

**ESTUDI COMPARATIU DEL CREIXEMENT
DE GRAMÍNIES CULTIVADES A BARCELONA
I A LATITUDS MÉS ELEVADES**

Comunicació presentada el dia 17 d'abril de 1969 per

ARTURO CABALLERO LÓPEZ

Professor de la càtedra de Fisiologia Vegetal a la Facultat de Ciències
de la Universitat de Barcelona

INTRODUCCIÓ

En treballs experimentals desenvolupats pel nostre laboratori en relació amb ritmes de creixement i de producció d'espècies pratenses i cereals, hom arribà a la conclusió de l'existència de dos ritmes de cicle lunar (7,4 i 14,8 dies), ultra els coneguts estacionals i anuals, i d'un altre, desconegut fins a la data, de 35 dies de període ¹.

Sobre aquest últim, de gran amplitud relativa, s'encavalcaven els lunars, en general de menor importància. Així s'establia un complex amb una relació de freqüències 1:2,37:4,74, i d'amplituds aproximades 100:40:20 %, que, representat com a sèrie sinusoidal, és mostrat a la figura 1.

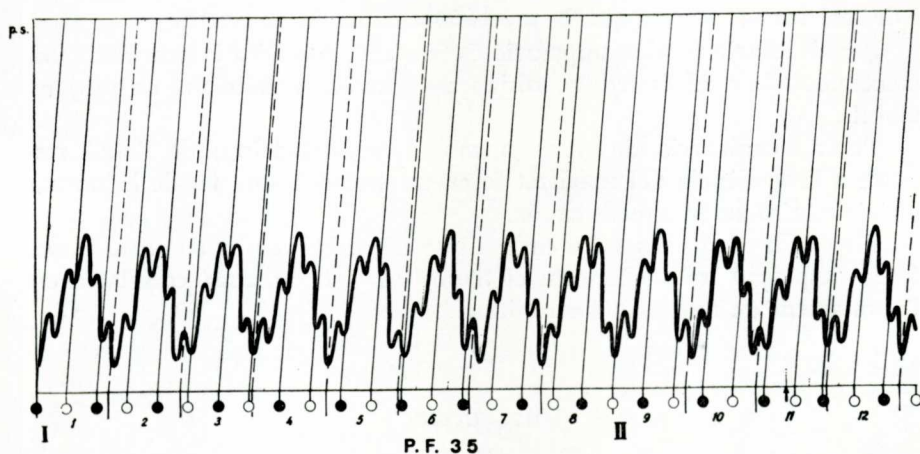


FIG. 1. — Pauta teòrica del complex sinusoidal 1:2,37:4,74 (100:40:20 %) i període fonamental de 35 dies. (Es inclòs el pendent de la relació: intensitat del creixement i angle de fase de la sincronització amb la periodicitat lunar.)

Hom comprovà després que la dita ona de 35 dies passava d'un any al següent de manera ininterrompuda, amb els seus components lunars superposats. En no constituir el període de 35 dies divisor enter de l'any,

es produïa un avançament de les ones d'uns quinze dies d'un any a l'altre. Aquest corrent pogué ésser associat als retards o avançaments observats a la vegetació. Sembla que la planta solament podria iniciar un cim de creixement rítmic una vegada cobertes una sèrie de condicions o circumstàncies mínimes de temperatura, llum, nutrició, etc.

Calia sotmetre aquestes novetats del ritme de 35 dies i d'observacions derivades a una curiosa comprovació en altres circumstàncies per tal d'anar precisant, a més, el grau de generalització que admetien.

Part dels nostres esforços actuals són destinats a aquesta tasca, i hem obtingut ja confirmacions estimulants, i no solament a les plantes. En la present comunicació ens concretem als resultats deduïts amb motiu de la comparació del curs dels cicles vegetatius de pratenses i cereals a distintes latituds, sobretot de Suècia, en relació amb Barcelona.

MÈTODES

Les sèries cronològiques anuals i plurianuals del creixement i de la producció a les diferents latituds són analitzades comparativament amb relació a períodes vegetatius anuals, estacionals i ritmes menors de 35 dies i de fase lunar (sempre que la precisió de dades ho permeti).

Per als estacionals la comparació és feta amb relació a la tendència del creixement, la qual és resolta mitjançant suavitzats múltiples de mitjans mòbils.

Per a l'exploració de ritmes menors, les fluctuacions de detall respecte a la tendència del suavitzat foren comparades amb les de la norma o sèrie teòrica anteriorment citada.

Els perfils comparats, reals entre ells, o bé reals i teòrics en altres casos, foren desplaçats mútuament en el temps fins a la màxima correlació en l'ajuntament de fase o de sincronització.

RESULTATS

El curs del creixement i de la producció anuals de les pratenses a Barcelona mostra un caràcter bimodal típic, amb un cim principal de ple desenvolupament al principi o a la meitat de la primavera i un altre de secundari, encaixat d'ordinari al final de l'estiu, el qual es prolonga més o menys durant la tardor. Entre aquestes dues èpoques principals de producció sol quedar, en conseqüència, ben patent la clàssica depressió estiuenca del començament de l'estiu.

En comparar els perfils de Barcelona amb els de latituds més elevades (fig. 2) cal destacar com a trets diferenciials la major extensió del període vegetatiu, la separació més accentuada dels cims principals i el caràcter molt complex del curs del creixement degut a fluctuacions de tot ordre. En estendre's dins l'any el període vegetatiu, tendeixen a presentar-se molts més cims i depressions secundàries.

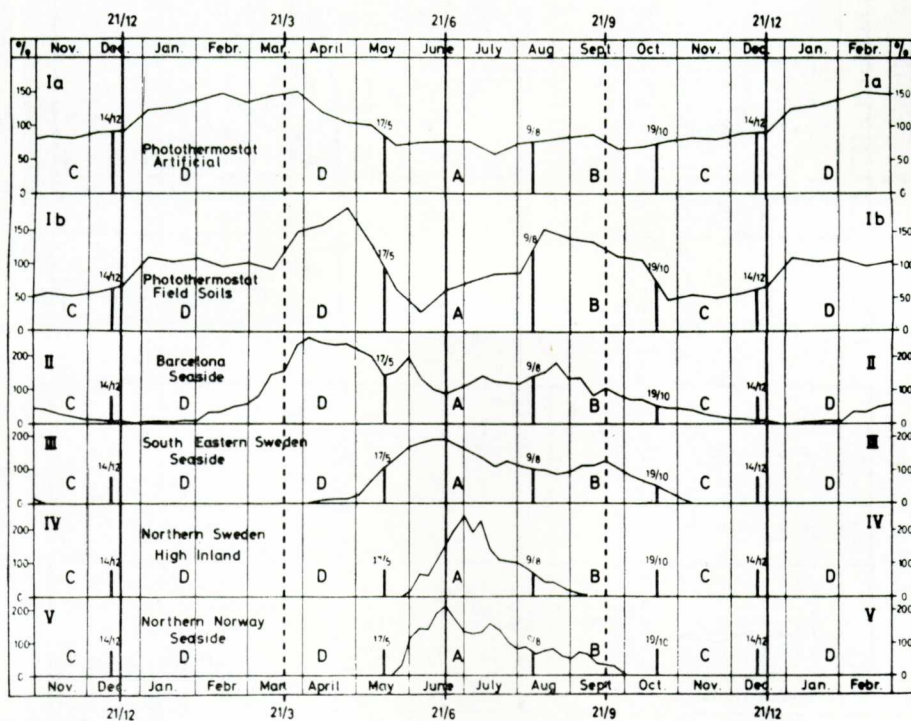


FIG. 2. — Gràfics comparatius de diversos perfils de creixement anual (de RAPPE, 1967)

- Ia. Civada en fototermostat i damunt de substrat artificial, a Suècia.
- Ib. Civada en fototermostat i damunt de sòls naturals, a Suècia.
- II. Pratenses a l'aire lliure, a Barcelona.
- III. Pratenses a l'aire lliure, al sud-est de Suècia.
- IV. Pratenses a l'aire lliure, al nord de Suècia.
- V. Pratenses a l'aire lliure, al nord de Noruega.

En estudiar comparativament la successió dels perfils plurianuals, hom trobà, com era d'esperar, que les depressions importants s'avançaven o es retardaven i que la producció anual variava amplament segons els anys.

RAPPE⁷ ja havia trobat una gran semblança entre els perfils mitjans i

particulars de Barcelona i els de Suècia (fig. 3), amb fototermostat i sòls naturals⁵. Tots aquests resultats eren, per tant, més o menys coneguts, i el nostre interès es concentrà en l'estudi comparatiu i de comprovació de fluctuacions de període menor.

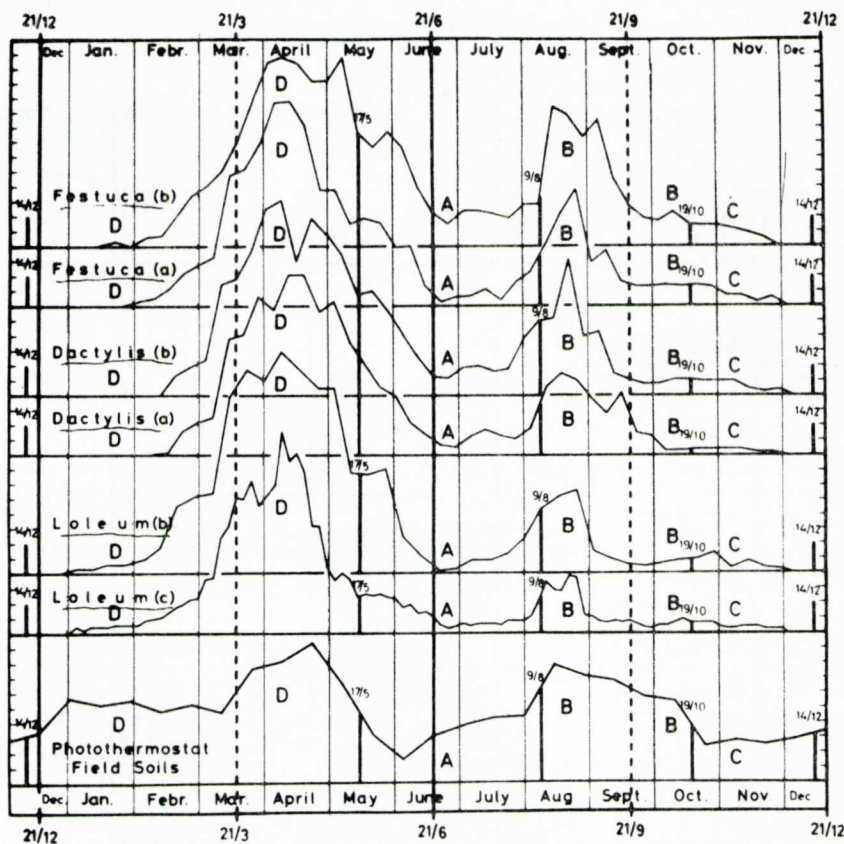


FIG. 3. — Gràfics comparatius de diversos perfils del creixement anual de pratenses de Barcelona (1966) i un de civada en fototermostat i sòls naturals a Suècia (de RAPPE, 1967)

Sobre aquest particular creiem que destaquen per llur interès els resultats obtinguts en explorar dades ofertes en les publicacions de RAPPE^{3, 5, 6}. En la publicació de RAPPE³ són incloses les sèries cronològiques corresponents als anys 1950, 1951, 1952 i 1956 de les espècies pratenses *Festuca pratensis*, *F. rubra*, *Lolium perenne*, *Agrostis stolonifera*, *Bromus arvensis*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense* i *Alopecurus pratensis*. Totes

foren cultivades a l'aire lliure i en testos; fou seguida la tècnica de segues successives en període constant.

L'exploració dels gràfics en relació amb l'existència en elles de períodes de 35 dies, permeté d'arribar als resultats següents:

Sèries de l'any 1950

Totes les espècies referides ofereixen un perfil que es correspon exactament amb sis períodes de 35 dies, l'inici dels quals períodes cal situar-lo cap al 5 d'abril (cal exceptuar *Poa pratensis*, el cicle vegetatiu de la qual s'acaba una setmana abans).

A causa de l'estreta correlació existent entre totes les fluctuacions ofertes per les nou espècies, llur perfil mitjà exhibeix també amb tota claredat els sis períodes de 35 dies.

Sèries de l'any 1951

En les nou espècies, el període vegetatiu s'inicia també amb l'ona de 35 dies, però amb data 26 d'abril, és a dir 21 dies després que el 1950. L'ajustament del ritme es realitza així amb 15 dies d'avançament, la qual cosa està d'acord amb el pas ininterromput de la sèrie d'aquests cicles d'un any al següent.

El període vegetatiu dura una mica més de cinc cicles, el sisè dels quals no arriba a completar-se, segurament per freds prematurs a l'octubre.

Sèries de l'any 1952

Aquest període vegetatiu comença en dates (26 d'abril) que sembla que corresponen a la meitat d'una ona de 35 dies. Això pogué ésser degut a la presentació anticipada de temperatures anormalment elevades. Els cicles de 35 dies no poden ésser reconeguts al principi dels perfils, però acaben després per encaixar-se amb la sèrie plurianual teòrica. Aquest desajustament inicial també podria ésser atribuït, segons nosaltres, a defectes de drenatge dels testos.

Sèries de l'any 1956

En calcular, a partir dels anys anteriors, les dates que, d'acord amb la sèrie plurianual, corresponen a la iniciació de les ones de 35 dies, hom obté: 5 d'abril, 10 de maig, 14 de juny, etc.; la producció arrenca, precisament, a la segona de les citades. El període vegetatiu dura en la major part de les espècies cinc unitats, i es prolonga una mica en alguna espècie fins a començament de novembre, possiblement a causa de l'excursional bona temperatura que es va presentar en aquella fi d'any.

És interessant de consignar, abans d'acabar el comentari d'aquestes sèries, que així com en els perfils mitjans obtinguts en un sol any amb totes les espècies hom pot reconèixer sempre els cicles de 35 dies, en els termes mitjans de cadascuna de les espècies durant els quatre anys 1950, 1951,

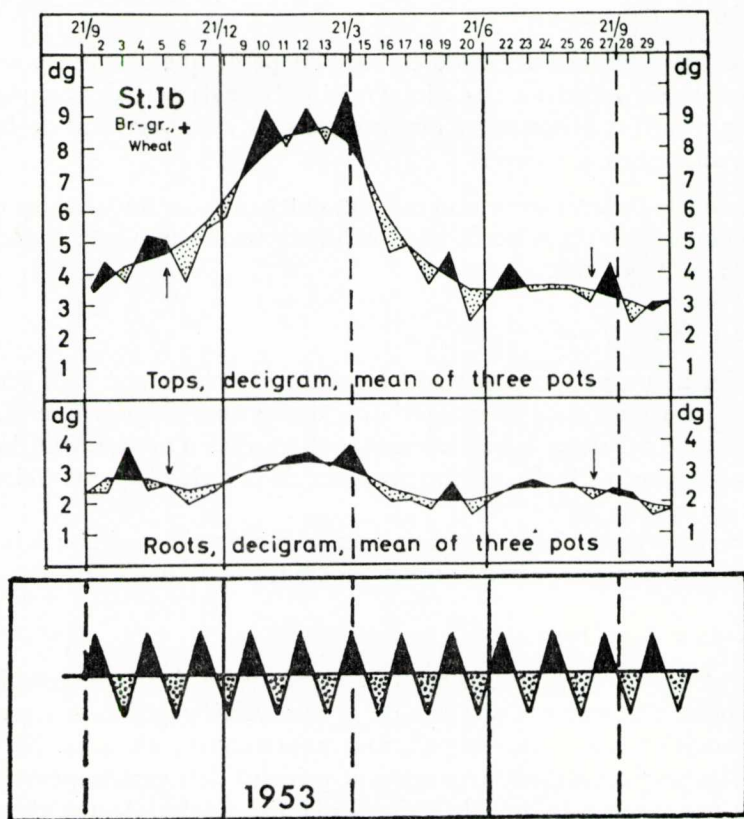


FIG. 4. — Blat en fototermostat, sobre rajola esmicolada, amb dissolució nutritiva, 1952-1953 (RAPPE, 1964), amb la plantilla teòrica del ritme de 35 dies (CABALLERO, 1969)

1952 i 1956, resulta impossible la localització completa, indubtablement a causa del corriment de l'ona en la sèrie pludianual que empasta els detalls imprescindibles.

La publicació de RAPPE⁴ ofereix al nostre parer interès especial, pel fet que els assaigs corresponents foren realitzats en fototermohigrostat i en condicions molt semblants a les nostres, amb substrats d'arrelament artificials. A més, ens permeteren de comprovar l'existència de l'ona fona-

mental de 35 dies del complex rítmic descobert anteriorment en els quadrats llatins de *Lolium perenne* en conreu a l'aire lliure.

Bé que RAPPE utilitza quinze dies de període de mesura en lloc del setmanal nostre, i en conseqüència, bé que és menor la precisió de les

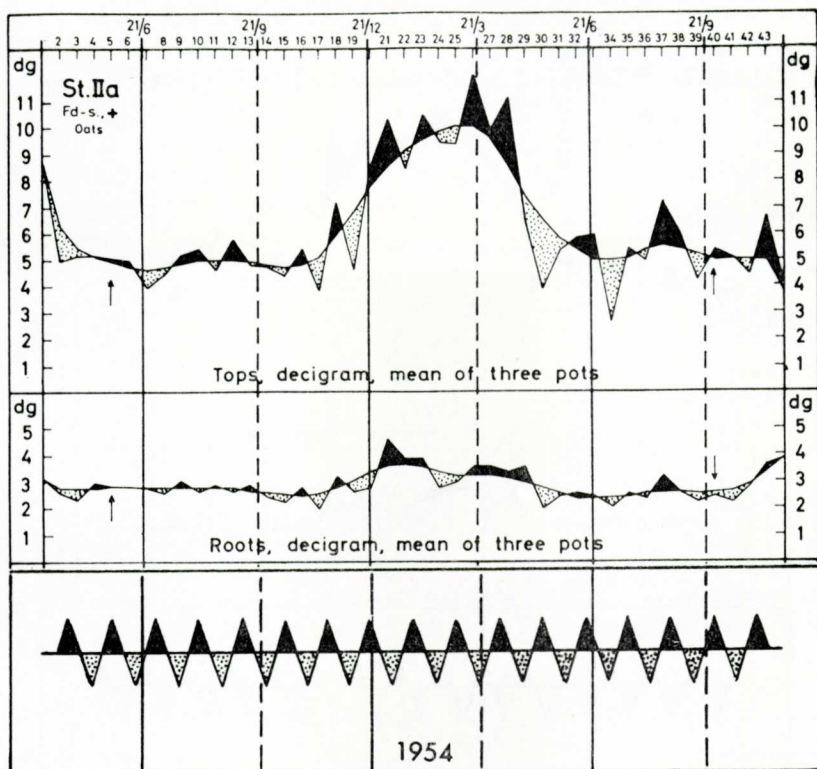


FIG. 5. — Cívada en fototermostat, sobre substrat sorrenc pobre, amb dissolució nutritiva, 1953-1954 (RAPPE, 1964), amb la plantilla teòrica del ritme de 35 dies (CABALLERO, 1969)

seves sèries cronològiques, resulta teòricament possible d'arribar a demostrar ritmes de cycle superior al doble del de mesura i en conseqüència el de 35, objecte d'aquesta exploració.

De les sèries de dades en el temps contingudes en el treball realitzat a Suècia escollim, per tal de comentar-les, les corresponents a les figures 2, 3, 5 i 6 de RAPPE (fig. 2). Hom treballà amb blat, conreat en rajola esmicolada, utilitzant dissolució nutritiva. A la nostra fig. 4, en la qual, com en les successives, hem pres l'original i ajustat en la seva part inferior el

ritme teòric de 35 dies, hom pot observar com en els perfils de pes sec de tija les coincidències entre els cims reals de fluctuació i els de la norma teòrica és del 100 %. En el pes sec d'arrel el tant per cent es redueix a 67. Cal recordar aquí en aquest respecte les dificultats que sempre existeixen per a obtenir íntegra l'arrel en extreure-la del substrat d'arrelament, les

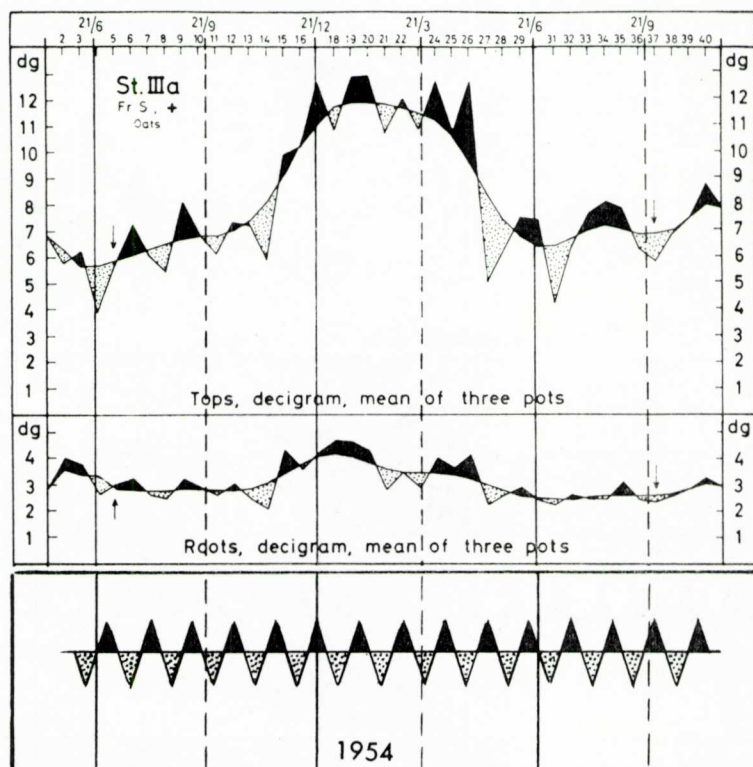


FIG. 6. — Civada en fototermostat, sobre sòl sorrenc pobre, amb dissolució nutritiva, 1953-1954 (RAPPE, 1964), amb la plantilla teòrica del ritme de 35 dies (CABALLERO, 1969)

quals dificultats poden ésser la causa d'aquesta proporció més petita d'ajustament.

La figura 3 (RAPPE) es refereix a civada cultivada en substrat sorrenc pobre però amb addició de dissolució nutritiva. En la mostra, figura 5, hom pot reconèixer les coincidències amb la norma teòrica, que per a pes sec de tija és de l'ordre del 82 %, i per a pes sec d'arrel del 70 %.

Si hom considera el nombre de cims reals que coincideixen amb els

teòrics i respecte al total de reals que es manifesten, resulta el 93 % per a la tija i el 88 % per a l'arrel.

La fig. 5 (RAPPE) conté altres sèries de civada cultivades en substrat sorrenc, també amb dissolució nutritiva. En la nostra fig. 6 hom pot reconèixer les superposicions de l'ordre de 75 % per a la tija i de 81 %

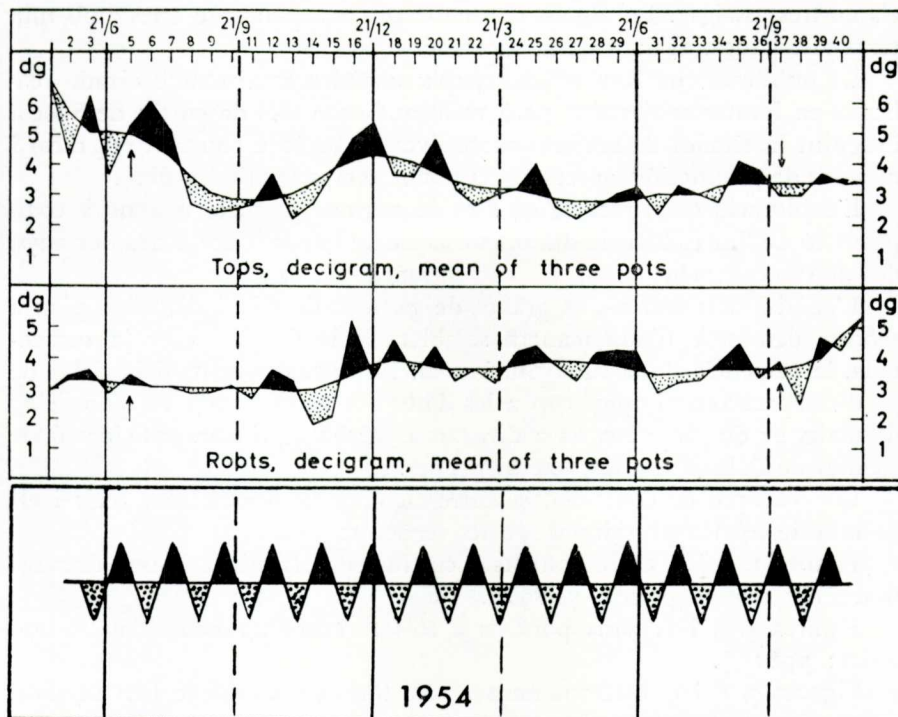


FIG. 7. — Civada en fototermòstat, sobre sòl sorrenc pobre, sense dissolució nutritiva, 1953-1954 (RAPPE, 1964), amb la plantilla teòrica del ritme de 35 dies (CABALLERO, 1969)

per a l'arrel. Si hom determina també la proporció entre el nombre de cims reals i el nombre de llurs coincidències amb els teòrics, resulta aquí 92 % per a la tija i 100 % per a l'arrel.

La fig. 6 (RAPPE) es refereix als perfils de civada cultivada en el mateix substrat que el de la fig. 3 (RAPPE), però sense dissolució nutritiva. En la nostra fig. 7 es presenta juntament amb la tendència teòrica; el nombre de superposicions per a la tija és de 62 % i per a l'arrel de 75 %. Si hom calcula novament la proporció entre el nombre total de cims reals i el nombre dels que ofereixen coincidència, resulta 91 % per a la tija i 81 % per a l'arrel.

El contrast tan accentuat que apareix, sobretot en aquesta última figura, entre els tants per cent de cicles que realment es presenten i els tants per cent de cims reals coincidents amb els teòrics, pot ésser degut al fet que, per tractar-se d'un substrat sorrenc pobre sense addició de dissolució nutritiva, la planta no pot a vegades arribar a resoldre l'adequada resposta rítmica de creixement. Havíem observat ja circumstàncies semblants en els nostres assaigs ². En aquest cas tendeixen a suprimir-se ones amb una certa alternança, al llarg de la successió.

La publicació de RAPPE ⁵ es refereix també a assaigs amb civada realitzats en fototermohigrostat però utilitzant onze sòls de cultiu de Suècia i seguint la tècnica de sembres successives en període constant (14 dies) i mesures de producció transcorreguts també temps iguals (35 dies).

L'exploració de ritmes de 35 dies de període permeté una nova comprovació de llur existència durant un lapse de temps d'uns altres dos anys, des de començament de 1943 a començament de 1945.

L'anàlisi dels trenta-tres gràfics de pes sec de tija i d'arrel i planta sencera demostrà, d'una manera semblant a la de l'anterior ja comentada, la presència de la sèrie plurianual. Els començaments dels cicles de 35 dies apareixen el 1943, cap a les dates del 14 de març, 18 d'abril, 23 de maig, 27 de juny, etc. És a dir, també hi ha aquí una anticipació de 15 dies de l'últim any respecte al primer.

Les relacions de coincidència entre els cims de fluctuacions reals i els de la sèrie teòrica plurianual són les següents:

Figures 1, 2 i 3, corresponents a cultius en sòls minerals ben drenats, nou sèries cronològiques: 71-89 %.

Figures 4, 5 i 6, corresponents a sòls torbosos no ben drenats, nou sèries: 57-81 %.

Figures 7, 8 i 9, corresponents a sòls torbosos d'esfagne ben drenats, nou sèries: 69-87 %.

Figura 10, corresponent a sòl sorrenc ben drenat, tres sèries: 60-79 %.

Figura 11, referent a sòl torbós ben drenat, tres sèries: 53 a 67 %.

Tots aquests sòls, probablement pel fet de tenir una fertilitat baixa, no han permès d'exhibir per la planta un major nombre de cims reals de fluctuació, la qual cosa indubtablement hauria elevat el tant per cent de coincidències. Si novament hom considera el tant per cent de superposicions entre el nombre de cims existents en les sèries reals i el nombre de coincidències amb els de la sèrie teòrica, resulten aquí també sempre xifres més pròximes al 100 %. Considerem que aquestes correlacions són altament significatives.

La detallada publicació de RAPPE ⁶ es refereix també als assaigs amb civada realitzats en fototermohigrostat i durant els anys 1943, 1944 i 1945, objecte del treball de 1965 ja comentat. En aquest cas són comparades les

sèries de producció anteriors amb les corresponents a la variació, en el transcurs dels dits anys, dels valors de composició de les mateixes plantes assajades i dels sòls de cultiu utilitzats.

La nostra exploració, amb relació a la presència d'ones rítmiques de 35 dies, menà també aquesta vegada a resultats positius i amb característiques semblants a les trobades en els treballs anteriors. Així, en tots els onze sòls, quant a les variacions de pH, potassi disponible (mètode Egner), fòsfor disponible (mètode Egner), nitrogen total assimilable (NO_3^- , NH_4^+ , i N orgànic soluble), i CO_2 de l'atmosfera del sòl. Quant a la composició de les plantes, en els continguts en potassi, fòsfor i nitrogen total.

Resulta interessant que per a algunes característiques de composició, l'angle de fase de la sincronització entre les fluctuacions reals i l'ona teòrica canviï amb tendència a oposar-se; és a dir, que s'estableixin 180° de diferència entre l'una i l'altra. Així, quant al CO_2 de l'atmosfera del sòl emmagatzemat durant 21 dies, quant a l'augment de nitrogen assimilable en el sòl emmagatzemat i quant al contingut en Ca de les plantes.

DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

RAPPE, en la discussió dels resultats en la seva publicació de 1966, indica que no hi ha correlació directa, sinó que més aviat hi ha una tendència a la inversa, entre les grans fluctuacions estacionals («macrovariacions») de creixement i les semblants que apareixen en la composició química de planta i sòl.

Troba, sobretot, les fluctuacions menors («microvariacions») de creixement i de composició erixant les grans ones amb una *presentació quàdruple dintre de cada semestre entre equinoccis o entre solsticis*, sense poder assignar-los un caràcter rítmic més definit. També cita que les microvariacions del creixement del total de la planta de civada (tija més arrel) i les corresponents del seu contingut en elements nodridors, ofereixen una variació en general oposada.

En totes les nostres exploracions resulta una elevada correlació directa entre les fluctuacions menors dels perfils reals i les ones de la sèrie teòrica de 35 dies de període. En conseqüència, *per semestre corresponen cinc cims i fracció* (uns set dies). En la realitat no solen presentar-se tots els cims teòrics possibles, llevat d'excepcions ja citades anteriorment, la qual cosa condueix a la mitjana aproximada de quatre, citada per RAPPE.

La circumstància que els grans cims estacionals quedin més carregats de microvariacions és deguda, al nostre entendre, al fet que les condicions que condueixen a depressió àmplia semblen ésser també menys apropiades perquè es manifestin els cims menors. Com que, d'altra banda, les macro-

variacions de producció i les de composició tenen caràcter oposat, les corresponents microvariacions en aparença també l'ofereixen. A aquesta confusió contribueix el període de presa de mostra o de mesura (15 dies) que deixa sense possibilitat de localitzar amb independència i amb la necessària precisió cadascuna de les veritables cuspides dels cims, o, la qual cosa és igual, de les valls intermèdies. Aquest mateix període de mesura fon les fluctuacions lunars que ericen les ones de 35 dies, la qual cosa indubtablement dificulta una resolució més exacta.

Malgrat tot, la suficient amplitud del ritme de 35 dies fa possible la demostració indubtable en les múltiples i variades sèries de Suècia estudiades, sobretot en mantenir-se la sincronització al llarg de les sèries pluviannuals. Hom pot reconèixer, així, sense cap dificultat, la falta d'alguna ona particular en els perfils reals, i hom pot referir el defecte a causes determinades: nutrició deficient, temperatures inadequades o anòmales, etc.

BIBLIOGRAFIA

1. CABALLERO, A.; UBACH, M.; BERBEL, M., i MORALES, A. — *Ritmos en el crecimiento y en la producción de gramíneas pratenses*. «Collectanea Bot.», vol. VII: 117-149 (1968).
2. CABALLERO, A. — *Ritmos de periodo largo en el crecimiento de las plantas*. «Mem. Real Acad. Cien. y Artes de Barcelona», vol. XXXIX (6): 1-52 (1969).
3. RAPPE, G. — *A yearly rhythm in production capacity of gramineous plants. AI. Experiments in pots in the field*. «Oikos», (1): 44-48 (1963).
4. RAPPE, G. — *A yearly rhythm in production capacity of gramineous plants. BI. Experiments in photothermostats on artificial seedbeds*. «Oikos», 15 (1): 140-161 (1964).
5. RAPPE, G. — *A yearly rhythm in production capacity of gramineous plants. BII. Experiments in photothermostats on seedbeds of atable soils*. «Oikos», 16: 177-204 (1965).
6. RAPPE, G. — *A yearly rhythm in production capacity of gramineous plants. BIII. Soil cultures in photothermostats. Test and determination on soils and plants harvested*. «Oikos», supl. 7: 5-60 (1966).
7. RAPPE, G. — *An unknown law in yearly plant growth rhythm* (inèdit) (1967).

DISCUSSIÓ

Dr. ALEMANY

Pregunta si aquests estudis tenen aplicació per a l'extracció del pollen.

Sr. HERNANDEZ i CARDONA

Pregunta si el doctor Caballero ha intentat de relacionar els valors de creixement amb les condicions meteorològiques.

Sr. LLIMONA

Fa avinent que els qui cultiven xampinyons comercialment compten ritmes de 7 dies. Pregunta si són conegudes dades d'altres plantes.

Dr. BOLOS

Constata que una planta tropical com el moresc té una màxima estival, i, per contra, gramínies de tipus centroeuropeus presenten una tendència a la depressió estival, amb dos màxims de creixement, a la primavera i vers la tardor. Això, amb el clima mediterrani d'estiu sec és extraordinari, però és més estrany quan hom considera que en aquests conreus, tot i haver-se fet en condicions d'humitat òptimes, hom notava una depressió estival, un ritme intern de la planta.

Dr. PARÉS

Manifesta que el problema del ritme és realment intrigant i difícil d'interpretar, i apareix, com més hom l'analitza, amb més complexitat, amb una complexitat creixent. Els microorganismes desnitrificants també presenten aquest doble màxim: primavera i tardor, precisament amb els mateixos assaigs de camp amb els quals el doctor Caballero ha estudiat els ritmes comentats.

Dr. CABALLERO

Manifesta al doctor Alemany que amb els mètodes de treball seguits hom no pot arribar al desenvolupament normal de les flors, i, per tant, és impossible l'extracció del pol·len.

Fa saber al senyor Hernández i Cardona que, a part les relacions generals entre clima i desenvolupament anual, les condicions meteorològiques en períodes de temps menors són de caràcter molt més complex i, per tant, difícils de conèixer. Actualment realitzem algunes exploracions concretes en aquest sentit (radiació solar-producció, en períodes curts).

Fa avinent al senyor Llimona que no coneix directament dades referents als xampinyons. Resulta difícil de trobar sèries de mesures fetes amb precisió adequada i, sobretot, de suficient extensió perquè hom pugui realitzar anàlisis en aquest sentit. Els ritmes esmentats semblen ésser, però, de caràcter bastant general.

Declara que el més remarcable és que els conreus efectuats en ambient de condicions constants de temperatura, humitat, llum, fotoperíode, etc., manifesten també aquests ritmes. Que hom els trobi en conreus a l'aire lliure pot ésser degut a molts factors incontrolats, però resulta extraordinari que dins un medi en condicions constants també es donin els ritmes lunars, els de 35 dies, els anuals etc. Els ritmes setmanal i semimensual lunars de 7,4 i 14,8 dies s'ajusten amb el trobat de 35 dies, i aquest amb l'anual. En disminuir el cicle per sota del semimensual i setmanal lunars hom passarà al diari o circadian que manifesten totes les plantes i, bé que nosaltres no els hem poguts estudiar, probablement també el de dia lunar de 24 hores amb 50 minuts. Diu que si hom continuava baixant, sens dubte passaria a d'altres encara menors. Sembla que existeixi una escala, i tot depèn de la unitat de mesura que hom utilitzi.

Constata que resulta curiós que en minvar el cicle també es redueixi l'amplitud d'ona, com si la relació d'amplituds entre els components de l'escala es mantingués constant. Així l'amplitud del cicle de 35 dies representaria un 40 a 50 % de la de l'anual; les degudes al cicle semimensual lunar, el 40 % de la del de 35 dies, i les del setmanal, un 50 % de la del semimensual.