

<http://www2000.irpa.net/irpa10/cdrom/01126.pdf>

Domages cytogénétiques à faibles doses et le problème des bioindicateurs de l'exposition chronique à de faibles doses de radiation

S.A. Geras'kin, V.G. Dikarev, E.B. Nesterov, D.V. Vasiliev, N.S. Dikareva
Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology,
Obninsk, Kaluga Region, 249020, Russia
[e-mail : riar@obninsk.org](mailto:riar@obninsk.org)

INTRODUCTION

Le problème de l'évaluation correcte des conséquences biologiques de l'irradiation chronique à bas niveau d'exposition est un des plus importants problèmes non résolus. C'est un problème d'actualité pour la radiobiologie et le radioécologie. Le développement d'un nouveau concept de radioprotection de l'humain et du biota devrait être basé sur une compréhension claire des conséquences biologiques de l'exposition chronique aux faibles doses. L'évaluation des conséquences biologiques de l'exposition chronique de bas niveau est un problème complexe et difficile, qui touche beaucoup de problèmes non résolus de la biologie moderne. Dans notre rapport nous nous arrêterons seulement sur quelques phénomènes que nous avons étudiés et qui, à notre avis, induisent une augmentation de l'incidence de dommages cytogénétiques dans les conditions d'irradiation chronique à faibles doses, à savoir :

- une non-linéarité de la relation dose/effet ;
- une plus grande efficacité de l'irradiation (par unité de dose) à de faibles débits de doses ;
- des effets non linéaires (synergiques, antagonistes) de l'action combinée des différents facteurs ;
- une capacité d'induire une instabilité répliquative du génome ;
- un phénomène de radioadaptation.

RÉSULTATS et de DISCUSSION

La non-linéarité de la relation dose/effet.

Nous avons effectué l'analyse des réactions des cellules expérimentalement observées aux faibles doses d'irradiation. Elle a démontré que les régularités dans la formation des effets cytogénétiques aux faibles doses sont caractérisées par l'expression d'une non-linéarité et qu'elles ont un caractère universel.

Cette analyse est devenue la base de la formulation et de la justification d'un nouveau concept concernant l'action biologique sur les cellules du rayonnement ionisant à faibles

doses.

Afin de vérifier le concept formulé, une expérimentation a été conduite pour étudier les régularités des dommages cytogénétiques induits par l'exposition ionisante à faibles doses dans le méristème de la racine des semis de l'orge de printemps (*Hordeum vulgare* L.). Les résultats d'expérience sont exposés sur la figure 1.

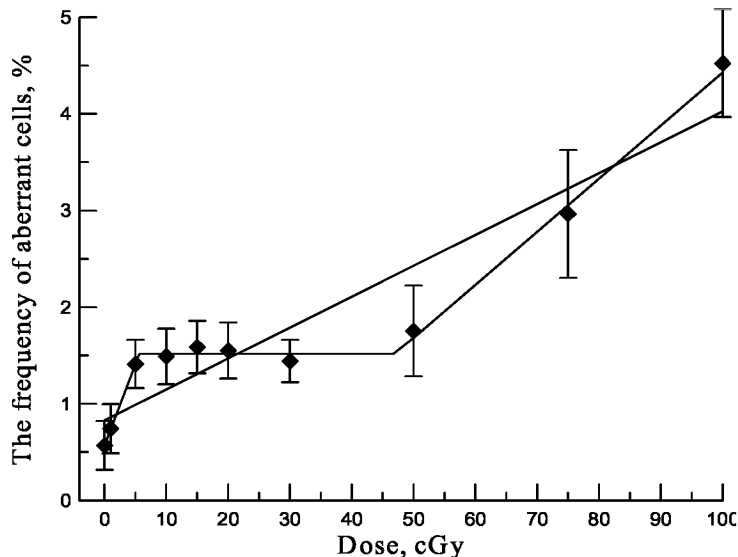


Figure 1. Comparaison de la qualité d'approximation des données expérimentales concernant la survenue de perturbations cytogénétiques dans des jeunes plantes d'orge entre le modèle linéaire et le modèle d'approximation linéaire par segments.

Comparons la qualité de l'approximation des données cytogénétiques de survenue de perturbations dans les semis d'orge au moyen 1) d'une relation linéaire sans seuil 2) d'un modèle d'approximation linéaire par segments. Même sans employer des critères quantitatifs exacts il est évident (fig. 1), que le modèle d'approximation linéaire par segments reproduit les particularités du processus simulé bien mieux que le modèle linéaire. L'analyse des réponses des cellules au rayonnement de faible intensité démontre clairement la faible adéquation aux doses faibles de l'extrapolation linéaire des fréquences de dommages cytogénétiques obtenus pour des doses supérieures à 50 cGy. En effet, les relations doses-réponses pour des défauts cytogénétiques induits par de faibles doses de rayonnement montrent un comportement non-monotone avec un plateau dose-indépendant. Les taux des défauts cytogénétiques ne peuvent donc pas être employés comme un dosimètre biologique pour estimer les doses individuelles.

Plus grande efficacité de l'irradiation à des faibles débits de dose.

Dans les conditions de la pollution radioactive des populations naturelles l'irradiation se produit à différents débits de dose. Par conséquent les doses totales absorbées pendant les cycles de développement cellulaire et ontogénétique sont fonction du débit de dose.

Certaines données confirmant que la relation dose/effet à un tel régime d'irradiation diffère des relations dose/effet obtenues lors d'expériences radiobiologiques où la dose est variable et le débit de dose constant.

Par conséquent l'utilisation des résultats de ces expériences de laboratoire peut conduire à des conclusions incorrectes pour l'analyse du processus de mutation dans les populations chroniquement irradiées.

L'analyse des conséquences génétiques de la pollution des récoltes de seigle d'hiver par les retombées radioactives nucléaires de Tchernobyl en 1986 a montré (Tableau 2) que **les dommages génétiques de l'irradiation par unité de dose augmentent avec la réduction du débit de dose.**

De notre expérience sur des semis d'orge, il s'ensuit que la forme de la courbe de dose/réponse ne change pas lorsque le débit de dose varie mais son endroit en ordonnée, c.-à-d. la fréquence de la survenue de dommages cytogénétiques par unité de dose.

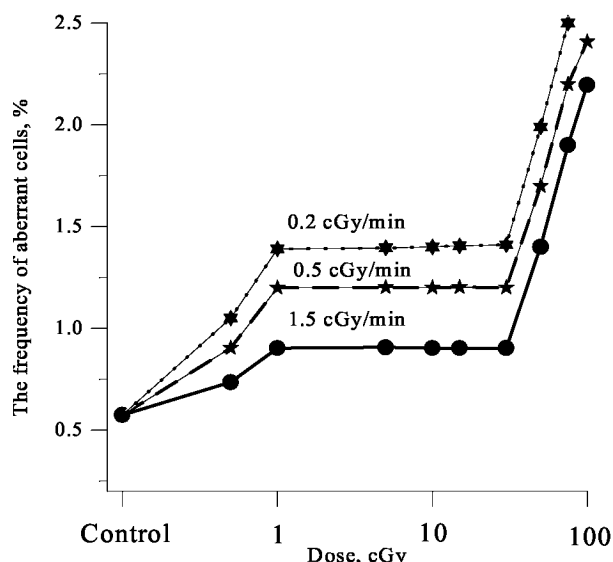


Figure 2. Survenue de dommages cytogénétiques dans le méristème de racines des semis d'orge selon la dose et le débit de dose

Effets combinés (synergique, antagoniste) non linéaires d'action de facteurs de différente nature.

En conditions réelles une variété de facteurs de nature très différente affecte la réponse de l'objet en test.

Dans nos expériences concernant les effets cytogénétiques des actions combinées des radiations ionisantes et des métaux lourds nous observons avec une probabilité accrue des effets synergiques et antagonistes. C'est important du point de vue des applications pratiques dans les cas de l'exposition combinée à des agents pathogènes.

On doit également analyser la dépendance de la synergie toxique par rapport au débit de dose du rayonnement ionisant. Cela permet d'estimer, à des niveaux de contamination réels, l'interaction potentielle de l'irradiation chronique et d'autres agents toxiques.

On a montré que l'ampleur de la synergie d'interaction dépend de l'intensité des agents toxiques. Pour obtenir la synergie maximale, à une faible intensité d'un agent on doit associer une faible intensité de l'autre.

L'effet biologique du rayonnement ionisant de faible intensité s'intensifie de façon optimale en combinaison avec de basses expositions à d'autres agents toxiques.

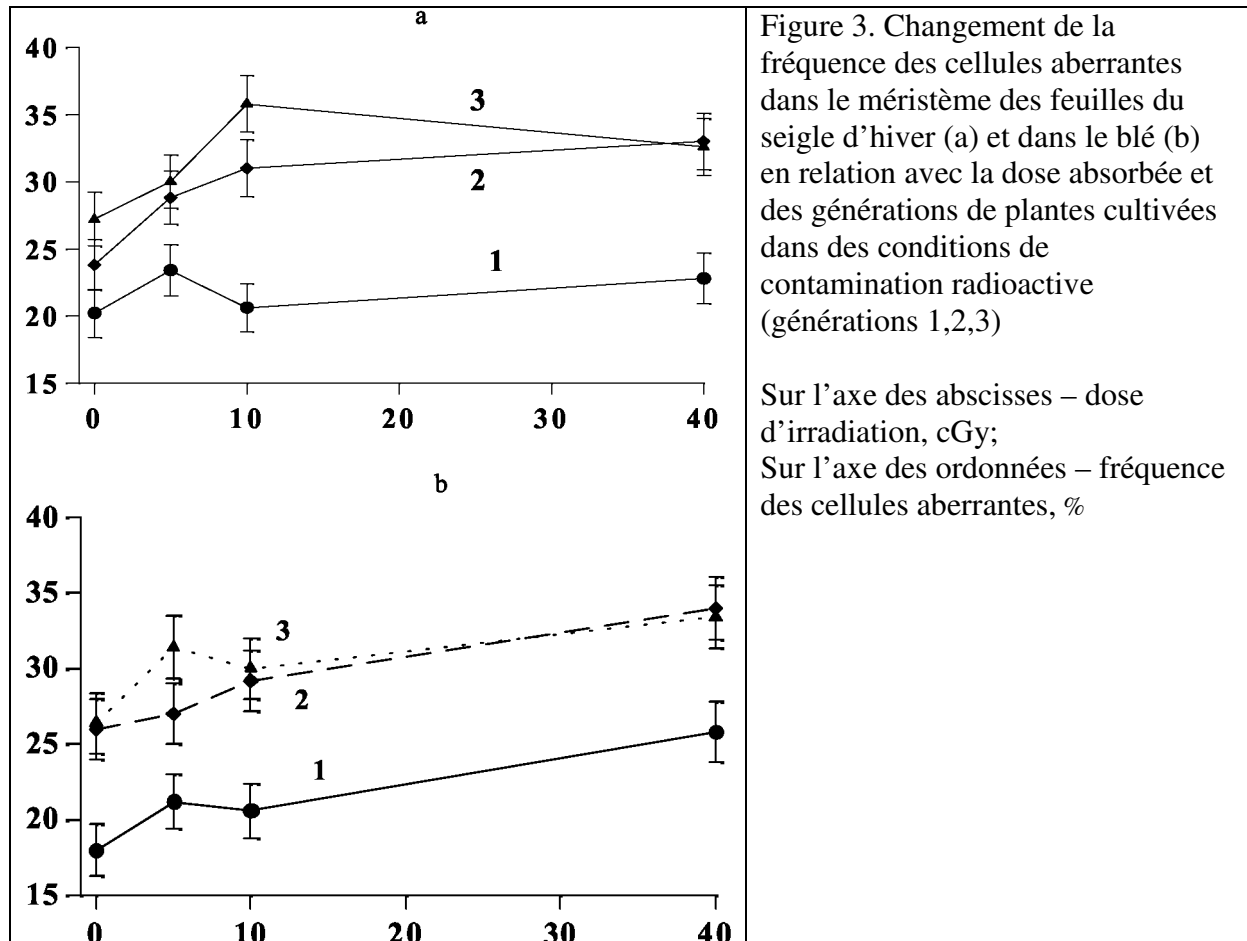
L'instabilité génomique induite par irradiation.

Dans la période 1987-1989 nous avons effectué une analyse cytogénétique de variabilité dans trois générations successives de seigle et de blé d'hiver poussant sur quatre emplacements différant par le niveau radioactif de contamination dans la zone de 10-km de Tchernobyl.

Des résultats de cette expérimentation, il s'ensuit que la fréquence anormale de cellules

dans le méristème des feuilles du seigle d'hiver dans les deuxième et troisième générations a excédé de façon significative cet index dans la première génération.

De même dans le méristème des feuilles du blé d'hiver dans trois de quatre emplacements expérimentaux qui sont caractérisés par le plus grand niveau radioactif de contamination en automne 1989. Les distinctions entre les index cytogénétiques dans les deuxième et troisième générations sont petites et statistiquement non significatives.



Une des explications probables du phénomène indiqué est reliée à la déstabilisation du génome des plantes issues des graines affectées par rayonnement.

Les résultats de nombreuses expériences effectuées avec les organismes de différents domaines du monde vivant mettent en évidence que l'irradiation chronique dans les secteurs exposés par l'accident de Tchernobyl est capable de causer une déstabilisation transmissible des structures génétiques.

L'augmentation de la survenue de dommages cytogénétiques et de la variabilité caryotypique des organismes des progénitures irradiées le prouve. Les résultats de nos expériences sont le reflet de la première phase du processus cytogénétique d'adaptation. L'exposition chronique à bas niveau agirait en tant que facteur écologique créant les conditions nécessaires au changement de la structure génétique de la population.

CONCLUSIONS

Dès à présent nos résultats de recherche sur les phénomènes discutés (non-linéarité de la relation dose/effet ; plus grande efficacité de l'irradiation à faible débit de dose; effets non linéaires de l'action combinée des facteurs de nature différente; instabilité du génome induite par irradiation et phénomène du radioadaptation) apportent une contribution essentielle à la formation de la réponse de la population provoquée par exposition aux faibles doses. Bien qu'il découle des résultats soumis que la fréquence des dommages cytogénétiques dans le domaine des faibles doses ne peut pas être employée en tant que dosimètre biologique, les index basés sur lui sont instructifs et ont une signification importante pour pointer l'impact anthropogène sur le biologique et pour séparer des catégories à risque au sujet des conséquences à distance des rayonnements.