

Étude cytogénétique et androgénétique de descendants intergénériques (*Triticum aestivum* x *Agropyron* sp.)

Ouafae BENLHABIB¹ ✧, Roquia HMOUD¹ & Hari SHARMA²

(Reçu le 11/07/1995 ; Accepté le 21/03/1996)

دراسة سيتوجينية لنبات منحدر من تهجين القمح مع بعض الحشائش البرية

أجرينا دراسة تحليلية لعدد الكروموزومات لدى نبات محصل عليه بعد التلقيح الرجعي بين القمح مع بعض الحشائش البرية (*Triticum aestivum* x *Agropyron*)، وقد أبدت الدراسة وجود تباين شاسع في عدد الكروموزومات. إذ أن نباتات الجيل الأول للتلقيح الرجعي (BC1)، مع (*A. elongatum*)، تتوفر على معدل لعدد الكروموزومات بين 48 و 49. بينما نباتات الجيل الثاني والثالث لم تحتفظ إلا بعدد قليل من كروموزومات الحشيش البري إن النباتات قد تحتفظ بعدد كروموزومات جنوم بكامله بحيث أبدى تقييم بعض الخصائص الحياتية تحسنا مع تقدم أجيال التلقيح الرجعي. أما التكوين الجسدي للمآرب والمقيم بالنسبة الاستدلالية، ونسبة النباتات الأحادية الصيغة، فقد ارتفع من جيل لآخر، الشيء الذي قد يرجع إلى الاستقرار التدريجي للكروموزومات.

الكلمات المفتاحية : *Triticum aestivum* - التهجين بين الفصائل - *Agropyron* sp - التلقيح الرجعي - تحليل الكروموزومات - زراعة المآرب.

Étude cytogénétique et androgénétique de descendants intergénériques (*Triticum aestivum* x *Agropyron* sp.)

L'analyse cytogénétique des descendants de rétrocroisement *Triticum aestivum* x *Agropyron* sp. a révélé une large gamme de variation du nombre de chromosomes. Les descendants de première génération RC1 *elongatum* possèdent un nombre moyen de chromosomes situé entre 48 et 49. Les descendants de la seconde et la troisième générations ont main tenu un nombre inférieur de chromosomes. Les chromosomes d'origine sauvage sont éliminés en effet quand ils se présentent sous forme d'univalents lors de la méiose. L'élimination chromosomique est cependant dépendante du parent sauvage. Elle a été progressive entre les générations 2 et 3 quand le parent sauvage était *Agropyron intermedium*. Elle a été faible à nulle avec *Agropyron trichophorum*. L'évaluation de certaines caractéristiques de viabilité et de fertilité a mis en évidence une nette amélioration avec l'avancement des générations de rétrocroisement. La capacité androgénétique, évaluée par le taux d'induction de cals et le taux de régénération des anthères, a aussi augmenté d'une génération à l'autre. La stabilité chromosomique acquise progressivement est sans doute à l'origine de cette amélioration.

Mots clés : *Triticum aestivum* - Croisements intergénériques - *Agropyron* sp. - Rétrocroisement - Analyse chromosomique - Culture d'anthères

Cytogenetic and androgenic analysis of intergeneric derivatives of *T. aestivum* x *Agropyron* sp. crosses

Chromosome number analysis of backcross derivatives of *Triticum aestivum* x *Agropyron* sp. showed a large variation. BC1 population of bread wheat x *A. elongatum* cross averaged between 48 and 49 chromosomes. Derivatives from the second and third generations fixed less alien chromosomes. During the meiosis univalent alien chromosomes are eliminated. However this elimination is related to the wild parent. Chromosome loss was significant and gradual between generations 2 and 3 in wheat x *A. intermedium* derivatives, while it was low to null with *A. trichophorum*. Plant viability and fertility analysis showed a clear improvement for those traits with backcross number increase. A genotypic effect on the anther response was also noticeable. Callus induction and plant regeneration increased significantly with backcross generation advancement. Gradual chromosomal stability of the derivatives interpret this improvement.

Key words: *Triticum aestivum* - Intergeneric cross - *Agropyron* sp. - Backcross - Chromosome analysis - Anther culture

¹ Département d'Agronomie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

² Agronomy Dept., Purdue Univ. West-Lafayette IN. USA

✧ Auteur correspondant

INTRODUCTION

Les croisements interspécifiques et intergénériques constituent un outil important d'amélioration génétique des plantes. Ils représentent une étape d'induction de la variabilité et de transfert de caractères désirables des espèces sauvages aux espèces cultivées. Le genre *Agropyron* appartient à la tribu des triticiées comme le *Triticum*. Ces deux genres ont été longtemps séparés au cours de leur évolution et aucun de leur hybride n'a été rencontré (Gauderon, 1988). Le genre *Agropyron* appartient au pool génétique tertiaire des blés et comporte environ 150 espèces dont plus de 90% sont polyploïdes (Sharma & Gill, 1983a). Le groupe des hexaploïdes ($2n=6x=42$) est le plus dominant (Li & Dong, 1991). Les génomes S, E, Ju, C, J, H, X et Y ont été identifiés chez ces espèces (Stebbins, 1956; Sakamoto, 1973). Les *Agropyrons* constituent une source importante de variabilité et un réservoir inépuisable de gènes d'intérêt certain en amélioration génétique des céréales telles la résistance aux pathogènes (Sharma *et al.*, 1993), la tolérance à l'alcalinité (Dewey, 1984) et au stress hydrique, la richesse en protéines et en lysine (Shimshi & Lee, 1982), l'adaptation aux milieux humides (Muramatsu *et al.*, 1992), sans oublier la pérennité (Cauderon, 1988) et la qualité fourragère (Chen *et al.*, 1990; Li & Dong, 1991).

Les hybrides intergénériques *Triticum aestivum* x *Agropyron* *sp* sont obtenus par sauvetage d'embryons immatures. Le rétrocroisement de ces hybrides au parent blé permet d'obtenir les descendants parmi lesquels sont sélectionnés des lignées d'addition ayant fixé les caractères recherchés. La fixation de ces caractères pourrait se faire par autofécondation des lignées sélectionnées (Shultz & Haller, 1988) ou par androgenèse (Comeau *et al.*, 1993). Grâce à cette dernière méthode d'haploïdisation, De Buysse & Henry (1986) ont pu développer des variétés résistantes au virus de la jaunisse nanisante de l'orge (BYDV). La culture d'anthères permet, en effet, d'obtenir des lignées homozygotes stables, présentant une diversité génétique considérable (Al Janabi & Picard, 1981).

L'objectif de ce travail est l'étude cytogénétique et l'évaluation de l'aptitude androgénétique de descendants intergénériques entre *Triticum aestivum* et trois espèces d'*Agropyron*. Le travail s'inscrit dans le cadre d'un programme de création d'un germoplasme résistant au virus de la jaunisse

nanisante de l'orge et à la cécidomyie des blés par le biais d'hybridations intergénériques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les descendants BC1, BC2 et BC3 analysés sont issus de rétrocroisements d'hybrides entre *Triticum aestivum* et *Agropyron elongatum*, *A. intermedium* et *A. trichophorum*. La méthode adoptée pour le comptage chromosomique est celle décrite par Sharma (1982). À cet effet, les graines mises en inhibition dans des boîtes de Pétri ont été d'abord incubées au réfrigérateur pendant 48 heures puis mises à germer sous lumière continue à température ambiante. Après prélèvement des apex racinaires, 2 à 3 jours plus tard, les jeunes plantules ont été mises à vernaliser pendant 6 à 7 semaines, puis transférées en pots individuels et placées au champ.

Pour la culture d'anthères, les épis ont été prélevés au stade mi-uninuclée. Ce stade correspond morphologiquement au moment où l'épi atteint le tiers supérieur de la gaine de la feuille drapeau. Il a été vérifié cytologiquement par écrasement des anthères dans une goutte de carmin acétique et observation au microscope. Les épis ont été désinfectés dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5% puis rincés à l'eau distillée stérile.

Lors de la phase d'induction, 7888 anthères ont été cultivées et incubées à l'obscurité à 28°C sur un milieu MS modifié (Foroughi-Wehr, 1976). Ce milieu a été supplémenté de 2mg/l de 2,4-D et de 60 g/l de saccharose.

Quatre à cinq semaines plus tard, les cals produits ont été repiqués sur un milieu de développement. Ce dernier est également à base du milieu MS modifié et les teneurs de 2,4-D et de saccharose étaient réduites respectivement à 0,5 mg/l et 30 g/l. La régénération des plantules a eu lieu sur le même milieu de base additionné d'AIA à 1 mg/l et de saccharose à 30 g/l. La température a été fixée à 21°C le jour et 18°C la nuit. Quant à la photopériode et au pH, ils étaient fixés à 16 heures et à 5,7 respectivement.

Abréviations:

elo = *Agropyron elongatum*
int = *Agropyron intermedium*
tri = *Agropyron trichophorum*

RC1 = Premier rétrocroisement

Les observations relatives à certaines caractéristiques physiologiques (% de germination, taux de mortalité) et morphologiques (nombre d'épillets par épi) ont fait l'objet d'analyse pour la comparaison entre les différentes familles de descendants.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse chromosomique

• Descendants RC1elo

La détermination du nombre de chromosomes chez les descendants RC1 du croisement *T. aestivum* x *A. elongatum* a révélé une marge de variation importante se situant entre 42 et 65 (Tableau 1).

Tableau 1. Analyse du nombre de chromosomes de descendants de croisements intergénériques

Descendants	NG	Nmo	NmC	NMC	DS
RC1elo	23	48,30	42	65	0,09
RC2int	15	45,67	42	56	0,08
RC2tri	22	46,60	38	56	0,09
RC3int	66	43,52	42	56	0,03
RC3tri	103	47,65	38	58	0,10

NG : Nombre de graines ; Nmo : Nombre moyen de chromosomes ; NmC : Nombre minimum de chromosomes ; NMC : Nombre maximum de chromosomes ; DS : Déviation standard

La moyenne calculée était comprise entre 48 et 49. La proportion d'individus à nombre de chromosomes supérieur à 50 était de 26% ; celle à 48 chromosomes a représenté à elle seule 22%. L'hybride *T. aestivum* x *A. elongatum* aurait théoriquement 35 chromosomes, 21 issus du parent blé et 14 du parent sauvage tétraploïde. En tenant compte du fait que les gamètes femelles non réduits sont les plus fertiles, le premier rétrocroisement pourrait donner lieu à des plantes à 56 chromosomes, 35 de l'hybride et 21 du parent récurrent.

Plusieurs auteurs ont noté chez les descendants de rétrocroisement une déviation du nombre de chromosomes par rapport à celui attendu (Charpentier *et al.*, 1985; Cauderon, 1988; Chen *et al.*, 1990). Cette déviation serait due à la fusion d'un gamète mâle avec une oosphère partiellement réduite, où à l'élimination de certains chromosomes. L'élimination chromosomique aurait lieu à un stade quelconque du développement du zygote, mais elle est souvent constatée au cours des premières mitoses après la

fécondation (Cauderon & Cauderon, 1956). Les cellules tendent généralement à stabiliser leur nombre de chromosomes à un multiple de 7. En effet, l'unité d'élimination est souvent tout un génome de base (Cauderon & Cauderon, 1956). Cependant, l'intégrité de celui-ci n'est pas nécessairement toujours conservée (Comeau *et al.*, 1993).

• Descendants RCint

Le nombre de chromosomes chez les descendants RC2 et RC3 de l'hybride *T. aestivum* x *A. intermedium* a varié entre 42 et 56. Deux plantes RC3 avaient un nombre de chromosomes égal à 38. Les aberrations chromosomiques peuvent conduire chez le blé polyploïde à la formation d'aneuploïdes hypoploïdes.

En effet, l'appariement réduit chez les descendants intergénériques peut favoriser l'élimination de chromosomes de l'espèce *Agropyron* et même ceux du blé (Sharma, Comm. pers., 1994). Le nombre moyen de chromosomes chez les descendants RC2 a été comprise entre 45 et 46. La distribution des individus selon ce critère a fait ressortir deux groupes. Un premier groupe représentant 74% des descendants possèdent un nombre de chromosomes compris entre 42 et 46. Le second groupe comprend 4 plantes seulement, 3 à 49 chromosomes et une à 56 chromosomes.

L'analyse chromosomique des descendants RC3 a montré un nombre moyen de chromosomes situé entre 43 et 44. Soixante-cinq pour-cent du total des graines analysées ont présenté entre 42 et 44 chromosomes. Les individus à plus de 45 chromosomes ont représenté environ le tiers restant des individus analysés. La proportion importante de plantes ayant incorporé peu de chromosomes d'origine sauvage pourrait être expliquée par la faible affinité à l'appariement entre chromosomes au cours de la méiose.

Les résultats obtenus de l'analyse chromosomique sont conformes à ceux rapportés par Sharma & Gill (1983b) et Cauderon (1988). Pour expliquer l'importance de l'appariement chez l'hybride *T. aestivum* x *A. intermedium*, les premiers auteurs ont signalé l'existence d'homologie entre les deux génomes du parent sauvage E1 et E2. Le deuxième auteur a cité la capacité de cette espèce à supprimer l'activité de gène *ph* qui contrôle l'appariement entre chromosomes homologues. Le même comportement méiotique a été en effet observé chez les descendants du croisement *T. aestivum* x

Agropyron juceum (ju1ju1ju2ju2XX) (Charpentier *et al.*, 1985). Chez cette espèce, les génomes ju1 et ju2 sont des homologues distants et l'appariement de leurs chromosomes a lieu même en présence du gène ph.

• Descendants RCtri

Le nombre de chromosomes chez les individus RC2 issus du croisement *T. aestivum* x *A. trichophorum* a varié entre 38 et 56 et la moyenne était située entre 46 et 47. Les classes d'individus à 45 et 48 ont représenté chacune environ 18% du total des plantes analysées. Vingt-deux pour-cent avaient plus de 49 chromosomes. Quant aux individus RC3, le nombre de chromosomes moyen a été situé entre 47 et 48. Les trois classes identifiées à 42, 44 et 49 chromosomes, ont regroupé respectivement 19%, 20% et 14% des individus analysés. D'autre part, l'élimination des chromosomes n'a pas été significative entre les deux générations de rétrocroisement.

Les individus RC2 et RC3 à 42 chromosomes résulteraient de l'élimination de l'ensemble des chromosomes d'origine sauvage (Sharma & Gill, 1983b ; Chen *et al.*, 1990). Les plantes auraient tendance à contrecarrer l'effet d'une méiose irrégulière par réduction du nombre d'univalents au cours des générations de rétrocroisement. L'importance des individus à 49 chromosomes peut être également expliquée par l'effet gamétocide (Kibirige & Knott, 1983). Cet effet se manifesterait par le maintien au cours des générations de rétrocroisement d'un génome complet du parent sauvage.

2. Caractéristiques morpho-physiologiques

Le taux de germination moyen des descendants de rétrocroisements a varié de 77 à 90% avec des différences entre les familles (Tableau 2).

Tableau 2. Caractéristiques de viabilité et de fertilité de descendants de croisements intergénériques

Descendants	PG	TM	E/é
RC1elo	77	42	12,5
RC2int	78	27	14,4
RC2tri	90	32	13,2
RC3int	94	22	19,5
RC3tri	88	22	18,3

PG : Pourcentage de germination ; TM : Taux de mortalité (%) ; E/é : Nombre d'épillet/épi

Une tendance vers l'augmentation d'une génération à l'autre a été constatée. En effet, le taux de germination le plus faible a été celui des descendants RC1 *elongatum* (77%), et le plus élevé celui des descendants RC3 du croisement *T. aestivum* x *A. intermedium* (94%).

Pour le taux de mortalité, la valeur la plus élevée (42%) a été observée chez les descendants RC1 du croisement *T. aestivum* x *A. elongatum*. Cinquante pour-cent des descendants n'ayant pas survécu avaient un nombre de chromosomes supérieur à 50. Le taux de mortalité le plus faible (22%) a été constaté chez les descendants RC3.

Plusieurs auteurs ont constaté l'influence que peuvent avoir les chromosomes d'origine sauvage sur la germination et la mortalité des descendants intergénériques (Sharma & Gill, 1983c; Charpentier *et al.*, 1985). Le faible pourcentage de germination peut être expliqué par la fréquence d'embryons anormaux et d'endospermes peu développés. Cette malformation de l'albumen est sans doute aussi à l'origine de la mortalité au stade plantule. L'interaction entre les génomes parentaux, et celle entre noyau et cytoplasme peuvent également être la cause de la mortalité des descendants intergénériques (Li & Dong, 1991).

Le nombre d'épillets par épi était très variable. L'analyse de la variance a montré l'existence d'une différence significative entre les différentes familles de rétrocroisement pour ce critère. Les individus RC1 sont généralement plus proches phénotypiquement du parent sauvage que les descendants RC2 et RC3. Ces derniers sont par contre plus fertiles mais moins vigoureux.

Les différences morphologiques entre descendants issus d'un même hybride peuvent être attribuées au nombre et au type de chromosomes *Agropyron* incorporés. Ces variations morphologiques ont été aussi rapportées par plusieurs auteurs. Gurdev (1973), a sélectionné sept lignées d'addition disomiques phénotypiquement différentes dans la descendance d'un hybride *T. aestivum* x *A. elongatum*. Les différences morphologiques entre ces lignées portaient sur la forme des feuilles, celle des épis, le tallage et la vigueur de la plante. L'analyse cytogénétique a montré que chacune de ces lignées avait, en plus des 42 chromosomes du parent blé, une paire de chromosomes issue du parent sauvage. Ces chromosomes sauvages étaient responsables des différences morphologiques observées.

3. Culture d'anthères

Le rendement androgénétique des différentes familles de descendants est reporté dans le tableau 3.

Tableau 3. Aptitude androgénétique de descendants de croisements intergénériques

Descendants	NP	NA	I	DS
RC1elo	11	472	0,20	3,13
RC2int	8	466	1,30	1,80
RC2tri	11	636	1,20	2,07
RC3int	32	2312	3,40	1,80
RC3tri	55	7888	4,00	1,43

NP : Nombre de plantes ; Nombre d'anthères mises en culture ;
I : Pourcentage d'induction ; DS : Déviation standard

Les pourcentages d'induction (PI) les plus élevés ont été observés chez les descendants RC3 des croisements, *T. aestivum* x *A. intermedium* (3,4%), et *T. aestivum* x *A. trichophorum* (4,01%). Les descendants RC1 du croisement *T. aestivum* x *A. elongatum* ont montré, par contre, un potentiel androgénétique faible. Seules 2 anthères sur 1000 ont formé chacune un cal. La régénération de plantules n'a été observée que chez les descendants RC3 et à des taux faibles de 0,08 et 0,12% respectivement pour les descendants *T. aestivum* x *A. intermedium* et *T. aestivum* x *A. trichophorum*.

La faiblesse de la réponse androgénétique est probablement liée à la nature du matériel végétal utilisé, qui est encore en cours de stabilisation.

Foroughi-Wehr et al. (1982) ont obtenu des résultats analogues aux nôtres. En effet, des 159 366 anthères mises en culture dans le but de créer des lignées homozygotes résistantes au virus de la jaunisse nanisante de l'orge, 3 946 calcs ont été induits, soit un rendement de 2,4%. Ces auteurs ont constaté aussi une variation de la réponse androgénétique entre les différents hybrides. Ils ont expliqué ceci par la corrélation positive qui existe entre l'aptitude androgénétique des parents et celle de leurs hybrides.

CONCLUSION

Les croisements interspécifiques constituent un outil important aux sélectionneurs pour l'introggression de traits agronomiques spécifiques des espèces sauvages aux variétés améliorées.

L'incorporation et la fixation de chromosomes ou de fragments de chromosome dans un génome sont des processus progressifs chez la descendance interspécifique.

Les techniques de culture *in vitro* et de cytogénétique sont souvent indispensables pour pouvoir contourner les problèmes d'incompatibilité et de mortalité des hybrides et pour identifier et suivre les nouveaux traits agronomiques chez les descendants interspécifiques. Les méthodes d'analyse biochimique et moléculaire déjà mises au point pour certains traits spécifiques représentent des moyens efficaces et prometteurs pouvant contribuer à l'enrichissement du pool génétique des espèces cultivées.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par l' USAID, Programme de Coopération Science et Technologie, Budget No. HRN-5600-G-00-2032-0.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Al Janabi A. & Picard E. (1981) Transfert chez le blé tendre par androgenèse *in vitro* des gènes de compatibilité avec *Hordeum bulbosum* (kr1 kr2). *CR Acad. Sci.* 292 : 247-250
- Cauderon Y. & Cauderon A. (1956) Étude des hybrides F1. Bussière France : 314-317
- Cauderon Y. (1988) Hybridation entre le blé et *Agropyron* : Bases cytogénétiques de l'évaluation des *Agropyrons* et des transferts des gènes aux blés. *CR Acad. Sci. France* 8 : 79-90
- Charpentier N.A., Peldman M. & Cauderon Y. (1985) Chromosomal pairing at meiosis of F1 hybrid and backcross derivatives of *Triticum aestivum* x *Agropyron junceum*. *Can. J. Genet. Cyto.* 28 : 1-6
- Chen Q., Jaher J. & Cauderon Y. (1990) Intergeneric hybrids between *T. aestivum* and three crested wheatgrasses : *Agropyron mongolicum*, *A. michnoi* and *A. destrotorum*. *Genome* 33 : 663-667
- Comeau A., Collins J. & St-Pierre C.A. (1993) Hybridation interspécifique des céréales : comment allier anciennes et nouvelles technologies? Dans : Progrès Génétique passe t-il par le repérage et l'inventaire des gènes? Ed. AUPELF-UREF, Paris, p. 135-154
- De Buyser J. & Henry Y. (1986) Wheat production of haploids, performance of doubled haploids and yield trials in Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 2, Ed. Y.P.S. Bajaj

- Dewey D.R. (1984) The genomic species of classification as a guide of intergeneric hybridization with perennial *Triticeae*. in: Gustafson JP (ed.), 46th Stadler Genet. Symp.: 209-239
- Foroughi-wehr B. (1976) The cytological status of plants of *Hordeum vulgare* L. regenerated from microspore callus. *Z. Pflanzuchtg* 80 : 89-99
- Foroughi-wehr B., Friedt W. & Wenzel G. (1982) On the genetic improvement of androgenetic haploid formation in Barley. *Theor. Appl. Genet.* 62 : 233-239
- Gurdey S.K. (1973) Cytogenetics of aneuploids. Acad. Press New York, London, p. 238-258
- Kibirige-Sebunya I. & Knott D.R. (1983) Transfer of stem rust resistance to wheat from an *Agropyron* chromosome having a gametocidal effect. *Can. J. Genet. Cyto.* 25 : 216-221
- Li H.I. & Dong Y.S. (1991) Hybridization between *Triticum aestivum* L. and *Agropyron michnoi* Rochev. I : production and cytogenetic study of F1 hybrids. *Theor. Appl. Genet.* 81 : 312-238
- Muramatsu M., Uno N., Kuioi N., Kodo T., Shiota S., Yamaguchi H., Ohe K., Hiym K., Tsutsumi H., Sirai H., Kachino N., Ohta I. & Vu T.T. (1992) Cross compatibility of *Triticeaceae* species indigenous to Japan and cytogenetics of F1 hybrids. *Hereditas* 116 : 263-269
- Sakamoto S. (1973) Patters of cytogenetic differentiation in the tribe *Triticeae*. *Seiken Ziho.* 24 : 11-31
- Schulz S. & Haller S.C. (1988) Alien Chromosome addition in duru, wheat ii. Advanced progeny. *Genome* 30 : 303-306
- Sharma H.C. (1982) A technique for somatic counts from root tips of cereal seedlings raised by embryo culture. *Current Science* 55 : 143-144.
- Sharma H.C. & Gill B.S. (1983a) Current status of wide hybridization in wheat. *Euphytica* 32 : 17-31
- Sharma H.C. & Gill B.S. (1983b) New hybrids between *Agropyron* and wheat. 2 : Production, morphology and cytogenetics analysis of F1 hybrids and backcross derivatives. *Theor. Appl. Genet.* 66 : 111-121
- Sharma H.C. & Gill B.S. (1983c) New Hybrids between *Agropyron* and wheat. 3 : Backcross derivatives, effect of *Agropyron* cytoplasm and production of addition lines. Proc. 6th Intern. Wheat Genet. Symp., Kyoto, Japan, p. 213-221
- Sharma H.C., Ohm H.W., Koulart K., Lister R., Appels R. & Benlhabib O. (1995) Integression of Barley yellow dwarf virus (BYDV) resistance from *Agropyron* intermedium into Wheat. *Genome* 38 : 406-413
- Shimshi D. & Lee B. (1982) Lysine content of wheat varieties species and related genera. *Cereal Chem.* 35 : 169-178
- Stebbins G. L. (1956) Taxonomy and evolution of genera with special reference to the family gramineae. *Evolution* 10 : 235-245