

## ΑΣΚΗΣΗ 2

### ΒΙΟΜΕΤΡΙΑ ΣΕ ΠΕΥΚΟΒΕΛΟΝΕΣ ΚΑΙ ΦΥΛΛΑ

Σκοπός της άσκησης είναι η πρώτη, σχετικά απλή προσέγγιση σε ορισμένες ποσοτικές παραμέτρους της αύξησης των ανώτερων φυτών καθώς και η επακόλουθη στατιστική και γραφική επεξεργασία των δεδομένων.

Το φυτικό υλικό της άσκησης αποτελούν οι ώριμες βελόνες των δύο κύριων Μεσογειακών ειδών πεύκου, δηλαδή της χαλεπίου και της τραχείας πεύκης (*Pinus halepensis* και *P. brutia*, αντίστοιχα). Μετρήσεις θα γίνουν επίσης και σε φύλλα ευκαλύπτου (*Eucalyptus* sp.), ελιάς (*Olea europaea*), πουρναριού (*Quercus coccifera*), νερατζιάς (*Citrus aurantium*) και λαδανιάς (*Cistus creticus*). Χρειάζονται ακόμα τα εξής υλικά και όργανα: υποδεκάμετρα, βερνιέρος (παχύμετρο), ζυγός, κλίβανος, μετρητής φυλλικής επιφάνειας και ηλεκτρονικός υπολογιστής.

#### Πειραματική εργασία

Οι φοιτητές χωρίζονται σε 4 ομάδες (των 3-5 ατόμων) και η κάθε ομάδα εκτελεί όλα τα στάδια της άσκησης στο δικό της φυτικό υλικό. Το υλικό αυτό είναι πρόσφατα κομμένο από την περιοχή της Πανεπιστημιούπολης.

#### **1. Μετρήσεις μήκους κολεού βελονών**

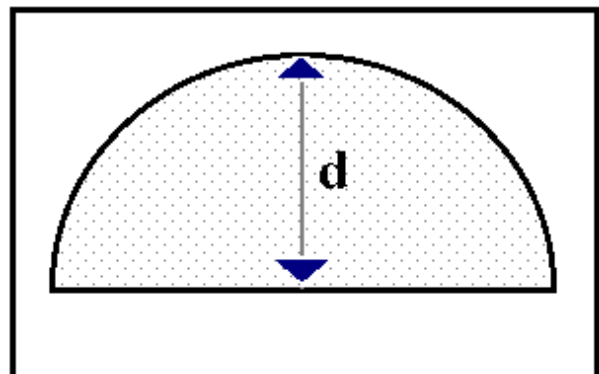
Επιλέγονται με τυχαίο τρόπο από κάθε κλαδί των 2 ειδών πεύκου 50 ζεύγη (βραχυκλάδια) βελονών και μετράται το μήκος (σε mm) του μεμβρανώδους κολεού που περιβάλλει τις βελόνες.

#### **2. Μετρήσεις μήκους βελονών**

Στα 50 βραχυκλάδια της προηγούμενης παραγράφου μετράται το μήκος (σε mm) όλων των πευκοβελονών (δηλ. 100). Οι αριθμοί 1-2 αναφέρονται στο 1ο ζεύγος και ούτω καθ' εξής.

#### **3. Μετρήσεις πάχους βελονών**

Επιλέγονται 20 τυχαίες βελόνες (από κάθε είδος) και από διαφορετικά βραχυκλάδια η καθεμιά και με τη βοήθεια του παχύμετρου μετράται το πάχος (ακρίβεια 0.01 mm) σύμφωνα με το σχήμα εγκάρσιας τομής βελόνας



#### 4. Μετρήσεις επιφάνειας φύλλων

Επιλέγονται 10 τυχαία φύλλα (από κάθε είδος) και μετράται η ολική φυλλική επιφάνεια με τη βοήθεια μετρητή φυλλικής επιφάνειας (leaf area meter).

#### 5. Μέτρηση ξηρού βάρους βελονών και φύλλων

Οι 100 βελόνες των οποίων μετρήθηκε το μήκος και τα 10 φύλλα των οποίων μετρήθηκε η επιφάνεια τοποθετούνται σε 7 ειδικούς δίσκους (ένας για κάθε είδος) και μεταφέρονται σε κλίβανο 80 °C. Ύστερα από τουλάχιστον 3 ημέρες ζυγίζονται προσεκτικά.

#### Επεξεργασία δεδομένων-παρουσίαση αποτελεσμάτων

Χρησιμοποιώντας τα πρωτογενή δεδομένα της, κάθε ομάδα πρέπει να υπολογίσει τα ακόλουθα μεγέθη και να απαντήσει στα εξής ερωτήματα.

1. **Μέσος όρος** (mean) και **τυπικό σφάλμα** (standard error) του **μήκους** του κολεού και των βελονών για το καθένα από τα δύο είδη πεύκου.
2. Στο ίδιο βραχυκλάδιο δεν αναμένονται διαφορετικά μήκη στις δύο "αδελφές" βελόνες. **Ελέγξτε στατιστικά.**
3. **Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά** στο μήκος του κολεού ή των βελονών ανάμεσα στα δύο είδη;
4. **Μέσος όρος** (mean) και **τυπικό σφάλμα** (standard error) του **πάχους** των βελονών για το καθένα από τα δύο είδη πεύκου.
5. **Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά** στο πάχος των βελονών ανάμεσα στα δύο είδη;
6. **Μέσο ξηρό βάρος** βελόνας και φύλλων.
7. **Λόγος μέσου μήκους προς μέσο ξηρό βάρος** βελόνας για το κάθε είδος.
8. **Ειδική φυλλική επιφάνεια** (SLA, specific leaf area) για το κάθε είδος, με βάση τον τύπο:  $SLA = L_A/L_W$  ( $L_A$  είναι η φυλλική επιφάνεια και  $L_W$  το φυλλικό ξηρό βάρος). Για την ολική φυλλική επιφάνεια των πευκοβελονών χρησιμοποιείτε τον τύπο  $A=(\pi+2)*l*d$ , όπου  $l$  και  $d$  το μέσο μήκος και πάχος, αντίστοιχα. Η φυλλική επιφάνεια  $L_A$  αφορά κατά συνθήκη μόνο την μία πλευρά των φύλλων, άρα για τις βελόνες:  $L_A=((\pi+2)*l*d)/2$ .

Χρησιμοποιείτε **γραφικές παραστάσεις** για την καλύτερη παρουσίαση των δεδομένων σας.

**Συζητείστε** τις διαφορές και ομοιότητες των βιομετρικών χαρακτηριστικών στα 2 είδη πεύκου.

**Συζητείστε** επίσης τις διαφορετικές τιμές της ειδικής φυλλικής επιφάνειας και στα 7 είδη.

Τέλος, καλό θα είναι οι 4 ομάδες να ανταλλάξουν και να συγκρίνουν τα δεδομένα και τα αποτελέσματά τους.

## ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ ΒΙΟΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ (για τις ασκήσεις Αναπτυξιακής Φυσιολογίας Φυτών)

1. Το **τυπικό σφάλμα**, SE (standard error of the mean) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

όπου  $s$  είναι η τυπική απόκλιση (standard deviation) και  $n$  το μέγεθος του δείγματος.

2. Προκειμένου να συγκρίνουμε στατιστικά δύο μέσους όρους,  $m_1$  και  $m_2$ , από δύο δείγματα μεγέθους  $n_1$  και  $n_2$ , αντίστοιχα, και με την παραδοχή ότι οι τιμές της παραμέτρου κατανέμονται κανονικά και στα δύο δείγματα, μπορούμε να εφαρμόσουμε το **κριτήριο t (Student's t ή t test)**:

$$t = \frac{(m_1 - m_2)}{\sqrt{\left[\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right) + \left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)\right]}}$$

ή εφ' όσον τα δύο δείγματα είναι ισοπληθή ( $n_1 = n_2 = n$ )

$$t = \frac{(m_1 - m_2)}{\sqrt{\left[\frac{(s_1^2 + s_2^2)}{n}\right]}}$$

όπου  $s_1^2$  και  $s_2^2$  είναι η διασπορά (variance) των δειγμάτων 1 και 2, αντίστοιχα.

Στη συνέχεια ανατρέχουμε στον πίνακα των κρίσιμων τιμών της κατανομής t (Critical Values of the t Distribution), σε επίπεδο πιθανότητας (probability level) 5%, δηλ.  $\alpha(2)=0.05$  και για βαθμούς ελευθερίας (degrees of freedom):  $\nu=n_1+n_2-2$ . Εάν η τιμή του t που υπολογίστηκε με τον παραπάνω τύπο είναι μεγαλύτερη της τιμής του πίνακα,  $t_{\text{πίνακα}}$ , τότε η μηδενική υπόθεση (null hypothesis,  $H_0$ ) ότι  $m_1=m_2$  απορρίπτεται και κάνουμε αποδεκτή την εναλλακτική υπόθεση (alternative hypothesis,  $H_a$ ) ότι οι τιμές των δύο μέσων όρων διαφέρουν στατιστικά σημαντικά και επομένως τα αντίστοιχα δείγματα προέρχονται από δύο διαφορετικούς (κανονικά κατανεμόμενους) πληθυσμούς. Εάν αντίθετα η τιμή του t που υπολογίστηκε με τον παραπάνω τύπο είναι μικρότερη της τιμής του πίνακα,  $t_{\text{πίνακα}}$ , τότε η μηδενική υπόθεση,  $m_1=m_2$ , γίνεται αποδεκτή και επομένως δεχόμαστε ότι τα αντίστοιχα δείγματα προέρχονται από τον ίδιο (κανονικά κατανεμόμενο) πληθυσμό.

3. Προκειμένου να συγκρίνουμε στατιστικά τα ζεύγη των τιμών (μία προς μία) δύο δειγμάτων πλήθους  $n$  (το καθένα) εφαρμόζουμε το **κριτήριο t για ζεύγη δειγμάτων (paired-sample t**

$$t = \frac{m_d}{SE_d}$$

**test)**: όπου  $m_d$  είναι ο μέσος όρος των διαφορών  $d$  (κατά ζεύγη) και  $SE_d$  το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου των διαφορών. Η τιμή του t που εξάγεται από τον τύπο συγκρίνεται με την αντίστοιχη τιμή του πίνακα όπως ακριβώς στην προηγούμενη περίπτωση (β. ε.:  $\nu = n-1$ ). Ισχύει πάλι η παραδοχή ότι οι τιμές της παραμέτρου (δηλ. της διαφοράς  $d$ ) κατανέμονται κανονικά.

TABLE D.10 Critical Values of the  $t$  Distribution

v	$\alpha(2):$	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
	$\alpha(1):$	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
1	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.321	318.309	636.619	
2	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.599	
3	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924	
4	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610	
5	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869	
6	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959	
7	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408	
8	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041	
9	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781	
10	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587	
11	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437	
12	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318	
13	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221	
14	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140	
15	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073	
16	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015	
17	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965	
18	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922	
19	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883	
20	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850	
21	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819	
22	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792	
23	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768	
24	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745	
25	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725	
26	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707	
27	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690	
28	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674	
29	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659	
30	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646	
31	0.682	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.022	3.375	3.633	
32	0.682	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.015	3.365	3.622	
33	0.682	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.008	3.356	3.611	
34	0.682	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.002	3.348	3.601	
35	0.682	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	2.996	3.340	3.591	
36	0.681	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	2.990	3.333	3.582	
37	0.681	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	2.985	3.326	3.574	
38	0.681	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	2.980	3.319	3.566	
39	0.681	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	2.976	3.313	3.558	
40	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551	
41	0.681	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	2.967	3.301	3.544	
42	0.680	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	2.963	3.296	3.538	
43	0.680	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	2.959	3.291	3.532	
44	0.680	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	2.956	3.286	3.526	
45	0.680	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	2.952	3.281	3.520	
46	0.680	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	2.949	3.277	3.515	
47	0.680	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	2.946	3.273	3.510	
48	0.680	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	2.943	3.269	3.505	
49	0.680	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	2.940	3.265	3.500	
50	0.679	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496	

TABLE D.10 (cont.) Critical Values of the  $t$  Distribution

v	$\alpha(2):$	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001	0.0005
	$\alpha(1):$	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005	
52	0.679	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674	2.932	3.255	3.488		
54	0.679	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670	2.927	3.248	3.480		
56	0.679	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667	2.923	3.242	3.473		
58	0.679	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663	2.918	3.237	3.466		
60	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460		
62	0.678	1.295	1.670	1.999	2.388	2.657	2.911	3.227	3.454		
64	0.678	1.295	1.669	1.998	2.386	2.655	2.908	3.223	3.449		
66	0.678	1.295	1.668	1.997	2.384	2.652	2.904	3.218	3.444		
68	0.678	1.294	1.668	1.995	2.382	2.650	2.902	3.214	3.439		
70	0.678	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	2.899	3.211	3.435		
72	0.678	1.293	1.666	1.993	2.379	2.646	2.896	3.207	3.431		
74	0.678	1.293	1.666	1.993	2.378	2.644	2.894	3.204	3.427		
76	0.678	1.293	1.665	1.992	2.376	2.642	2.891	3.201	3.423		
78	0.678	1.292	1.665	1.991	2.375	2.640	2.889	3.198	3.420		
80	0.678	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416		
82	0.677	1.292	1.664	1.989	2.373	2.637	2.885	3.193	3.413		
84	0.677	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	2.883	3.190	3.410		
86	0.677	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	2.881	3.188	3.407		
88	0.677	1.291	1.662	1.987	2.369	2.633	2.880	3.185	3.405		
90	0.677	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	2.878	3.183	3.402		
92	0.677	1.291	1.662	1.986	2.368	2.630	2.876	3.181	3.399		
94	0.677	1.291	1.661	1.986	2.367	2.629	2.875	3.179	3.397		
96	0.677	1.290	1.661	1.985	2.366	2.628	2.873	3.177	3.395		
98	0.677	1.290	1.661	1.984	2.365	2.627	2.872	3.175	3.393		
100	0.677	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390		
105	0.677	1.290	1.659	1.983	2.362	2.623	2.868	3.170	3.386		
110	0.677	1.289	1.659	1.982	2.361	2.621	2.865	3.166	3.381		
115	0.677	1.289	1.658	1.981	2.359	2.619	2.862	3.163	3.377		
120	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373		
125	0.676	1.288	1.657	1.979	2.357	2.616	2.858	3.157	3.370		
130	0.676	1.288	1.657	1.978	2.355	2.614	2.856	3.154	3.367		
135	0.676	1.288	1.656	1.978	2.354	2.613	2.854	3.152	3.364		
140	0.676	1.288	1.656	1.977	2.353	2.611	2.852	3.149	3.361		
145	0.676	1.287	1.655	1.976	2.352	2.610	2.851	3.147	3.359		
150	0.676	1.287	1.655	1.976	2.351	2.609	2.849	3.145	3.357		
160	0.676	1.287	1.654	1.975	2.350	2.607	2.846	3.142	3.352		
170	0.676	1.287	1.654	1.974	2.348	2.605	2.844	3.139	3.349		
180	0.676	1.286	1.653	1.973	2.347	2.603	2.842	3.136	3.345		
190	0.676	1.286	1.653	1.973	2.346	2.602	2.840	3.134	3.342		
200	0.676	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	2.839	3.131	3.340		
250	0.675	1.285	1.651	1.969	2.341	2.596	2.832	3.123	3.330		
300	0.675	1.284	1.650	1.968	2.339	2.592	2.828	3.118	3.323		
350	0.675	1.284	1.649	1.967	2.337	2.590	2.825	3.114	3.319		
400	0.675	1.284	1.649	1.966	2.336	2.588	2.823	3.111	3.315		
450	0.675	1.283	1.648	1.965	2.335	2.587	2.821	3.108	3.312		
500	0.675	1.283	1.648	1.965	2.334	2.586	2.820	3.107	3.310		
600	0.675	1.283	1.647	1.964	2.333	2.584	2.817	3.104	3.307		
700	0.675	1.283	1.647	1.963	2.332	2.583	2.816	3.102	3.304		
800	0.675	1.283	1.647	1.963	2.331	2.582	2.815	3.100	3.303		
900	0.675	1.282	1.647	1.963	2.330	2.581	2.814	3.099	3.301		
1000	0.675	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	2.813	3.098	3.300		
$\infty$	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758	2.8070	3.0902	3.2905		