ACCIÓ DEL NITRAT I DE L'AMONI EN LA PRODUCCIÓ ESTACIONAL DE LOLIUM PERENNE L.

Comunicació presentada el dia 22 de gener de 1976
pels doctors

ARTUR CABALLERO, DIONISI F. GUADILLA i RICARDO SIMONNEAU

Departament de Fisiologia Vegetal. Facultat de Biologia.
Universitat de Barcelona

SUMMARY

Effects of nitrates and ammonia on the stational production of *Lolium perenne* L.

Tests were carried out throughout the year 1975 with Lolium perenne *under field conditions to compare the effect of nitrat and ammonia nitrogen on the process of production.*

The nitric or ammoniacal fertilizers were applied in doses of 125, 250, 500 and 1000 Kg N × ha^{-1} × year^{-1}, at weekly intervals in equal fractions and accompanied by phosphorus and potassium (1:1:1).

The advantage of the nitric form was apparent during the part of the year with higher luminosity and the ammoniacal form was found to be beneficial during the autumn.

A quantitative estimation of the growth and its relation to the levels of nutrients applied shows that, on one hand none of them correct the important depressions in the growth rate, and that, on the other hand, it appears to be useful to increase the dosis during the period of high production.

In the series of rises and falls in harvests, the authors come to confirm the periods of 35 days already in other works.

In addition to this, an inverse proportion was observed in the quantity harvested during a summer harvest and the reamining net photosynthesis of the grass after cutting. As the respiratory activity is not reducer in the same proportion, it appears that the daily photosynthesis—respiration balance is endangered, and could be the cause of the subsequent sharp fall which can be difficult to correct.

INTRODUCCIÓ

Els dos factors que més decideixen la producció de *Lolium perenne* són, indubtablement, les disponibilitats d'aigua i de nitrogen assimilable.

La necessitat de mantenir la gespa constantment humida ha estat

remarcada per nombrosos autors.[12, 13, 15, 16, 19] També WILLIAMS i TURNER [22] ho consideren imprescindible per a aconseguir una distribució satisfactòria del creixement. En els nostres conreus de Barcelona s'ha comprovat que resulta impossible pretendre una producció estival suficient, si no es rega amb una freqüència de dos dies com a mínim.

Quant a la nutrició nitrogenada, calen subministres elevats. HOLMES i MACLUSKY [8] i COWLING i LUCKGER [3] troben que s'obté resposta lineal en la producció fins 400 kg. de $N \times ha^{-1} \times any^{-1}$ i SPEDDING i DIEKMAHNS [18] que en 500 $kg \times ha^{-1} \times any^{-1}$ s'arriba a un 90 % dels rendiments màxims. En el nostre cas, hem obtingut respostes positives fins i tot amb aplicacions de l'ordre de 1.000 kg. $N \times ha^{-1} \times any^{-1}$, segurament degut al règim intensiu de reg que es sobreposava i que havia d'ocasionar pèrdues per rentat [17] i potser també per desnitrificació.[21]

Les recomanacions de KLAPP [9] i les conclusions d'ASPINALL [1] per a tractar de corregir les depressions estivals de la producció així com també les observacions lisimètriques de SIMON,[17] segons les quals a les èpoques de màxim creixement la disolució del sol manca de nitrogen soluble, ens portaren a l'assaig d'adobaments molt forts i a seleccionar així barreges N:P:K pròximes a 1:1:1 (als nivells de N de 1.000 $Kg \times ha^{-1}$ any^{-1}) aplicades en fraccions cada 21 dies després de les segues.

Sense un estudi experimental previ i tenint en compte solament les recomanacions generals, les formes de nitrogen aplicades foren nítric i amoniacal a parts iguals. Als sòls neutres, equilibrats, amortits i amb carbonat càlcic, no sembla que es pugui esperar diferències entre l'absorció i assimilació del nitrat i de l'amoni.[20]

D'una altra banda, essent *Lolium perenne* una espècie del grup fotosintètic C_3 (via de Calvin-Benson) és necessari admetre que presenta fotorespiració, per això durant l'època estival amb alta lluminositat i elevades temperatures, els seus processos respiratoris exaltats perjudicaran la fotosíntesi neta i, en conseqüència, la producció. Al nostre parer, aquest balanç fotosíntesi-respiració, en quedar perjudicat i en ocasions negatiu, deu ser el responsable principal de la depressió estival que ofereixen les pratenses de zona temperada.

Aquest perjudici podria representar, en *Lolium perenne,* entre un 30 % i un 50 % de la producció total.

El significat de la fotorespiració en les plantes no es coneix amb exactitud i, en general, es considera més aviat un procés dissipador d'energia sense el qual la planta resultaria beneficiada. LORIMER i ANDREWS [10] la suposen inevitable, donada la constitució de la carboxilasa de la difosfatribulosa, i per a OSMOND i BJÖRKMAN [14] constitueix un mecanisme que protegeix els centres de reacció fotosintètics d'una fotodestrucció a les èpoques de forta insolació i falta d'aigua. S'han suggerit també altres funcions metabòliques. FAIR i coll.[4, 5] troben en *Hordeum* correlació entre el punt de compensació de CO_2 i la relació de nitrat reductasa i activitat de la ribulosa difosfat carboxilasa, per la qual cosa es dedueix que la fotorespiració està relacionada amb el metabolisme nitrogenat.

HOFSTRA i KOCH-BOSMA[7] diuen que en *Lycopersicum esculentum* L. amb radiació solar baixa i suministrant nitrogen amoniacal s'obté millor producció de matèria seca i, en canvi, amb elevada insolació, el nitrat resulta més efectiu.

GREEN i HOLLEY[6] troben de manera igual en cultius hidropònics de *Dianthus caryophyllus* L. que la producció s'incrementa fins a nivells equiparables als de les plantes sense fotorespiració sensible (C_4) si s'utilitza nitrat com a única font de nitrogen durant els períodes de radiació solar més elevada. La reducció de nitrat augmentaria l'assimilació neta de l'anhídric carbònic i reduiria la fotorespiració. El nitrat s'utilitzaria en tals situacions com a desguàs d'energia fotosintètica.

Aquests últims i interessants resultats ens decidiren a fer una exploració comparativa de la influència del nitrat i de l'amoni en la producció de *Lolium* durant un any, en assaigs de camp, i, sobretot, durant el període de la depressió estival, simultaniejant-los amb determinacions de fotosíntesi neta.

METODOLOGIA

El treball fou realitzat durant tot l'any 1975 als Camps Experimentals de la Facultat de Biologia situats a la zona de Pedralbes, a Barcelona. S'aprofità una superfície de gespa de *Lolium perenne* que havia estat sembrada el 1969 i que en els últims anys oferí producció homogènia.

Les característiques del sòl eren: textura franco-sorrenco-argilosa, carbonat càlcic 8,5 %, matèria orgànica 7 % i pH 7,7.

La superfície útil de mida va ésser de 28 m.^{2}, subdividits en catorze parcelles de 2 m.^{2} cada una i disposades en dues sèries de 7 per dues repeticions de sis assaigs i un control. Les parcelles varen quedar rodejades d'un marc d'igual gespa, de 40 cm. d'amplada a fi d'eliminar l'efecte de vorera.

Els nivells escollits de nitrogen, tant per nitrat com per amoni foren: des del 22 de març al 5 de juliol 125, 250 i 500 kg $\times$ ha^{-1} $\times$ any^{-1} i des del 5 de juliol fins a la fi de l'any, 250, 500 i 1.000 kg $\times$ ha^{-1} $\times$ any^{-1}. El nitrogen va ésser aplicat en fraccions setmanals junt amb fòsfor i potasi en relació 1:1:1 ($N:P_2O_5:K_2O$); utilitzant-se per a les barreges nítriques nitrat sòdic, fosfat monopotàssic i sulfat potàssic i per a les amoniacals sulfat amònic, fosfat biamònic i sulfat potàssic.

Per tal de seguir el curs de la producció de la gespa, les parcelles varen ser segades cada 21 dies amb tisores 2 a 4 cm. d'altura sobre el nivell del sòl i amb la collita es determinà: pes fresc *in situ* i pes sec, prèvia dessecació a 105°.

Les mesures de fotosíntesi neta i respiració es van realitzar amb l'ajuda de l'anàlisi de l'anhídric carbònic per absorció a l'infraroig (IRGA, Leeds & Northruo, amb registrador Speedomax) i equip especial dissenyat per a treball directe en el camp. El sistema va ser de cicle

obert, o lleugera sobrepressió (2 cm. d'aigua) amb cambra transparent de metacrilat de base quadrada (2.500 cm.^{2}), 86 litres de capacitat i provista de sistema d'acondicionament per a permetre el treball a temperatura igual a l'ambient o bé inferior o superior a ella. Durant els períodes de mesura la cambra va quedar ajustada sobre marcs d'alumini que estaven clavats en la gespa fins a una profunditat de 10 cm.[11]

Altres mesures realitzades en els ambients interiors i exteriors de la cambra foren: temperatures de sòl, aire i fulla, humitat relativa i radiació solar.

El reg es va aplicar sempre que va ser necessari per un sistema d'aspersió homogènia. A l'estiu, cada dos dies, com a terme mitjà i amb una quantitat d'aigua de 20 litres m.^{2}.

Resultats

La producció total fou proporcional a la quantitat de nitrogen aplicat, sense que durant el període del 22 de març al 5 de juliol s'arribés al 90 % de la màxima amb la dosi de 500 kg. de N $\times$ ha^{-1} $\times$ any^{-1} (gràfica 1). La resposta durant el període subsegüent fou de menor proporció i amb els 1.000 kg $\times$ ha^{-1} $\times$ any^{-1} s'aconseguí quasi igual rendiment que amb la de 500 kg $\times$ ha^{-1} $\times$ any^{-1} (gràfica 2).

La distribució del creixement durant l'any va ser típica, amb tres cims a les parcelles adobades (maig, juliol i setembre-octubre) i una depressió molt assenyalada centrada a mitjans d'agost. Els perfils van ser tant o més contrastats en cims i depressions com més elevat fou l'adobament i sense que la depressió d'agost quedés corregida en cap dels casos (gràfiques 3, 4 i 5). Les parcelles sense adobament van presentar un perfil de producció amb tendència a bimodal (juliol i setembre-octubre) (gràfica 6).

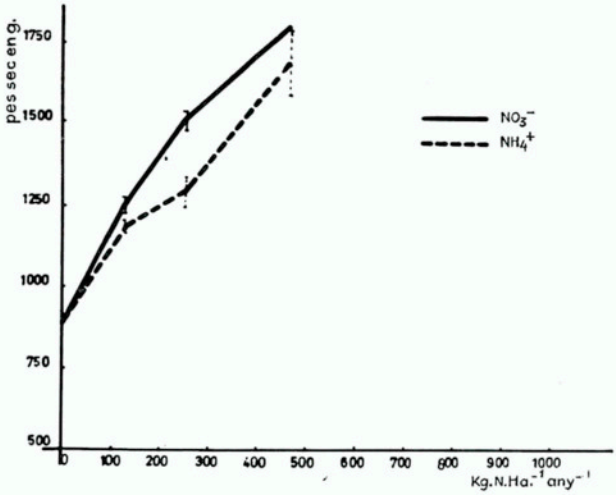
Els cims i depressions es van presentar alternats cada 35 dies, excepte el cicle final de setembre-octubre, que va ocupar el doble, és a dir, uns 70 dies (per exemple, fig. 4).[2]

Les produccions totals dins de cada nivell de nitrogen van ser pràcticament les mateixes, tant per a les de l'adobament nítric com per a les de l'amoniacal (taula 1). Amb tot, durant el període comprès entre el 22 de març i el 5 de juliol, la producció mitjana de les que van rebre nitrat va ser millor (gràfiques 1, 3, 4 i 5).

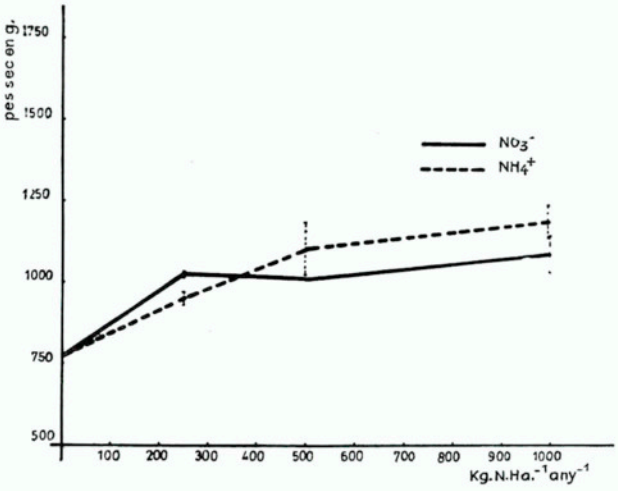
Les collites del 26 de juliol al 16 d'agost van ser les mateixes per nitrat que per amoni. Després de setembre-octubre van passar a ser més efectives les formes amoniacals, sobretot per a les dosis de 500 i 1.000 kg$\times$ ha^{-1} $\times$ any^{-1} (gràfica 2).

Respecte a la fotosíntesi neta i a la respiració, donada la dificultat que es presenta per a les comprovacions per la gran quantitat de variables que es sobreposen en condicions de camp, en aquest avançament només s'inclouen alguns aspectes interessants en relació al tema.

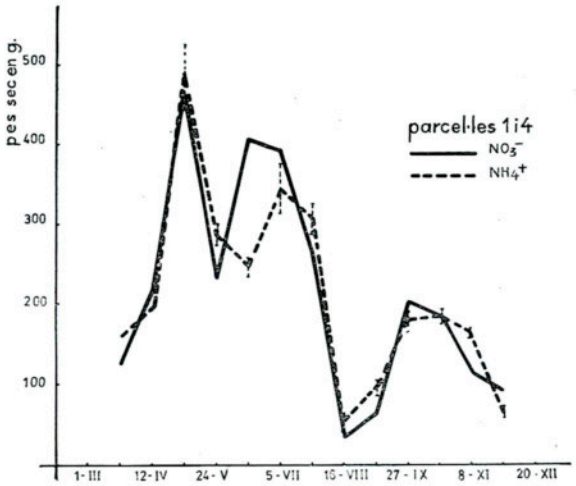
La gespa, després de la sega, ofereix fotosíntesi neta disminuïda en



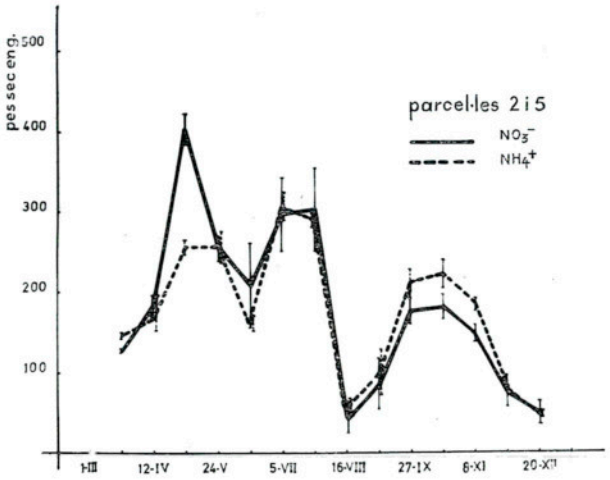
GRÀFICA 1. — Efecte de les dosis de nitrat i d'amònic sobre la producció en el període comprès entre el 22 de març i el 5 de juliol inclòs. Es pot veure l'efecte favorable del nitrat a totes les concentracions i que la dosi de 500 kg no arribava a donar el 90 % de la producció òptima.



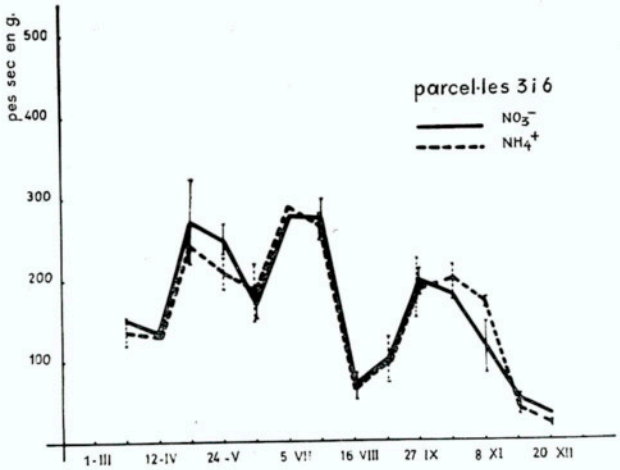
GRÀFICA 2. — Efecte de les dosis de nitrat i d'amònic sobre la producció en el període comprès entre el 26 de juliol i la fi de l'any. Veiem l'efecte favorable de l'amònic i també el menor rendiment de l'augment de les quantitats de nitrogen (des de 250 kg la millora és petita).



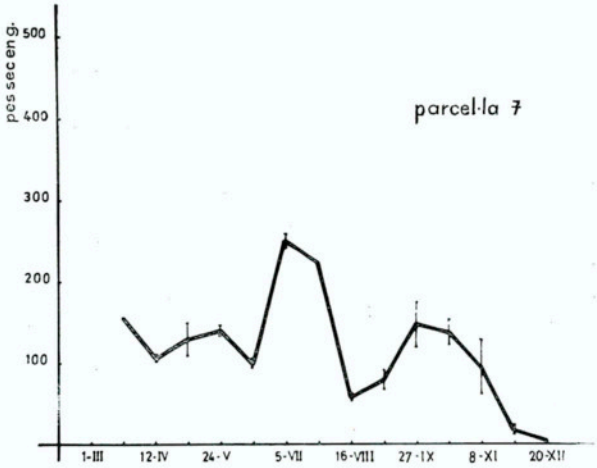
GRÀFICA 3. — Curs anual de la producció a les parcel·les amb 500 kg de nitrogen en forma de nitrat o d'amònic. Cal remarcar un cert efecte benèfic del nitrat durant el mes de juny i un altre més petit de l'amònic a la fi de novembre.



GRÀFICA. 4. — Parcel·les amb dosis de 250 kg de nitrogen nítric o amoniacal durant la primera part de l'any i de 1.000 kg durant la següent. Són evidents els efectes benèfics del nitrat al principi i de l'amònic al final.



GRÀFICA 5. — Parcel·les amb 125 kg de nitrogen en començar l'any i 500 en el temps següent Es pot veure el mateix efecte respecte al nitrat i a l'amònic que a la gràfica 4.



GRÀFICA 6. — Curs anual del creixement a les dues parcel·les control. Cal remarcar les puntes esmussades de la primavera. Com a les tres gràfiques precedents hi ha tres puntes de producció separades per depresions, l'última de les quals, centrada a l'agost, és molt accentuada per a totes les dosis de nitrogen. El període de puntes i depressions és de 35 dies.

proporció a la collita obtinguda. Les xifres del remanent varien entre 1/3 i 1/10. A la part inferior de la planta que queda després de la sega dominen les fulles velles i les més joves —fases, totes dues, amb rendiments fotosintètics menors. Degut al fet que la respiració nocturna no disminueix en igual proporció, el balanç fotosíntesi-respiració queda molt perjudicat, sobretot a l'època més calorosa. A parer nostre, això permet explicar les depressions que solen presentar-se a mig estiu i, sobretot, a continuació de les segues amb elevat rendiment.

La comparació durant els dies clars de la tardor de la intensitat de la fotosíntesi neta entre les parcel·les amb nitrogen nítric i amb nitrogen amoniacal, no ha permès demostrar diferències sensibles. Això pot ésser degut al fet que durant aquests dies amb lluminositat encara elevada no apareguin els efectes beneficiosos del nitrogen amoniacal que, en conjunt, es manifesten durant aquesta estació.

TAULA I. Producció de *Lolium perenne*, 1975. Adob nítric o amoniacal

Kg N × ha⁻¹	*Pes*	*Sèrie A (esquerra)*		*Sèrie B (dreta)*		*Mitjana*	
× any⁻¹	*kg. 2 m²*	NO_3^-	NH_a^+	NO_3^-	NH_a^+	NO_3^-	NH_a^+
500	p. fresc	—	—	16.914	17.229	16.914	17.229
	p. sec	—	—	2.806	2.804	2.806	2.804
250-1.000	p. fresc	16.040	15.418	15.428	14.768	15.734	15.093
	p. sec	2.628	2.421	2.571	2.368	2.600	2.391
125-250	p. fresc	13.154	12.166	12.871	12.331	13.012	12.248
	p. sec	2.299	2.135	2.230	2.134	2.264	2.135
0-(control)	p. fresc	10.461		9.085		9.217	
	p. sec	1.672		1.630		1.651	

DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Els efectes beneficiaris trobats amb el nitrat respecte a l'amoni durant l'època de l'any més lluminosa i de l'amoni respecte al nitrat durant la tardor, coincideixen amb els de HOFSTRA i KOCH-BOSMA [7] en tomaquera i de GREEN i HOLLEY [6] en clavell. L'aplicació setmanal i fraccionada de l'adobament probablement redueix la nitrificació de l'amoni i així es pot

manifestar en condicions de camp la diferència entre ambdues formes de nitrogen.

Un altre aspecte a destacar és que, durant el final de la primavera i el començament de l'estiu, època de màxima producció, el nivell de 500 kg. N $\times$ ha^{-1} $\times$ any^{-1} no és suficient per a aproximar la producció al 90 % de la màxima. Això potser és degut al règim imposat d'elevada freqüència i intensitat d'irrigació. Resultats, d'altra banda, d'acord amb les observacions de SIMON,[17] del fet que la desaparició del nitrogen soluble del sòl de la prada coincideixen amb els cicles de màxima producció. D'aquestes conclusions es dedueix la conveniència de desproporcionar l'adob durant l'any i concentrant-lo més durant l'època de màxima collita.

Els estudis comparatius de fotosíntesi neta realitzats amb la gespa abans i després de segar-se semblen obrir el camí cap la consecució d'una explicació racional de les depressions estivals, que amb freqüència s'exageren seguint els cims destacats.

Tot justifica, segons el nostre judici, el treball experimental que s'inicià aquest any 1976, amb les necessàries repeticions per a la plena garantia estadística i que recull les experiències aconseguides.

BIBLIOGRAFIA

1. ASPINALL, D.: *The control of tillering in the barley plant. The pattern of tillering and its relation to nutrient supply.* «Austr. J. Biol. Sci.», *14:* 493-505 (1961).
2. CABALLERO, A.: *Ritmos de período largo en el crecimiento de las plantas.* «Mem. Real Acad. Ciencias y Artes Barcelona», *30* (6): 169-214 (1969).
3. COWLING, D. W. i LOCKYER, D. R.: *A comparison of the reaction of different grass species to fertilizer nitrogen and to growth in association with white clover.* «J. Br. Grassld. Soc.», *20:* 197-204 (1965).
4. FAIR, P.; TEW, J. i CRESSWELL, C. E.: *Enzyme activities associated with carbon dioxide exchange in illuminated leaves of* Hordeum vulgare *L. I. Effects of light period, leaf age and position on carbon dioxide compensation point.* «Ann. Bot. (London), *37:* 831-844 (1973).
5. FAIR, P.; TEW, J. i CRESSWELL, C. F.: *Enzyme activities associated which carbon dioxide exchange in illuminated leaves of* Hordeum vulgare *L. IV. The effect of light intensity on the carbon dioxide compensation point.* «Ann. Bot. (London)», *38:* 45-52 (1974).
6. GREEN, J. L. i HOLLEY, W. D.: *Effect of the* NH_4 : NO_3^- *ratio on net photosynthesis of carnation.* «J. Amer. Soc. Hort. Sci.», *99* (5): 420-424 (1974).
7. HOFSTRA, J. J. i KOCH-BOSMA, T.: *Organic phosfate in ammonium and nitrate —fed tomato plant.* «Acta Bot. Neerl.», *19:* 546-552 (1970).
8. HOLMES, W. i MACLUSKY, D. S.: *The intensive production of herbage for crop drying.* «J. Agric. Sci., Camb.», *46:* 267-286 (1955).
9. KLAPP, E.: *Twenty years of grassland recording of experimental farm at Retgen.* «The measurement of grassland productivity». J. D. Ivins, Butterworths Sci. Pub. Londres (1959).
10. LORIMER, G. H. i ANDREWS, T. J.: *Plant Photorespiration — an inevitable consequence of the existence of atmospheric oxigen.* «Nature», *243:* 359-360 (1973).

11. LOUWERSE, E. i EIKHONDT, O.: *A mobile laboratory for measuring photosynthesis, respiration and transpiration of field crops.* «Photosynthetica, 9 (1): 31-34 (1975).
12. LOW, A. J. i ARMITAGE, E. R.: *Irrigation of grassland.* «J. Agric. Sci. Camb.», *52:* 256-262 (1959).
13. MUNRO, L. A.: *Irrigation of grassland.* «J. Br. Grassland Soc.», *13:* 213-221 (1968).
14. OSMOND, C. B. i BJÖRKMANN, R. C.: *Effects of O_2 on photosynthesis. Simultaneous measurements of oxigen effects on net photosynthesis and glycolate metabolism in C_3 and C_4 species of Atriplex.* «Carnegie Inst. Washington Year Book», *71:* 141-148 (1972).
15. PENMAN, H. L.: *Woburn irrigation 1951-1959. 2. Results for grass.* «J. Agric. Sci., Camb.», *58:* 349-364 (1962).
16. REID, D. i CASTLE, M. E.: *The response of grassclover and puregrass leys to irrigation and fertilizer nitrogen treatment. I. Irrigation effects.* «J. Agric. Sci., Camb.», *64:* 185-194 (1965).
17. SIMON, E.: *Contribución al estudio de las variaciones cronológicas del nitrógeno mineral en suelos de cultivo.* «Tesis Doc. Pub. Univ. Barcelona» (1973).
18. SPEDDING, C. R. W. i DIEKMAHNS, E. C.: *Grasses and legumes in British Agriculture.* Bull. 49. Comm. Agr. Bur. (1972).
19. STILES, W. i WILLIAMS, T. E.: *The response of a ryegrass/white clover sward to various irrigation regimes.* «J. Agric. Sci. Camb.», *65:* 351-364 (1965).
20. STREET, H. E. i SHEAT, D. E. G.: *The absorption and availability of nitrate and amonia.* «Encycl. Plant. Physiol.», *8:* 150-161. Spring. Ver. (1958).
21. VIVES, J.: *La desnitrificación bacteriana en una pradera de* Lolium perenne. Tesis Doct. Pub. Univ. Barcelona (1973).
22. WILLIAMS, T. E.; STILES, W. i TURNER, P. J.: *The seasonal growth of pasture grasses.* «J. Agric. Sci., Camb.», *68:* 109-122 (1960).