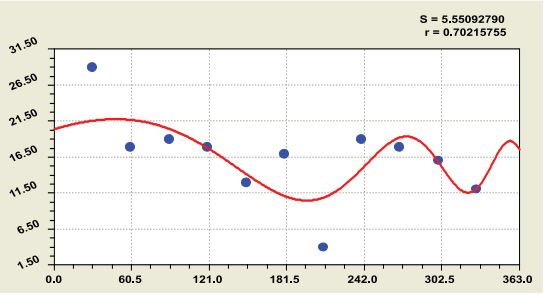
продолжительность хранения пробы 12 суток



продолжительность хранения пробы 16 суток



продолжительность хранения пробы 20 суток



продолжительность хранения пробы 24 суток

Рис. 3. Графики влияния продолжительности хранения пробы речной воды на рост корней редиса красного круглого

Высокие коэффициенты корреляции (в правом верхнем углу графиков) уравнений убеждают в высокой адекватности полученных статистических моделей.

Табличная модель. По данным табл. 2 проанализируем предельные значения отдельных составляющих и компонентов полученной формулы (1) по результатам испытания.

Приспособляемость популяции семян редиса красного (табл. 2) к внешним воздействиям показывается коэффициентом k. При этом приспособляемость может быть кризисно-негативной или кризисно-позитивной. При условии будем считать приспособляемость растений к поливаемой воде сомнительной, а при условии $k < 1$ достаточно надежной.

Из данных табл. 2 видно, что наибольшую приспособляемость 1,2250 в направлении позитивной адаптации семена редиса красного круглого имеют при азимуте посадки 30 град. при проведении испытания в день отбора пробы воды. Коэффициент приспособляемости, вычисляемый по формуле , равен при таком расположении семени 1,2250. Наименьшее позитивное влияние 0,1667 наблюдается при 120 град.

Таблица 2

Значимость и приспособляемость проростков в речной воде

Азимут посадки φ, град	Составляющие модели (1), мм		L, мм	Коэффициент значимости		Коэффициент приспособляемости k
	L_1	L_2		α_2	α_2	
1	2	3	4	5	6	7
0	16,19	4,75	19	0,85	0,25	0,2941
30	16,19	19,69	40	0,40	0,49	1,2250
60	16,19	–6,64	0	–	–	–
90	16,19	–17,78	5	3,24	–3,56	–1,0988
120	16,19	2,73	10	1,62	0,27	0,1667
150	16,19	16,53	28	0,58	0,59	1,0172
180	16,19	4,70	27	0,60	0,17	0,2833
210	16,19	–11,96	0	–	–	–
240	16,19	–11,76	5	3,24	–2,35	–0,7253
270	16,19	1,83	29	0,56	0,06	0,1071
300	16,19	11,75	22	0,74	0,53	0,7162
330	16,19	8,90	32	0,51	0,28	0,5490
0	21,55	–1,85	17	1,27	–0,11	–0,0866
30	21,55	0,60	20	1,08	0,03	0,0278
60	21,55	1,70	20	1,08	0,09	0,0833
90	21,55	–4,50	27	0,80	–0,17	–0,2125
120	21,55	5,04	25	0,86	0,20	0,2326
150	21,55	0,60	33	0,65	0,02	0,0308
180	21,55	–8,23	0	–	–	–
210	21,55	1,08	28	0,77	0,04	0,0519
240	21,55	11,72	36	0,60	0,33	0,5500
270	21,55	7,84	16	1,35	0,49	0,3630
300	21,55	–5,43	28	0,77	–0,19	–0,2468
330	21,55	–17,59	0	–	–	–
0	18,63	– 1,57	15	1,24	–0,10	–0,0806
30	18,63	4,04	27	0,69	0,15	0,2174
60	18,63	2,59	27	0,69	0,10	0,1449
90	18,63	– 3,97	0	–	–	–
120	18,63	–4,39	23	0,81	–0,19	–0,2346
150	18,63	2,73	8	2,33	0,34	0,1459
180	18,63	6,43	16	1,16	0,40	0,3448
210	18,63	0,48	27	0,69	0,02	0,0290
240	18,63	–7,12	5	3,73	–1,42	–0,3807
270	18,63	–5,47	28	0,67	–0,20	–0,2985
300	18,63	4,09	17	1,10	0,24	0,2182
330	18,63	9,61	38	0,49	0,25	0,5102
0	30,16	9,99	18	1,68	0,56	0,3333
30	30,16	20,29	18	1,68	1,13	0,6726
60	30,16	15,20	0	–	–	–
90	30,16	1,77	40	0,75	0,04	0,0533
120	30,16	–8,76	39	0,77	–0,22	–0,2857
150	30,16	–9,27	30	1,01	–0,31	–0,3069
180	30,16	–1,86	35	0,86	–0,05	–0,0581
210	30,16	4,94	34	0,89	0,15	0,1685
240	30,16	4,68	12	2,51	0,39	0,1554
270	30,16	–0,59	41	0,74	–0,01	–0,0135
300	30,16	–3,49	31	0,97	–0,11	–0,1134
330	30,16	–0,91	32	0,94	–0,03	–0,0319

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
0	24,10	2,60	32	0,75	0,08	0,1067
30	24,10	8,95	17	1,42	0,53	0,3732
60	24,10	1,24	38	0,63	0,03	0,0476
90	24,10	–8,50	17	1,42	–0,50	–0,3521
120	24,10	–10,63	0	–	–	–
150	24,10	–4,96	20	1,21	–0,25	–0,2066
180	24,10	3,87	30	0,80	0,13	0,1625
210	24,10	11,24	48	0,50	0,23	0,4600
240	24,10	14,66	41	0,59	0,36	0,6102
270	24,10	13,69	21	1,15	0,65	0,5652
300	24,10	9,18	35	0,69	0,26	0,3768
330	24,10	2,47	34	0,71	0,07	0,0986
0	18,81	4,22	24	0,78	0,18	0,2308
30	18,81	– 2,60	20	0,94	–0,13	–0,1383
60	18,81	–0,92	22	0,86	–0,04	–0,0465
90	18,81	4,47	28	0,67	0,16	0,2388
120	18,81	–3,91	18	1,05	–0,22	–0,2095
150	18,81	– 1,39	16	1,18	–0,09	–0,0763
180	18,81	3,60	23	0,82	0,16	0,1951
210	18,81	1,22	10	1,88	0,12	0,0638
240	18,81	–2,48	21	0,90	– 0,12	–0,1333
270	18,81	–2,17	6	3,14	–0,36	–0,1146
300	18,81	0,44	22	0,86	0,02	0,0233
330	18,81	2,02	18	1,05	0,11	0,1048
0	15,29	5,12	17	0,90	0,30	0,3333
30	15,29	6,29	29	0,53	0,22	0,4151
60	15,29	6,39	18	0,85	0,36	0,4235
90	15,29	5,13	19	0,80	0,27	0,3375
120	15,29	2,44	18	0,85	0,14	0,1647
150	15,29	–1,16	13	1,18	–0,09	–0,0763
180	15,29	–4,20	17	0,90	–0,25	–0,2778
210	15,29	–4,39	4	3,82	–1,10	–0,2880
240	15,29	–0,41	19	0,80	–0,02	–0,0250
270	15,29	3,97	18	0,85	0,22	0,2588
300	15,29	0,46	16	0,96	0,03	0,0313
330	15,29	–3,07	12	1,27	– 0,26	–0,2047

Максимальный кризис для проростков наблюдается при 90 град. с негативным приспособлением к условиям роста с коэффициентом приспособляемости, то есть когда семена редиса красного круглого располагались в северной части чашки Петри. Однако он меньше позитивного максимума 1,2250**.** При хранении пробы воды в течение 24 сут коэффициент приспособляемости составил 0,4235.

Подробнее о моделировании: набрать в Google «Мазуркин Петр Матвеевич» Статья подготовлена и опубликована при поддержке гранта 3.2.3/12032 МОН РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимова О.Ю. Способ оценки загрязненности воды по критерию роста корней редиса красного круглого // Основы рационального природопользования: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд. центр «Наука», 2009. – С. 89–99.

2. Евдокимова О.Ю. Исследование загрязнения речной воды по времени роста корней растения // Инноватика – 2010: сб. матер. VI Всеросс. научно-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых с элементами научной школы (12-16 апреля 2010 г.) / под ред. А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. – Т.1. – С. 182–187.

3. Способ испытания загрязнения воды по времени роста корней растения: Пат. 2402765 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/18 (2006.01). / Мазуркин П.М., Евдокимова О.Ю; заяв. и патентообл. Марийск. гос. техн. ун-т. №2009133898/04; заявл. 09.09.2009; оп. 27.10.10.