

Utilisation De L'âge Foliaire Chez Le Dactyle (*Dactylis Glomerata L*) Pour Simplifier Sa Cinétique De Croissance Dans Des Conditions Différentes De La Nutrition Azotée.

Dr. E L-Khodre Ahmad*
Dr. Ali Kinjo **

(Accepted 16/4/2003)

□ RESUME □

L'étude de l'évolution de la croissance en fonction du temps, qui peut être traduite en courbes de croissance ,est très complexe ; car ces courbes sont élaborées généralement par des méthodes destructives. Elles sont aussi très variables en fonction des conditions atmosphériques et trophiques du milieu. De plus, elles sont expérimentalement laborieuses, et difficile à expliquer par une formule mathématique simple et générale. Pour cette raison et afin de simplifier le problème, nous avons eu recours au repère morphogénétique bien connu chez les graminées, qui l'on appelle le Phyllochrone. Nous avons montré dans cette étude, portant sur des individus isolés de dactyle(*Dactylis glomerata L.*) en conditions contrôlées, qu'il existe une intime synchronisation entre la croissance et le développement morphogénétique dans les conditions variables d'alimentation en azote. Dans ce cas, on peut construire les courbes de croissance par une méthode non destructive. Ceci en déterminant l'évolution en fonction du temps d'un repère morphogénétique come le phyllochrone (sans détruire la plante). Tout se passe au niveau de la plante, comme si les facteurs du milieu agissaient sur la vitesse phyllochronique et sur la vitesse des autres processus dans la plante, de manière que celle-ci garde toujours une synchronisation adaptative continue entre le phyllochrone et la croissance.

Ce type d'étude peut être utilisé dans le cadre de la modélisation de croissance-développement différentielle d'une culture de graminées fourragères, pour prévoir sa production en matières sèches, par une méthode non destructive.

Mots-clés: Dactyle, phyllochrone, morphogénèse, croissance, azote

* Professeur Au Département De Science Du Sol, Faculté d'Agronomie, Université De Tichrine-Lattaquie-Syrie.

** Maître De Conférences Au Département De Science Du Sol, Faculté d'Agronomie, Université De Tichrine-Lattaquie-Syrie.

استخدام العمر الورقي عند نبات الإصبعية (*Dactylis glomerata L.*) لتبسيط الية نموه في ظروف مختلفة من التغذية الأزوتية

* الدكتور أحمد الخضر

** الدكتور علي كنجو

(قبل للنشر في 2003/4/16)

□ الملخص □

تعتبر دراسة تغيرات النمو بدلالة الزمن، التي تترجم بمنحنيات للنمو، دراسة معقدة. وذلك لأن هذه المنحنيات تعد عادة، بالطرق المدمرة (نحتاج معها إلى اقتطاع عينات نباتية)، وهي أيضاً متغيرة كثيراً حسب الظروف الجوية والأرضية للوسط المحيط بالنبات. بالإضافة إلى ذلك، فإن عملية الحصول على هذه المنحنيات تجريبياً هي عملية شاقة، ومن الصعب التعبير عنها بصيغ رياضية سهلة وعامة. لذلك، ومن أجل حل هذه المشكلة، فقد لجأنا إلى استخدام أحد الدلائل الشكلية الموروثة، المعروفة عند العائلة النجيلية، والذي يدعى "الفيلوكرون" (phyllochrone).

لقد أوضحنا من خلال هذه الدراسة، التي استعملت فيها نباتات الإصبعية المتكثثة (*Dactylis glomerata L.*) المزروعة بشكل إفرادي، في وسط محكم، وجود تزامن صميمي بين النمو وبين التطور الشكلي الموروث ضمن ظروف متغيرة من التغذية الأزوتية، يمكننا من رسم منحنيات النمو بطريقة غير مدمرة. ويكون ذلك عن طريق تحديد التغيرات مع الزمن لأحد الدلائل الشكلية الموروثة للنبات مثل "الفيلوكرون" (بدون اقتلاع أو تخريب للنبات). كل ذلك يتم، كما لو أن عوامل الوسط تؤثر بنفس الوقت على السرعة الفيلوكرونية وعلى سرعة التطورات الأخرى، بشكل يحافظ معها النبات على تزامن تأقلمي مستمر بين الفيلوكرون وبين النمو، حيث يمكن استخدام هذا النمط من الدراسة ضمن إطار نمذجة النمو والتطور التمايزي لأحد المحاصيل النجيلية العلفية بغية التنبؤ بإنتاجه من المادة الجافة بطريقة غير مدمرة.

كلمات مفتاحية: نبات الإصبعية، فيلوكرون، شكلي موروث، نمو، آزوت.

*أستاذ في قسم التربة بكلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .
**أستاذ مساعد في قسم التربة بكلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

1-INTRODUCTION:

L'analyse des courbes de croissance dans des conditions contrôlées et en temps astronomique a fait l'objet de nombreux travaux (EVANS, 1972; CALOIN et al, 1980; YOUNG, 1981; HUNT, 1982). Dans ce domaine, les auteurs se sont souvent orientés vers l'ajustement des données expérimentales à des courbes plus ou moins complexes et à la mise en évidence de corrélation "allométrique" de croissance (HUNT, 1978), ou bien vers l'utilisation de raisonnements mathématiques basés sur une réflexion théorique sur le fonctionnement du végétal et, en particulier sur les phénomènes physiques de transfert. Cette approche a été poussée très loin par (THORNLEY, 1972; TROUGHTON, 1977; DE WET et GOUDRIAAN, 1978 ; EL-KHODRE, 1990). La croissance dans ces cas est marquée par les conditions du milieu (température, lumière, teneurs en éléments nutritifs, en eau et en CO₂) est très variables au cours du temps en fonction de ces conditions. D'autre part, depuis la définition du plastochrone par (ERIKSON et MICHELIANI, 1957) (L'intervalle du temps entre l'apparition des ébauches de deux feuilles successives sur un apex), et la notion de phyllochrone (l'intervalle du temps entre l'émergence de deux feuilles successives hors des gaines de feuilles précédentes sur une même talle) (BUNTING et DRENNAN, 1966).

Très peu des travaux ont été effectués en utilisant ces deux notions fondamentales afin de décrire la croissance sur une base morphogénétique aussi indépendante que possible des conditions du milieu (GOUNOT et al, 1982; CHUNG et al, 1982 ; EL-KHODRE, 1984, 1986 ; TRIBOI, 1988).

Notre étude actuelle est consacrée à l'analyse de la croissance de *Dactylis glomerata* L., en utilisant le phyllochrone (ϕ) comme maillon morphogénétique reliant la variation de la biomasse B ou d'autres paramètres de croissance - développement, à l'action des facteurs du milieu. Ainsi, notre travail actuel a pour but de simplifier l'étude de la cinétique de croissance en temps astronomique (dB/dt) qui est à la fois très complexe, destructive, lourde à aborder expérimentalement et très variable avec les conditions du milieu. Si bien qu'on ne peut pas l'utiliser pour faire une prévision de la production végétale.

Pour cela, nous avons introduit la cinétique phyllochronique ($d\phi/dt$) ; qui est facile à déterminer en fonction des conditions du milieu, sans détruire la plante, et en faisant l'hypothèse que $dB/d\phi$ (ou les autres paramètres de croissance- développement) auraient une cinétique plus simple, voire invariante (EL-KHODRE, 1989). La cinétique de croissance devient alors: $dB/dt = dB/d\phi \cdot d\phi/dt$ même si $dB/d\phi$ varie un peu avec les conditions du milieu. Cette méthode ne perd pas son intérêt, car elle permet en tout cas de faire ressortir la part réellement morphogénétique du fonctionnement de la plante et celle qui dépend des conditions du milieu (EL-KHODRE et AKRI; 1993). Cette méthode représente le moyen le plus simple pour affronter les problèmes de la morphogénèse, qui ne sont pas bien résolus.

2- MATERIELS ET METHODES

2-1-Conditions de culture:

Cette expérience, réalisée en 2001-2002, est portée sur *Dactylis glomerata* foléale (le cycle pluriannuel de cette plante est présenté sur la figure 1), cultivé par pieds isolés dans des pots en plastique, sur sable fin irrigué journallement par des solutions nutritives contenant 0,2 ; 20 ; et 30 milliéquivalents d'azote par litre (les autres anions

ainsi que les oligoéléments sont constants. Par contre les cations varient, mais le rapport entre eux reste constant). Les pots étaient placés dans une chambre conditionnée: température 17- 18 c°, photopériode de 16 heures par jour, humidité relative 80-85 %.

La seule différence porte sur la concentration en azote dans les solutions d'irrigation.

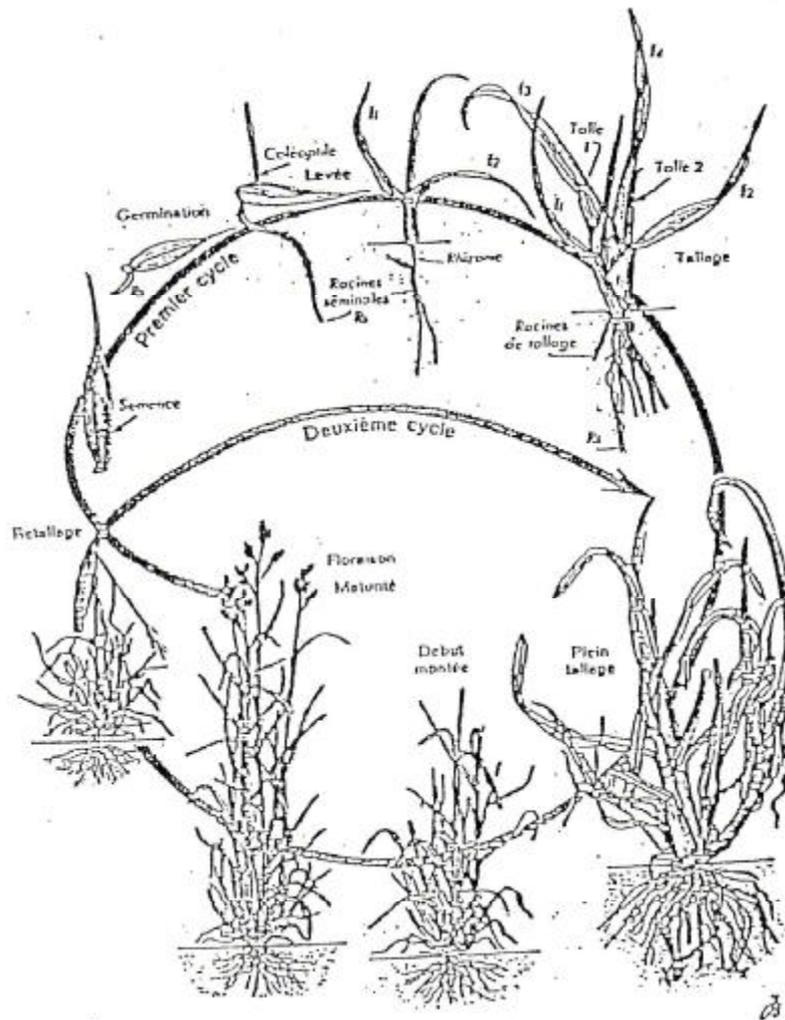


Fig (1)

Cycle pluriannuel :
DACTYLE

2-2 Semis et Germination :

Nous avons semé 5 graines du Dactyle dans des pots en plastique de 1500 cm³ (180 pots) chaque pot possède 5 petits trous pour assurer le drainage. Les pots sont remplis d'une couche de sable grossier de 2 cm d'épaisseur, d'une porosité volumique de 31%. Le volume restant des pots a été rempli de sable fin d'une porosité volumique de 33 %. Les pots qui sont translucides ont été entourés de papier d'aluminium pour empêcher le développement des algues. La germination s'est effectuée en utilisant l'eau distillée. Elle a eu lieu 7 jours après le semis .Des sélections sont opérées sur les plantes

de façon à ne laisser qu'une plante par pot et que les plantes de différents pots soient homogènes.

2-3 Mesures effectuées:

Chaque semaine (de la 3^{ème} à la 8^{ème} semaine après le semis), on a compté sur chacun des individus, le nombre de feuilles et de tiges sur l'axe principal, ainsi que le nombre total des feuilles vivantes et mortes sur la plante entière. On a prélevé chaque semaine, au moins, 4 plantes de chaque concentration (on a prélevé 12 plantes de chaque concentration pour la première observation et 8 pour la deuxième). Ces plantes ont été triées afin de représenter un échantillon fidèle de l'ensemble de la population, sur les plantes prélevées, on a effectué les mesures suivantes:

* Croissance pondérale: La biomasse sèche des parties aériennes et racinaires pour chaque individu a été obtenue après passage à l'étuve à 70 °C durant 3 jours.

* Âge foliaire: L'âge foliaire ou le développement phyllochronique a été défini par l'émergence visible de la jeune feuille au milieu des gaines des feuilles précédentes.

Il ya fréquemment deux feuilles non ligulées simultanément. Ce repère donne des résultats équivalents, mais plus réguliers que le dégagement de la ligule, car celui-ci constitue un événement plus éloigné de l'événement morphogénétique fondamental (L'initiation de la feuille dans le méristème apical). Il en résulte bien entendu que dans notre méthode, il ya un décalage de 1 à 2 phyllochrones par rapport au plastochrone.

* Développement des parties aérienne et racinaires: On a mesuré au cours de la phase végétative, le nombre total des feuilles ; les dimensions des feuilles, le nombre des tiges, le nombre total des racines d'ordre un, le diamètre et la longueur racinaire.

* Surface foliaire: elle a été mesurée par deux méthodes: la plus précise était la pesée de photocopies, pour laquelle l'erreur maximale est de 1-2 %. La mesure des dimensions des feuilles et l'utilisation de la relation: longueur · largeur · 0,90 conduit à une erreur d'ordre de 1-5 à 10% (DE PARCEVAUX et VUTSKY, 1970).

* Surface racinaire: Elle a été déterminée à partir des longueurs LO des diamètres (\emptyset) de racines ($SR = \emptyset \cdot \pi \cdot LO$).

3- RESULTATS ET DISCUSSIONS:

3-1 Croissance pondérale globale et morphogénèse:

Les courbes de $Bt = f(t)$ qui sont représentées sur la figure (2) sont irrégulières et statistiquement inutilisables par suite de la très forte corrélation entre l'écart-type et la moyenne de la biomasse totale.

Les courbes $\log Bt = f(t)$ sont incurvées vers le bas à partir de la 6^{ème} semaine après le semis et différentes suivant les traitements (Fig.3). Le remplacement du temps en abscisse par son logarithme selon l'expression: $\log Bt = f(\log t)$, donne des droites

(Fig.4) de pente et d'ordonnées à l'origine différentes suivant les traitements (les traitements 20 et 30 méq sont ajustés par une droite de régression commune, car la concentration en azote est élevée dans les deux cas). Le remplacement du logarithme du temps astronomique ($\log t$) par le logarithme du temps phyllochronique ($\log \varphi$) dans l'expression précédente:

$$\text{Log BT} = F(\log \varphi)$$

Donne une droite de régression commune (fig.5). Quelles que soient les concentrations en azote du milieu. Le tableau 1 fournit les coefficients des droites, et les résultats de tests «t» et «f» représentés par la possibilité d'avoir une droite commune entre les traitements

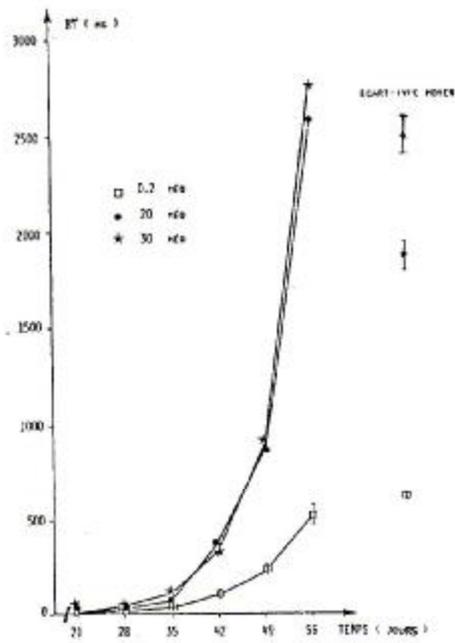


Fig (2) : Evolution de la biomasse totale en fonction du temps après le semis.

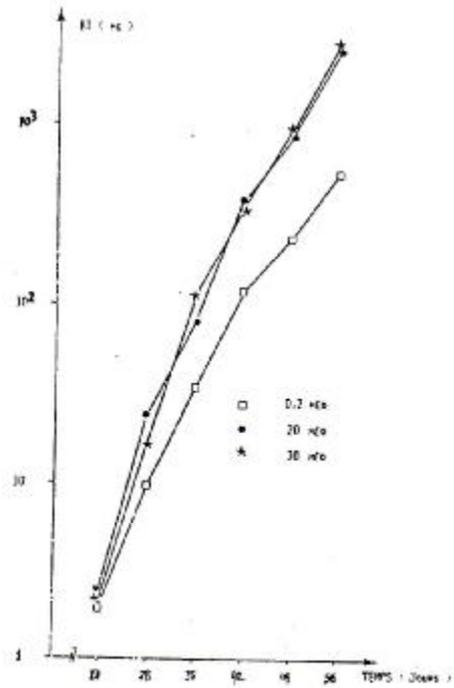


Fig (3) : Relation entre le logarithme de la biomasse totale et le temps après le semis.

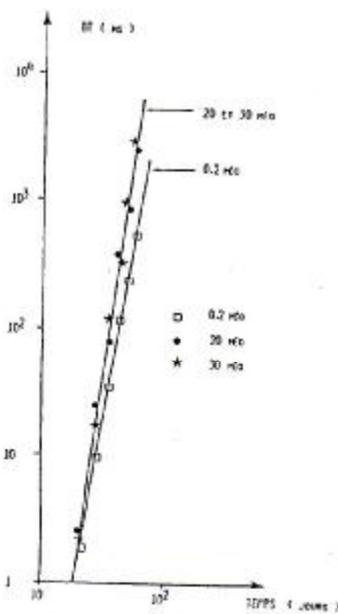


Fig (4) : Relation Bi-logarithmique entre la biomasse totale et le temps après le semis.

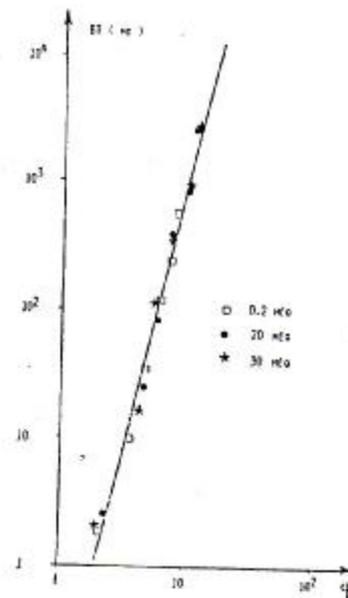


Fig (5) : Relation Bi-logarithmique entre la biomasse totale et le temps phyllochronique.

Tableau 1: Ajustement des droites de régression de la biomasse totale (mg/ plante) ; selon les différentes expressions utilisées (les traitements non significativement différents ont été regroupés).

Traitement	Log Bt = a + b t			log Bt = a + b log t			log BT = a + b log φ		
	b	a	r	b	a	r	b	a	r
0,2 méq	0,069	-0,987	0,990	5,738	-7,302	0,999	4,097	-1,126	0,994
20 méq	0,094	-1,417	0,989	6,953	-8,760	0,999	4,336	-1,316	0,992
30 méq	0,087	-1,276	0,985	7,309	-9,339	0,999	4,119	-1,153	0,990
0,2+20+30 méq	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	4,207	-1,199	0,992

* N.B: r est le coefficient de corrélation.

Le signe (-) signifie que les traitements ne peuvent pas être regroupés.

A la lumière de ces résultats, une image cohérente se dégage. Les courbes Représentatives de la relation: $\log Bt = f(t)$ ont deux phases: La première est exponentielle jusqu'à la 6^{ème} semaine après le semis. Date après laquelle, la deuxième phase commence par un ralentissement progressif de la production de biomasse

Les relations: $\log Bt = f(\log t)$ sont linéaires ,mais la forte dépendance des coefficients des droites par rapport aux concentrations en azote du milieu, limite l'intérêt de ces relations, car en conditions non contrôlées, elles ne seraient très probablement plus linéaires.(El-KODRE et AKRI,1993).

Les relations: $\log Bt = f(\log \phi)$ sont linéaires, sauf peut être pour les tous premiers phyllochrones, ceci est probablement dû à la faible augmentation de la biomasse pendant les premiers phyllochrones , provoquée par les particularités des racines séminales.

Quoiqu'il en soit, l'existence d'une relation linéaire en coordonnées bi-logarithmiques entre Bt et φ ,semble avoir une grande généralité en fonction des facteurs du milieu en conditions contrôlées, et pour des plantes isolées. Ceci semble l'effet des facteurs internes d'autorégulation du développement individuel indépendant de l'influence directe du milieu antérieur. L'invariance la moins relative de la relation entre croissance pondérale et phyllochrone est très intéressante du point de vue théorique dans la mesure où elle établit un lien précis entre fonctionnement trophique et morphogénèse. D'autre part, elle offre la possibilité de reconstruire les courbes de croissance globale.

En effet, pour obtenir une courbe de croissance par la méthode classique (destructive), que nous avons employé, il faut sacrifier un échantillon relativement important (6 à 8 individus) à chaque date, pour laquelle on veut obtenir un point, et une dizaine de points sont nécessaires pour avoir une courbe précise. Au total de 60 à 80 plantes sont nécessaires. Dans la mesure où la relation $\log Bt = f(\log \phi)$ serait bien établi et générale, on pourrait se contenter de déterminer deux points de la droite: $\log Bt = a + b \log \phi$ (en utilisant 12 à 16 individus) et en déduire la courbe de croissance classique en temps réel à l'aide d'observations non destructives sur la date de réalisation des phyllochrones successifs, de cette façon le nombre d'individus à sacrifier est réduit d'un facteur 5 sans perte de précision. Il serait plus intéressant de pouvoir aller plus loin et trouver un moyen de reconstruire la courbe de croissance à partir d'un seul point. Dans ce cas, en effet, il deviendrait possible de définir très simplement la courbe

de croissance d'un individu isolé. Ce qui n'est possible actuellement qu'imparfaitement par des méthodes non destructives (ARNOTT et al, 1974) qui ont l'inconvénient d'être basées sur le poids frais (donc sans rapport immédiat avec la photosynthèse nette) et qui ne sont réalisable qu'en cultures hydroponiques au laboratoire.

3-2 Développement phyllochronique:

Le nombre phyllochronique croît de façon linéaire avec le temps réel jusqu'au 12ème phyllochrone (56 jours après le semis ,fig 6). Mais la relation $\phi = f(t)$ peut être perturbée pour une raison ou une autre pour des plantes plus âgées (N'KANDZA,1980 ;EL KHODRE et GOUNOT ,1983). Cette perturbation peut être due soit aux variations du milieu de culture ,soit aux variations du milieu interne de la plante ,par sa teneur en azote qui provoque la modification de la vitesse phyllochronique.

3-3 Croissance pondérale des parties aériennes:

La croissance en fonction du temps astronomique et en coordonnées logarithmiques est tout à fait linéaire (fig.7) , mais les droites sont distinctes (sauf pour les traitements 20 et 30 méq) par une pente qui augmente avec la concentration en azote dans le milieu.

La relation: $\log BA = f(\log \phi)$ est également très linéaire

(fig. 8). Les droites correspondant aux différents traitements sont confondues.

le tableau 2 donne les valeurs des coefficients des droites de régression correspondantes à chaque traitement selon les deux expressions: $\log BA = f(\log t)$ et $\log BA = f(\log \phi)$. Chaque fois qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les traitements, on a calculé les coefficients de la droite de régression commune.

Tableau 2: Ajustement des droites de régression de la biomasse aérienne

(mg/ plante) selon les deux expressions utilisées (les traitements non significativement différents ont été regroupés).

Traitement	Log AB = a + b log t			Log BA = a + b logφ		
	b	a	r	b	a	r
0,2 méq.	5,595	-7,292	0,999	4,003	-1,275	0,996
20 méq.	6,903	-8,796	0,998	4,308	-1,407	0,992
30 méq.	7,292	-9,410	0,999	4,159	-1,248	0,990
0,2+20+30 méq.	-	-	-	4,214	-1,347	0,991

3-4 croissance pondérale des parties racinaires :

Les courbes de croissance racinaire (BR) en temps astronomique et en coordonnées logarithmiques (fig. 9) sont des droites plus ou moins distinctes (regroupement entre les traitements 20 et 30 méq), car la pente augmente avec la teneur en azote dans le milieu , mais cette augmentation est nettement moins importante que l'augmentation des pentes des droites de régression relatives à la croissance de la partie aérienne . L'ajustement: $\log BR = f(\log \phi)$ donne une droite de régression commune pour l'ensemble des traitements (fig .10). Les valeurs des pentes ne sont pas corrélées avec la teneur en azote dans le milieu. Le tableau 3 présente les paramètres d'ajustements pour les droites de régression individuelles et pour les regroupements entre les traitements non significativement différents.

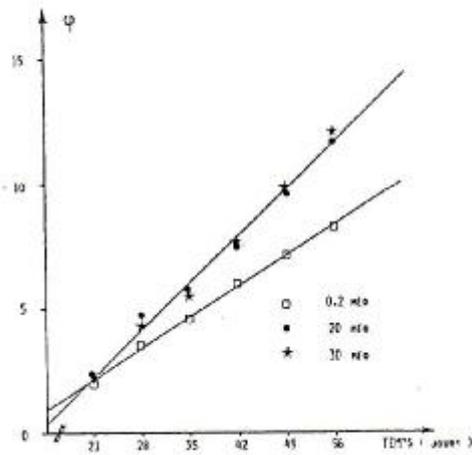


Fig (6) : Développement phyllochronique en fonction du temps après le semis.

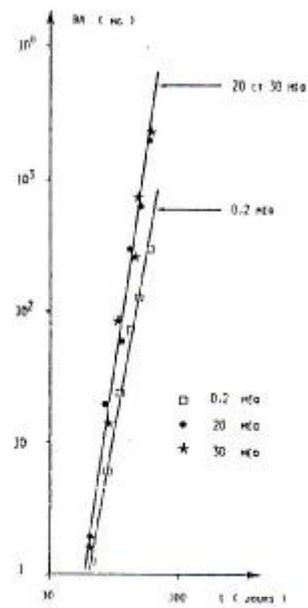


Fig (7) : Relation entre la Biomasse aérienne (BA) et le temps après le semis (t) (coordonnées logarithmiques).

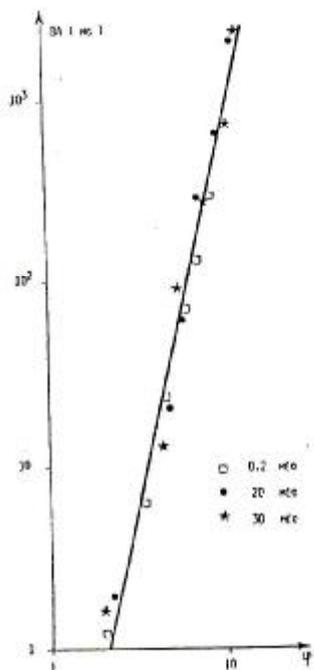


Fig (8) : Relation entre la biomasse aérienne (BA) et le temps phyllochronique (φ) (coordonnées logarithmiques).

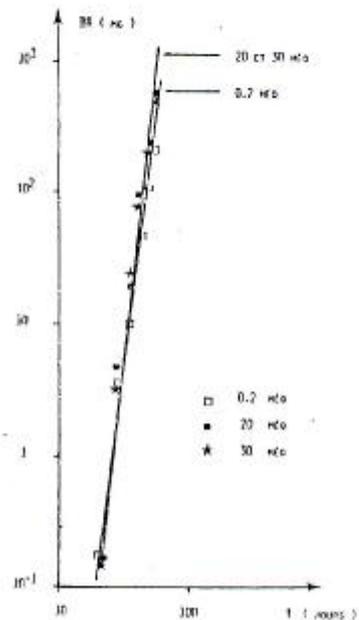


Fig (9) : Relation entre la biomasse racinaire (BR) et le temps après le semis (t) (coordonnées logarithmiques).

Tableau 3: Ajustement des droites de régression de la biomasse racinaire (mg / plante) selon les deux expressions utilisées .

Traitement	Log BR = a + b log t			Log BR = a + b log φ		
	b	a	R	b	a	r
0,2 méq.	5,952	- 8,055	0,997	4,236	- 1,638	0,989
20 méq .	7,119	- 9,659	0,999	4,431	- 2,030	0,990
30 méq .	7,371	-10,107	0,998	4,205	- 1,858	0,990
0,2+20+30méq	-.	-	-	4,187	-1,762	0,983

3-5 Croissance pondérale différentielle des parties aériennes.

Les courbes de croissance de la biomasse de limbe (BL) et de la biomasse gaine(BG) selon les équations :log BL = f(log t) et log BG = f (log t) sont des droites dont la pente augmente avec la concentration en azote dans le milieu. Le remplacement du temps astronomique par le temps phyllochronique selon les deux équations ci-dessus, donne une droite unique pour la croissance de limbe ainsi que pour la croissance de gaine (fig 11 et 12) sans qu'il y ait une relation entre la variation de la pente et la concentration en nitrates dans le milieu . Les équations trouvées sont les suivantes:

$$\log BL = - 1,429 + 4,083 \log \varphi \quad \text{avec} \quad r = 0,989$$

$$\log BG = - 2,043 + 4,499 \log \varphi \quad \text{avec} \quad r = 0,993$$

3-6 Croissance de la partie racinaire par rapport à la croissance globale:

On peut déduire le rapport BR/BT analytiquement à partir des relations phyllochroniques précédemment vérifiées

$$\text{Log BT} = a_1 + b_1 \text{Log } \varphi$$

$$\text{Log BR} = a_2 + b_2 \text{Log } \varphi$$

$$a_1 \quad b_1 \text{Log } \varphi$$

$$\text{On tire: } \text{BT} = 10 \cdot 10$$

$$a_2 \quad b_2 \text{Log } \varphi$$

$$\text{BR} = 10 \cdot 10$$

Donc, le rapport BR / BT s'écrit :

$$\text{BR} / \text{BT} = 10 \cdot \frac{(a_2 - a_1) (b_2 - b_1) \log \varphi}{10} = 10 \cdot \frac{(a_2 - a_1) (b_2 - b_1)}{10} \cdot \varphi$$

Dans le tableau 4, on présente les valeurs du rapport BR /BT observées et les valeurs calculées sur une base phyllochronique à partir de la formule ci - dessus.

La différence entre le rapport observé et rapport calculé est très faible ou négligeable. On observe sur le tableau 4 que le rapport BR/BT diminue avec l'augmentation de la concentration en azote dans le milieu durant la phase exponentielle de croissance .

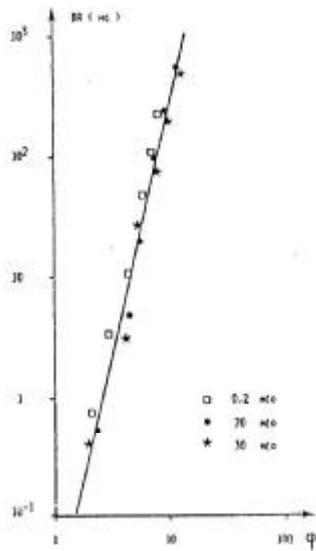


Fig. 10) : Relation entre la biomasse racinaire (BR) et le temps phyllochronique (ϕ) (coordonnées logarithmiques).

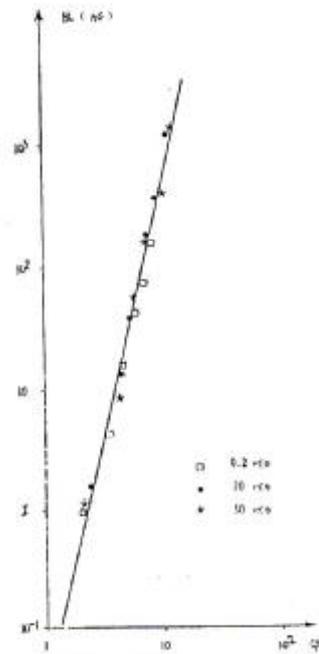


Fig. 11) : Relation entre la biomasse de tige (BL) et le temps phyllochronique (ϕ) (coordonnées logarithmiques).

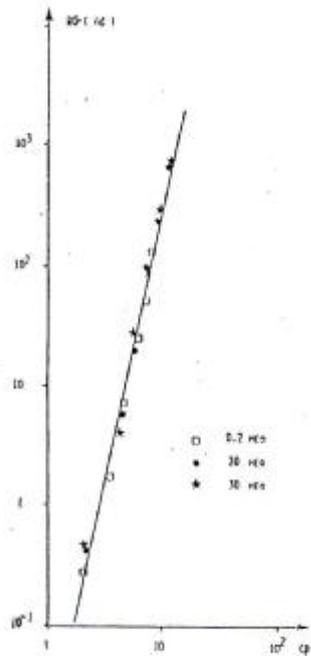


Fig. 12) : Relation entre la biomasse de gaine (BG) et le temps phyllochronique (ϕ) (coordonnées logarithmiques).

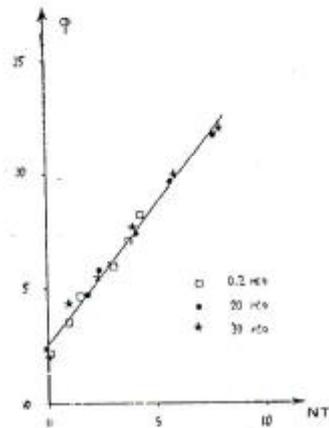


Fig. 13) : Corrélation entre le développement phyllochronique et le nombre de tiges sur l'axe principal (NT).

Tableau 4: Comparaison entre le % BR/BT observé et calculé .

Traitement temps après semis(jours)	0,2 méq .		20 méq.		30 méq.	
	% <u>BR</u> obs BT	% <u>BR</u> calcul BT	% <u>BR</u> obs BT	% <u>BR</u> calcul BT	% <u>BR</u> obs BT	% <u>BR</u> calcul BT
2 1	37,357	34,057	21,318	20,928	20,168	20,251
2 8	35,564	36,647	20,163	22,407	19,802	20,802
3 5	30,356	38,130	23,882	22,789	23,408	20,981
4 2	38,972	39,461	25,392	23,395	22,104	21,220
4 9	45,439	40,414	27,090	23,988	22,996	21,419
5 6	43,353	41,247	21,561	24,691	19,555	21,570

D'autre part, on peut calculer par une méthode semblable le rapport entre la biomasse aérienne et racinaire, car les relations suivantes sont vérifiées :

$$\text{Log BA} = a_1 + b_1 \text{Log } \varphi ; \quad \text{log BR} = a_2 + b_2 \text{ log } \varphi$$

$$\text{On tire: } \text{log BA} = a_1 + \frac{b_1}{b_2} \text{ log BR} - a_2 \frac{b_1}{b_2}$$

on a donc une relation linéaire entre log BA et log BR dans le cas où les deux logarithmes sont fonctions de φ

3-7 Relations morphogénétique au niveau de la partie aérienne :

Le développement des talles chez le dactyle selon le modèle standard réside dans l'apparition d'une talle à l'aisselle de chaque feuille à partir de la 4 ème sur l'axe principal (YU et GOUNOT, 1981 et 1982). Ceci signifie qu'il existe une relation linéaire entre le phyllochrone et le nombre de talles sur l'axe principal à partir du 4 ème phyllochrone .La courbe de la figure (13) montre qu'il n'y a pratiquement pas des talles surnuméraires ou de réduction du tallage , car la relation entre le développement phyllochronique et le nombre de talles d'ordre 1 pour les différents traitements est ajustée par une droite unique. D'autre part, la relation de la figure (13) signifie que le logarithme du nombre total de feuilles par plante (NTF) suit une loi exponentielle en fonction du nombre de talles sur l'axe principal ou en fonction du phyllochrone. Ceci, parce que l'accroissement du nombre de talles des différents ordres et l'accroissement du nombre de feuilles sur ces talles suivent le même rythme d'accroissement relatif que l'axe principal. Cette synchronisation du fonctionnement des différents talles (fig 14) constitue une confirmation des travaux d'ATRY (1978). D'autre part, nous avons

trouvé des relations linéaires entre le logarithme de la longueur totale des feuilles par plante et le temps phyllochronique.

La linéarité du développement du nombre et des dimensions des organes aériens fait apparaître une relation linéaire en coordonnées logarithmiques entre la surface aérienne (SA) et le temps phyllochronique (fig 15), Les trois traitements donnent une droite commune de forme :

$$\text{Log SA} = - 1,401 + 3,698 \text{ Log } \varphi \quad (\text{avec: } r = 0,993) .$$

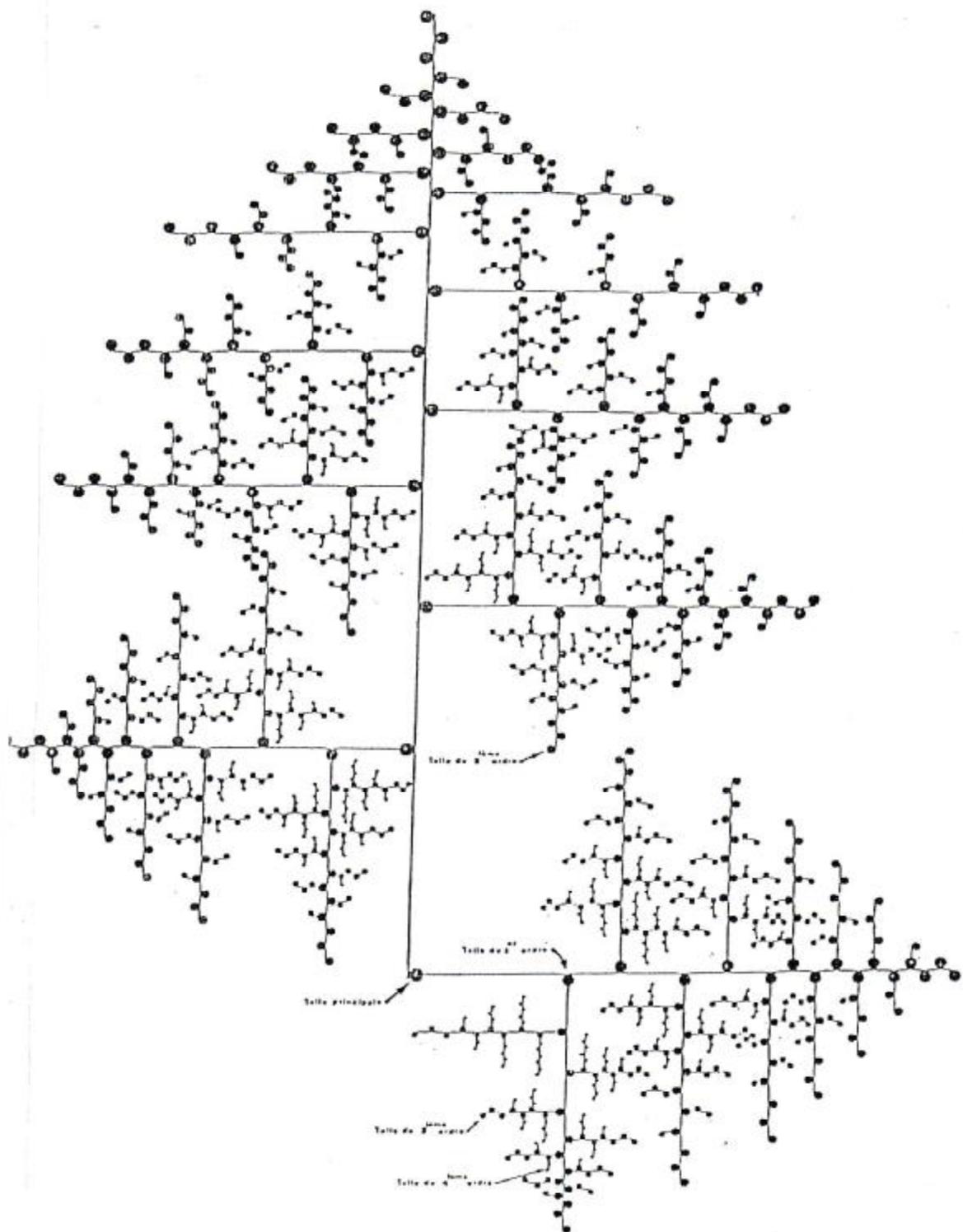


Fig (14) : Schéma du tallage du dactyle (*Dactylis glomerata* L .)

3-8 Relations morphogénétiques au niveau de l'appareil racinaire :

Le nombre de racines primaires cumulées au phyllochrone "n" (ΣR_n) peut être déterminé à partir de la série de "FIBONACCT" (EL-KHODRE et GOUNOT, 1983 ; EL-KHODRE, 1989) suivante :

$$\Sigma R_n = \Sigma R_{n-1} + \Sigma R_{n-2} \text{ avec} \\ R_1 = 2, R_2 = 4, R_3 = 6, R_4 = 8 \text{ -----ect}$$

Sur la figure (16), on constate que le logarithme du nombre de racines primaires est une fonction linéaire du temps phyllochronique indépendamment de la concentration en azote dans le milieu. La surface racinaire varie presque de la même façon que la surface aérienne. On constate sur la figure (17) une relation linéaire en coordonnées logarithmiques entre la surface des racines primaires (SR) et le temps phyllochronique quelle que soit la concentration en azote dans le milieu, cette relation est sous la forme suivante:

$$\text{Log SR} = -0,436 + 2,794 \text{ Log } \varphi \text{ avec } r = 0,989$$

3 - 9 Corrélation entre la partie aérienne et la partie racinaire :

La relation bilogarithmique entre le nombre de feuilles et le nombre totale de racines par plante est une relation linéaire.

Les pentes des droites de régression augmentent légèrement avec la concentration en azote dans le milieu, mais sans que cette augmentation soit significative. Par contre, les ordonnées à l'origine augmentent significativement avec la concentration en azote dans le milieu. Donc, on peut écrire la relation précédente sous deux formes selon la concentration en azote dans le milieu:

$$\text{Pour } 0,2 \text{ méq : } \log \text{NTF} = -0,795 + 1,186 \log \text{NTR} \text{ avec } r = 0,961 .$$

$$\text{Pour } 20 + 30 \text{ méq : } \log \text{NTF} = -1,083 + 1,297 \log \text{NTR} \text{ avec } r = 0,967 .$$

D'autre part, la relation bilogarithmique entre la surface aérienne et la surface racinaire donne deux droites parallèles (0,2 méq et 20 - 30 méq) d'ordonnées à l'origine significativement différentes. On peut écrire cette relation sous les deux formes suivantes:

$$\text{Pour } 0,2: \log \text{SA} = -2,204 + 1,293 \log \text{SR} \text{ avec } r = 0,993$$

$$\text{Pour } 20 + 30 \text{ méq : } \log \text{SA} = -1,496 + 1,268 \log \text{SR} \text{ avec } r = 0,989 .$$

4 - CONCLUSION :

Les relations que nous avons mis en évidence donnent une image cohérente d'une très bonne synchronisation entre la croissance et le développement morphogénétique de chaque partie de dactyle, ainsi qu'entre la partie aérienne et la partie racinaire. De ce fait, nous pouvons choisir un nombre restreint de relations morphogénétiques faciles à déterminer empiriquement pour décrire l'ensemble du fonctionnement de la plante.

Cependant, l'utilisation du temps phyllochronique, bien qu'elle apporte un réel progrès pour simplifier l'étude de la cinétique de croissance, n'est encore en mesure de trancher dans ce domaine, d'une façon précise. En effet les courbes de croissance ont été tracées à partir des valeurs moyennes d'un nombre relativement faible d'individus, dont la variance a été élevée. Pour augmenter la précision, il aurait fallu opérer sur un nombre d'individus plus élevé, ce qui alourdirait beaucoup

l'expérimentation .D'autre part, l'analyse précise montre que l'invariance des relations phyllochronique n'est pas absolue , car la pente des droites de croissance augmente légèrement avec la concentration en azote dans le milieu (sans qu'elle soit significative). Cette pente varie aussi légèrement avec les conditions de stress hydrique dans le milieu (EL-KHODRE,1989; EL-KHODRE et KINJO,2001).

Tout cela nous empêchent de pouvoir confirmer définitivement l'hypothèse des invariants phyllochroniques . Donc, on peut conclure , à l'état actuel que les relations phyllochroniques exposées dans ce travail sont semis-invariantes , et que la majeure partie du mécanisme est purement morphogénétique invariante,et qu'une faible partie dépend des conditions du milieu. Ces résultats nous introduisent de façon simple au coeur des problèmes de l'écologie de la morphogénèse et nous permet ,dans une certaine mesure de cerner les relations fondamentales héréditaires entre croissance et morphogénèse et de les distinguer des effets des facteurs du milieu.

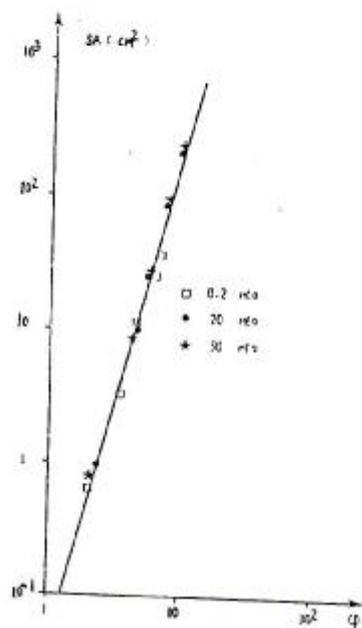


Fig (15) : Relation bi - logarithmique entre la surface aérienne (SA) et le temps phyllochronique (ϕ)

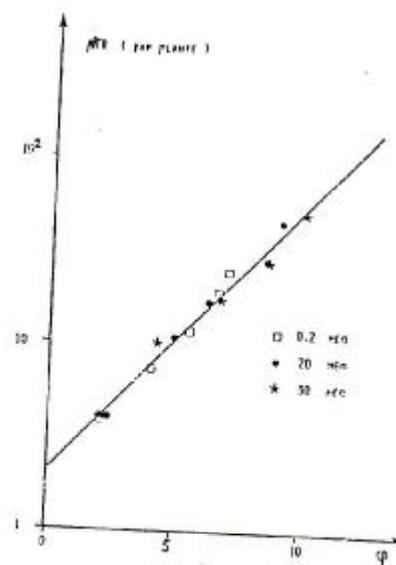


Fig (16) : Relation entre le logarithme du nombre total de racines (NTR) et le temps phyllochronique (ϕ).

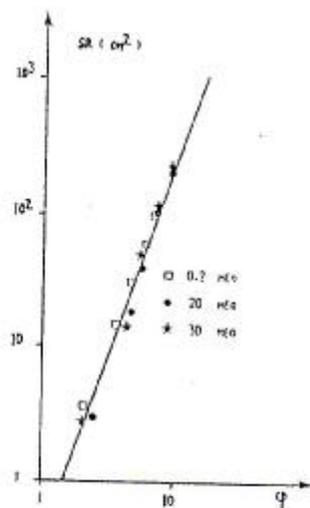


Fig (17) : Relation Bi - logarithmique entre la surface racinaire (sR) et le temps phyllochronique.

REFERENCES:

.....

١- الخضر، أحمد (١٩٨٩): استخدام العمر الورقي عند نبات الإصبعية للتنبؤ بإنتاجه في ظروف مختلفة من الإجهاد المائي. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية ، المجلد رقم (١١) ، العدد رقم (٣) ، صفحة ٨٧ - ١٠٣

٢- الخضر ، أحمد (١٩٨٩) :علاقة جديدة لحساب التبخر - نتح الحقيقي اليومي. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية ، المجلد رقم (١١) ، العدد رقم (٤) ، صفحة ١٤٥ - ١٧٠

٣- الخضر ، أحمد (١٩٩٠): استخدام الموديلات الرياضية في مجال علم البيئة. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - المجلد رقم (١٢) ، العددان (٣ و ٤) ، صفحة ١٧٣ - ١٩١ .

٤- الخضر ، أحمد ، عكري ، محمد (١٩٩٣): استخدام العمر الورقي عند القمح القاسي لتبسيط حركية نموه في ظل ظروف طبيعية. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية ، سلسلة العلوم الزراعية ، المجلد رقم (١٥) ، العدد رقم (١) ، صفحة ١٩٢ - ٢٢٤

٥ - الخضر ، أحمد ، كنجو ، علي (٢٠٠١): أثر الري التكميلي في مكونات الإنتاج لأربعة من أصناف القمح القاسي. مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية ، العدد رقم (١٥) ، صفحة ٥٣ - ٨٠

6 - ARNOTT, R, A ; BROKINGTON, N, R and SPEDDING, C, R, W, (1974): A non-destructive methode for measurement of growth in grasses in nutrient solution. J .Exp .Bot, vol .25 ,n° 89, pp. 1124 - 1136 .

7 - ATRY, M.(1978) :Recherche sur l'écologie de la morphogénèse du dactyle. Thèse doct. 3e cycle .univ.LOUIS Pasteur,Strasbourg, FRANCE, 73p.

8 - BUNTING, A.H.and DRENNAN, D.S.H. (1966) :Some aspects of the morphology and physiology of cereals in the vegetative phase .In "the growth of cereals and grasses", Butterworths, LONDON, P.20 - 38 .

9 - CALOIN,M. ;EL-KHODRE,A .and ATRY ,M .(1980) :Effect of nitrate concentration on the root :shoot ratio in *Dactylis glomerata*.l .and on the kinetics of growth in the vegetative phase .Ann .Bot. ,(46): P .165 - 173 .

10 - CHUNG, G .C ; ROWE, R.N and FIELD ,R .J .(1982) :Relation-ship between shoot and roots of cucumber plants under nutritional stress .Ann .Bot .,(50) :859-861.

11 - DE PARCEVAUX,S.et VATSKY,J.(1970): Méthodes et techniques de mesure des surfaces foliaires. In :Technique d'étude des facteurs physiques de la biosphere. Ed .I.N.R.A, Paris ,FRANCE, P.493-499 .

12 - DE WIT, C.T.and GOUDRIAAN, J.(1978) :Simulation of ecological processes PUDOC, WAGENINGEN, 175p..

13 - EL-KHODRE,A .(1984): Interaction chez le Dactyle (*Dactylis glomerata*.L.)de la croissance et du développement végétatif avec l'alimentation en eau et en azote. Application aux bilans hydriques et énergétiques et à la productivité d'une culture

- Thèse doc .d'état, Univ .Louis Pasteur ,Strasbourg, 1 .TEXTE 243p ., 11 Figures et annexes 204p .
- 14 - EL-KHODRE, A .(1986) :Croissance journalière et différenciation de l'appareil racinaire de Dactyle(*Dactylis glomerata* L .),Rôle de la nutrition azotée. Tishreen University journal ,Vol .8, N°: 1 - 4,p. 99 -108.
 - 15 -EL-KHODRE, A .et GOUNOT ,M .(1983) :Recherche sur l'effet de la teneur en azote du milieu sur la croissance et la morphogénèse végétative du dactyle .Act Oecol., Oecol .plant .,vol .4(18), n°3 ,p .273 - 288 .
 - 16 - ERICKSON,R .O.and MICHELINI, F.J.(1957) :The plastochron index .Amer.J.BOT .,(44): 297 - 305.
 - 17 - EVANS,G.C.(1972): The quantitative analysis of plant growth .Blackwell scientific publications ,OXFORD, 734p .p.
 - 18 - GOUNOT,M.,YU,O. et N'KANDZA,J .(1982) :Insertion de la morphogénèse dans les modèles de productivité primaire. ACT.OECO. GENER. vol. 3, n°1, p .53-74 .
 - 19 - HUNT ,R. (1978) : Plant growth analysis. Studies in Biology. n°96. Edward Arnod, LONDON, 67 p .
 - 20 - HUNT, R. (1982) : Plant growth curves. pub 1. Edward Arnold, LONDON, 248 p .
 - 21 - N'KANDZA, J. (1980) : Recherches sur l'influence de l'azote sur la morphogénèse du (*Dactylis glomerata* L .). Thèse doct. 3ème cycle, univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 89 p .
 - 22 - THORNLENEY, J. H. M (1972 b) : A balanced quantitative model for root :shoot ratios in vegetative plant. Ann. Bot. (36), 431-441 p .
 - 23 - TRIBOI-BLONDEL ,A-M, (1988) : Mise en place et fonctionnement des feuilles de colza d'hiver: relation azote - carbone et sénescence. J Agronomie. 8 (9) ,p. 779-786 .
 - 24 - TROUGHTON, A. (1977) : The rate of growth and partitioning of assimilates in young grass plants ; a mathematical model. Ann Bot. (41), p. 553-565 .
 - 25 - YONG, J, E. (1981) : The use of canonical correlation analysis on the investigation of relationships between plant growth and environmental factors. Ann, Bot, 48, p. 811-825 .
 - 26 - YU .O. et GOUNOT, M. (1981) : Recherches sur le tallage chez le dactyle. 1. Etude expérimentale de l'effet de l'azote sur le tallage. Act. Oecol. plant. 2(16), n°4, p. 351-365 .
 - 27 - YU .O et GOUNOT, M. (1982) : Recherche sur le tallage chez le dactyle .I I. Réflexions sur la formalisation et la modélisation des processus de tallage. Act. Oecol ., oecol. plant ., vol 3 (17), p. 39-47 .