

- culture-derived regenerants of *Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats var. *Motia*. *Plant Breeding* 118: 351 - 354
- Philips R.L.S., Kaepler S.M., Olhoft P. 1994. Genetic instability of plant tissue culture: breakdown of normal controls. *Proceeding of National Academic Science USA* 91: 5222 - 5226
- Piola F., Rohr R., Heizmann P. 1999. Rapid detection of genetic variation within and among in vitro propagated cedar (*Cedrus libani* Loudon) clones. *Plant Science* 141: 159 - 163
- Price H.J., Johnston J.S. 1996. Analysis of plant DNA content by fuelgen microspectrophotometry and flow cytometry. Dalam: Jauhar P.P.(ed.) *Methods of Genome Analysis in Plants*. CRC Press Inc. Florida. 115 - 132
- Rafalski J.A. 1997. Randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. Dalam: Caetano-Anolles G., Gresshoff P.M. (eds.) *DNA Markers: Protocols, Applications, and Overviews*. Wiley-Liss Inc. New York. 75 - 84
- Rani V., Parida A., Raina S.N. 1995. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers for genetic analysis in micropropagated plants of *Populus deltoides* Marsh. *Plant Cell Reports* 14: 459 - 462
- Rival A., Beule T., Barre P., Hamon S., Duval Y., Noirot M. 1997. Comparative flow cytometric estimation of nuclear DNA content in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) tissue cultures and seed-derived plants. *Plant Cell Reports* 16: 884 - 887
- Roth R., Ebert I., Schmidt J. 1997. Trisomy associated with loss of maturation capacity in along-term embryogenic culture of *Abies alba*. *Theoretical and Applied Genetics* 95: 353 - 358
- Sari N., Abak K., Pitrat M. 1999. Comparison of ploidy screening methods in watermelon: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai. *Scientia Horticultura* 82: 265 - 277
- Schiavone F.M., Cooke T.J. 1987. Unusual patterns of somatic embryogenesis in the domesticated carrot: developmental effects of exogenous auxins and auxin transport inhibitors. *Cell Differentiation* 1: 53 - 62
- Skroch P.W., Nienhuis J. 1995. Qualitative und quantitative characterization of RAPD variation among snap bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. *Theoretical and Applied Genetics* 91: 1078 - 1085
- Taryono, Dembny H., Zoglauer K. 1996. Maturation and germination of somatic embryos in *Larix decidua* Mill. Dalam: *Plant Embryogenesis Workshop: From Single Plant Cell to Plant - Progress Towards Understanding Zygotic, Androgenesis and Somatic Embryogenesis*. Centre for Applied Plant Molecular Biology, University of Hamburg. Poster 114
- Taryono. 1997. Embriogenesisa somatik sebagai cara penyediaan bibit tanaman keras. *Buletin Agro Industri (Agro Industry Bulletin)* 03: 63 - 76
- Ulrich I., Ulrich W. 1991. High-resolution flow cytometry of nuclear DNA in higher plants. *Protoplasma* 165: 212 - 215
- Walter C., Grace L.J., Wagner A., White D.W.R., Walden A.R., Donaldson S.S., Hinton H., Gardner R.C., Smith D.R. 1998. Stable transformation and regeneration of transgenic plants *Pinus radiata* D. Don. *Plant Cell Reports* 17: 460 - 468
- Weising K., Nybom H., Wolff K., Meyer W. 1995. *DNA Fingerprinting in Plants and Fungi*. CRC Press Inc. Florida
- Wilke S. 1997. Isolation of total genomic DNA. Dalam: Clark M.S.(ed.) *Plant Molecular Biology. A Laboratory Manual*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg. 3 - 14
- Winkelmann T., Sangwan R.S., Schwenkel H.-G. 1998. Flow cytometric analyses in embryogenic and non-embryogenic callus lines of *Cyclamen persicum* Mill.: relation between ploidy level and competence for somatic embryogenesis. *Plant Cell Reports* 17: 400 - 404
- Xu Z.Q., Jia J.-F., Hu Z.D. 1997. Somatic embryogenesis in *Sesamum indicum* Nigrum. *Journal of Plant Physiology* 150: 755 - 758
- Zoglauer K., Dembny H., Behrendt U., Korch J. 1995. Developmental patterns and regulating factors in direct somatic embryogenesis of european larch (*Larix decidua* Mill.). *Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent.* 60/4a: 1627 - 1636

PENGARUH DOSIS IRADIASI SINAR γ TERHADAP PENINGKATAN Mn-TERSEDIA PADA BEBERAPA JENIS TANAH

THE EFFECT OF γ RAYS IRRADIATION ON THE AVAILABLE MN IN SEVERAL SOIL TYPES

O. S. Padmini*, I. A. A. Kesumadewi**, dan Elsje L. Sisworo***

ABSTRACT

INFLUENCE OF γ IRRADIATION DOSES ON AVAILABLE-Mn IN SEVERAL SOILS. An experiment where three types of soils, namely, Andosol, Vertisol and Inceptisol have been irradiated by γ rays was conducted. The purpose of the γ rays irradiation was to sterilize the soil. After soil sterilization, the soils were inoculated with Bradyrhizobium, a microbe able to fix N_2 from the air and lives in symbiosis with soybean. Soybean was grown in the soils after inoculation. Observations were done for the available-Mn in soil and content in plants. Results showed that available-Mn in the soils in 50 kGy dose increased up to 3.7 times (5.3 ppm), 2.8 times (41.6 ppm) and 5.6 times (25 ppm) above the control for Andisol, Vertisol and Inceptisol respectively. Increase of available-Mn in the shoots were 1.54 times (80.66 ppm), 2.23 times (107.66 ppm), and 2.31 times (161.66 ppm) above the control for Andisol, Vertisol and Inceptisol respectively. For the roots the increased was 1.43 times (76.77 ppm), 1.43 times (101.09 ppm), and 2.17 times (212.33 ppm) above the control for Andisol, Vertisol and Inceptisol respectively

Key Words : γ rays, mangaan, soybean, soil types.

INTISARI

Percobaan menggunakan beberapa jenis tanah yaitu, Andisol, Vertisol dan Inceptisol yang diiradiasi sinar γ dengan dosis iradiasi, 0, 30, 40 dan 50 kGy telah dilakukan. Tujuan iradiasi sinar γ terhadap ketiga jenis tanah tersebut adalah untuk mensterilkan tanah dari mikroba yang dikandungnya. Setelah disterilkan ketiga jenis tanah tersebut diinokulasi dengan Bradyrhizobium yaitu mikroba penambat N_2 -udara yang bersimbiosis dengan tanaman kedelai. Setelah inokulasi dengan Bradyrhizobium ketiga jenis tanah tersebut ditanami kedelai varietas wilis. Pengamatan dilakukan terhadap kandungan Mn-tersedia dalam tanah dan kandungan Mn tanaman (tajuk dan aka:). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Mn-tersedia dalam tanah pada dosis 50 kGy meningkat 3.7 x (5.3 ppm), 2.8 x (41.6 ppm) dan 5.6 x (25 ppm) di atas kontrol berturut-turut untuk tanah Andisol, Vertisol dan Inceptisol. Untuk tanaman, Mn-tersedia naik 1.54 x (80.66 ppm), 2.23 x (107.66 ppm) dan 2.31 x (161.66 ppm) di atas kontrol untuk tajuk dan 1.43 x (76.77 ppm), 1.43 x (101.09 ppm) dan 2.17 x (212.33 ppm) untuk akar di atas kontrol berturut-turut untuk tanah Andisol, Vertisol and Inceptisol. Tidak ditemukan perbedaan pada kandungan Mn-tersedia pada tanah dan tanaman yang disebabkan perbedaan dosis iradiasi.

Kata kunci : Sinar γ , mangaan, kedelai, jenis tanah.

PENDAHULUAN

Sterilisasi tanah dengan menggunakan iradiasi sinar γ merupakan salah satu metode yang menguntungkan, karena mampu mematikan

mikroorganisme serta secara komersial lebih murah dan lebih aman dibandingkan dengan cara konvensional, misalnya pemanasan dengan autoklaf dan fumigasi. Metode sterilisasi tanah

* Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Yogyakarta

** Fakultas Pertanian, Universitas Udayana

*** Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

yang dilakukan tentunya tidak terlepas dari tujuannya.

Penelitian ini dilakukan karena pada penelitian sebelumnya tentang "Pengaruh Nitrogen dan *Bradyrhizobium japonicum* terhadap pertumbuhan Kedelai dengan metode ^{15}N " (1) memperlihatkan adanya pertumbuhan yang tidak normal yang diperkirakan karena keracunan Mn. antara lain muncul gejala klorosis dan nekrosis setelah tanaman umur 3 minggu dan tidak terbentuk bintil akar. Tanah yang digunakan dalam percobaan tersebut disterilisasi dengan iradiasi sinar γ pada dosis 50 kGy dengan maksud untuk mematikan bakteri Rhizobium. Oleh karena itu ingin ditelusuri lebih lanjut mengenai pengaruh variasi dosis iradiasi sinar γ pada tanah Andisol, Vertisol dan Inceptisol terhadap peningkatan Mn-tersebut dalam jaringan tanaman kedelai.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan meliputi beberapa jenis tanah dan bahan kimia. Tiga jenis tanah diperoleh dari tiga daerah, yaitu jenis tanah Andisol dari Sukamantri, Vertisol dari Cihea dan Inceptisol dari Darmaga Bogor. Ketiga tempat tersebut berlokasi di Jawa barat. Pengambilan tanah dilakukan secara komposit dari kedalaman 0 - 20 cm. Tanah dibersihkan dari batuan dan sisa-sisa tanaman sebelum dikering-udarkan. Tanah kering udara dengan berat masing-masing 3 kg setara berat kering mutlak yang lolos ayakan 3 mm dimasukkan ke dalam kantong plastik sebanyak 36 buah. Tanah diiradiasi dengan sinar γ pada dosis sesuai perlakuan. Diperlukan juga bahan kimia untuk analisis sifat kimia tanah yang sebelumnya tanah diayak dengan ayakan berukuran 1 mm yang masing-masing unit percobaan dimasukkan ke dalam tabung tempat film.

Metode percobaan pot dengan rancangan faktorial 3 x 4 yang disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 ulangan. Faktor dosis iradiasi sinar γ (D) terdiri dari 4 taraf, yaitu dosis 0, 30, 40 dan 50 kGy dan faktor jenis tanah terdiri dari 3 taraf, yaitu Andisol (A), Vertisol (V) dan Inceptisol (I).

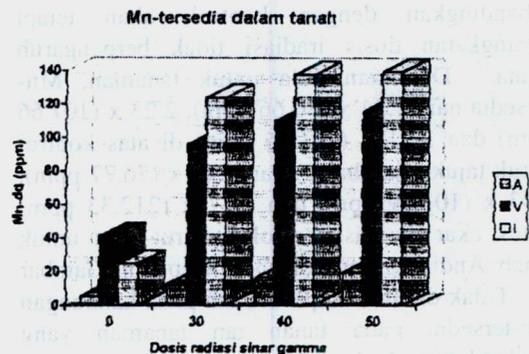
Variabel yang diamati meliputi :

1. Pertumbuhan vegetatif, yaitu berat basah dan berat kering tajuk (bagian atas tanaman) dan akar

2. Sifat kimia tanah dan jaringan tanaman, yaitu unsur Mn-tersebut dalam tanah serta jaringan tajuk dan akar

HASIL DAN PEMBAHASAN

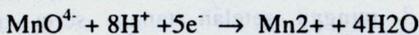
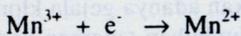
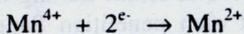
Pengaruh dosis iradiasi sinar terhadap ketersediaan Mn-tersebut dalam tanah berpengaruh nyata dan relatif beragam pada ketiga jenis tanah. Mn-tersebut meningkat tajam akibat sterilisasi tanah dengan iradiasi sinar γ pada dosis yang bervariasi. Pada dosis 50 kGy ketersediaan Mn mencapai 19.8, 115.9 dan 139.9 ppm masing-masing untuk jenis tanah Andisol, Vertisol dan Inceptisol. Mn-tersebut pada tanah Andisol, Vertisol dan Inceptisol sebagai kontrol (tanpa iradiasi) masing-masing adalah 5.3, 41.6 dan 25.0 ppm (Gambar 1). Apabila dibandingkan dengan kontrol, peningkatan ketersediaan Mn berturut-turut adalah 3.7; 2.8 dan 5.6 kali. Peningkatan kelarutan ini lebih besar dari yang dilakukan oleh Toharisman (1989), yaitu tanah Inceptisol yang diautoklaf terjadi peningkatan kelarutan Mn sebesar 2.1 kali (206.4 ppm) dibanding kontrol (99.9ppm). Hal ini menunjukkan, bahwa untuk tanah-tanah yang mempunyai kandungan Mn tinggi, sterilisasi dengan autoklaf (121°C) maupun iradiasi sinar γ (minimal 30 kGy) untuk tanaman kedelai relatif kurang baik. Pendapat ini diperkuat oleh penelitian Padmini (1997) yang menunjukkan adanya gejala klorosis dan nekrosis pada pertumbuhan tanaman kedelai umur 3 minggu setelah tanam serta tidak terbentuk bintil akar. pada tanah Inceptisol yang diiradiasi dengan sinar γ pada dosis 50 kGy.



Gambar 1. Konsentrasi Mn-tersebut dalam tanah Andisol (A), Vertisol (V) dan Inceptisol pada variasi dosis iradiasi sinar γ .

Peningkatan ketersediaan Mn dalam beberapa jenis tanah berkaitan dengan adanya perbedaan susunan mineralogi dan kimia tanah yang tidak sama. Tanah andisol didominasi oleh bentuk alofan dengan kandungan bahan organik yang tinggi, tanah Vertisol didominasi montmorilonit dan tanah Inceptisol memiliki halosit dalam jumlah cukup besar.

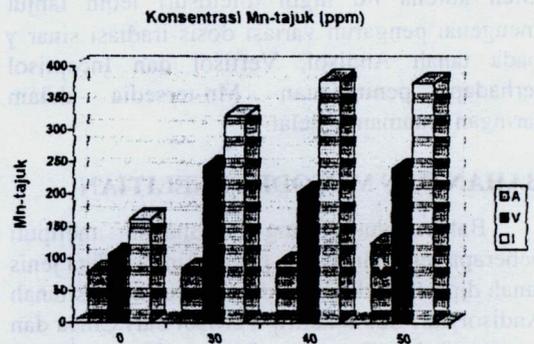
Energi iradiasi sinar γ (C0-60) sebesar 1.17 dan 1.33 meV yang didepositikan secara parsial dalam mineral liat menyebabkan terjadinya proses eksitasi dan ionisasi. Energi yang diambil oleh bahan padatan ini dipindahkan ke substansi yang terjerap, misalnya air, kemudian menghasilkan dekomposisi kimia molekul air yang terjerap baik yang bersifat kovalen membentuk radikal, contoh $H_2O \rightarrow OH^{\cdot} + H^{\cdot}$) maupun ionik akan membentuk ion, contoh $H_2O \rightarrow OH^{\cdot} + H^{\cdot}$ yang selanjutnya dapat diikuti reaksi-reaksi antar gugus dan bersifat acak sehingga akan meningkatkan H molekuler, e_{aq}^{-} dan OH radikal (3) dan (4). Sebagian dari bentuk tersebut terperangkap dalam kisi mineral liat dan bereaksi dengan unsur tertentu yang tidak tersedia dalam tanah sehingga tereduksi membentuk Mn^{2+} yang tersedia bagi tanaman. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat reaksi berikut :



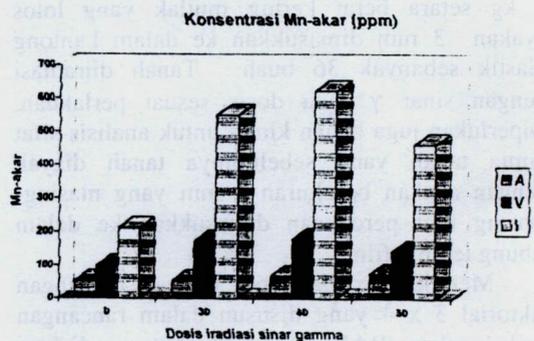
Dosis iradiasi sinar γ berpengaruh nyata lebih tinggi terhadap peningkatan Mn-jaringan dibandingkan dengan kontrol, akan tetapi peningkatan dosis iradiasi tidak berpengaruh nyata. Demikian pula untuk tanaman, Mn-tersedia naik 1.54 x (80.66 ppm), 2.23 x (107.66 ppm) dan 2.31 x (161.66 ppm) di atas kontrol untuk tajuk (Gambar 2) dan 1.43 x (76.77 ppm), 1.43 x (101.09 ppm) dan 2.17 x (212.33 ppm) untuk akar di atas kontrol berturut-turut untuk tanah Andisol, Vertisol and Inceptisol.(Gambar 3). Tidak ditemukan perbedaan pada kandungan Mn-tersedia pada tanah tan tanaman yang disebabkan perbedaan dosis iradiasi.

Dalam hal ini jelas menimbulkan pertanyaan, mengapa pada tanah tidak diradiasi (kontrol) yang kadar Mn-tersediannya relatif rendah memperlihatkan ketersediaan Mn jaringan yang

tinggi, sehingga pertumbuhan tanaman kedelai juga sangat buruk. Diperkirakan percobaan yang dilakukan di rumah kaca, faktor lingkungan tidak menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman kedelai karena pada saat itu suhu mencapai $37^{\circ}C$. Suhu yang relatif tinggi berkaitan dengan meningkatnya kecepatan transpirasi air dan aliran hara dari larutan tanah ke akar dan tanaman bagian atas. Oleh karena itu didukung kemungkinan sifat tanaman kedelai mengakumulasi unsur tertentu (Mn) dapat menyebabkan meningkatnya Mn-jaringan tajuk dan akar.



Gambar 2. Konsentrasi Mn-tajuk pada tanah Andisol (A), Vertisol (V) dan Inceptisol pada variasi dosis iradiasi sinar γ



Gambar 3. Konsentrasi Mn-akar pada tanah Andisol (A), Vertisol (V) dan Inceptisol pada variasi dosis iradiasi sinar γ .

Tanah Andisol cenderung paling rendah, tetapi masih tergolong tinggi mendekati toksik terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Foy

(1984) melaporkan, bahwa pada umumnya kisaran 50-100 ppm Mn-tersedia sudah beracun bagi tanaman. Pendapat ini didukung oleh penelitian Toharisman (1989) dan Padmini (1997) yang menunjukkan terjadinya pertumbuhan kedelai yang buruk pada kelarutan Mn diatas 100 ppm.

Iradiasi sinar γ pada pada ketiga jenis tanah berpengaruh nyata lebih tinggi terhadap bobot kering tajuk dan akar tanaman kedelai dibandingkan dengan kontrol, tetapi tidak berpengaruh nyata diantara dosis iradiasi 30, 40 dan 50 kGy. Meskipun demikian, semua unit percobaan memperlihatkan pertumbuhan yang tidak normal, muncul gejala klorosis dan nekrosis serta tidak terbentuk bintil akar.

Iradiasi sinar γ pada pada ketiga jenis tanah berpengaruh nyata lebih tinggi terhadap bobot basah tajuk tanaman kedelai dibandingkan dengan kontrol, tetapi tidak berpengaruh nyata diantara dosis iradiasi 30, 40 dan 50 kGy. Sedangkan pada bobot basah akar tidak berpengaruh nyata untuk ketiga jenis tanah baik kontrol maupun yang diiradiasi dengan sinar γ (Tabel 1).

Tabel 1. Bobot basah tanaman kedelai pada variasi dosis iradiasi sinar γ untuk beberapa jenis tanah

Variabel Jenis tanah	Dosis iradiasi sinar γ (kGy)				Rerata
	0	30	40	50	
Mn-tajuk (ppm)					
Andisol	4.66 b	4.13 a	5.60 a	4.80 a	4.80 a
Vertisol	10.50 a	4.86 a	4.23 a	5.90 a	6.37 a
Inceptisol	5.33. b	4.76 a	4.80 a	3.86 a	4.69 a
Rerata	6.83 a	4.58 b	4.87ab	4.85ab	5.28
Mn-akar (ppm)					
Andisol	2.77 a	2.07 a	3.46 a	2.77 a	2.77 a
Vertisol	2.70 a	2.63 a	1.87 b	1.97 a	2.29 a
Inceptisol	3.10 a	2.77 a	2.43ab	2.43 a	2.68 a
Rerata	2.85 a	2.49 a	2.58 a	2.38 a	2.58

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama pada baris yang sama tidak beda nyata pada taraf 5% uji DMRT

Bobot kering tajuk dan akar tanaman pada tanah Vertisol berpengaruh nyata lebih tinggi dibandingkan dengan tanah Andisol tetapi bobot kering tajuk antara tanah Andisol dengan Inceptisol tidak berpengaruh nyata (Tabel 2)

Tabel 2. Bobot kering tanaman kedelai pada variasi dosis iradiasi sinar γ untuk beberapa jenis tanah

Variabel Jenis tanah	Dosis iradiasi sinar γ (kGy)				Rerata
	0	30	40	50	
Mn-tajuk (ppm)					
Andisol	1.33 a	1.18 a	1.45 a	1.24 a	1.29 a
Vertisol	3.45 a	1.45 bc	1.25 c	1.78 b	1.98 b
Inceptisol	1.61. a	1.37 a	1.34 a	1.36 a	1.42 a
Rerata	2.13 b	1.33 a	1.34 a	1.46 a	1.57
Mn-akar (ppm)					
Andisol	0.32 a	0.24 a	0.37 a	0.28 a	0.30 a
Vertisol	0.59 a	0.34 b	0.25 b	0.30 b	0.37 b
Inceptisol	0.39 a	0.33 a	0.34 a	0.42 a	0.37 b
Rerata	0.43 b	0.30 a	0.32 a	0.33 a	0.35

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama pada baris yang sama tidak beda nyata pada taraf 5% uji DMRT

KESIMPULAN

Sterilisasi tanah dengan iradiasi sinar γ diperkirakan dapat mengubah Mn yang tidak tersedia menjadi tersedia, mengakibatkan kadar Mn-tersedia dalam tanah dan jaringan tanaman meningkat tajam. Peningkatan dosis iradiasi lebih dari 30 kGy tidak berpengaruh nyata terhadap ketersediaan Mn.

Tanaman yang tumbuh pada tanah Andisol, Vertisol dan Inceptisol yang diiradiasi dan tidak diiradiasi (kontrol) di dalam rumah kaca memperlihatkan pertumbuhan yang tidak normal, muncul gejala klorosis dan nekrosis serta tidak terbentuk bintil akar. Dosis iradiasi berpengaruh nyata lebih tinggi terhadap bobot basah dan kering tajuk dan akar dibandingkan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Foy, C. D. 1984. *Physiological Effects of Hydrogen, Aluminium, and Manganese Toxicities in Acid Soil*. In : F. Adam (Ed). *Soil Acidity and Liming*. 2nd ed. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin.
- Negron-Mandoza, A. G. Albarra, and S. Ramos-Bernal. 1993. Transformation of Malonic Acid Adsorbed on a Clay-Mineral by Gamma Irradiation. *Radiat Phys. Chem.* Vol. 42. (4-6 : 1003-1006)

Padmini, O. S. 1997. *Pengaruh N dan Bradyrhizobium japonicum terhadap Pertumbuhan tanaman Kedelai Umur Dalam Tesis..IPB-Bogor*

Sapto, P. 1980. *Efek Radiasi dari Segi Kimia. Makalah disiapkan alam Diskusi Panel Penggunaan Radiasi untuk Sterilisasi Alat Kedokteran* BATAN Jakarta. 18-19 Februari 1980

Toharisman, A. 1989. *Evaluasi Berbagai Metode Sterilisasi Tanah dan Pengaruh Sterilisasi Autoklaf terhadap Beberapa Sifat Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai dan Jagung*. Skripsi. IPB-Bogor .

RESUME

Penelitian tanah dengan radiasi sinar gamma dilakukan di laboratorium M yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh radiasi terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai umur 30 hari setelah penanaman pada berbagai dosis radiasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai umur 30 hari setelah penanaman pada berbagai dosis radiasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai umur 30 hari setelah penanaman pada berbagai dosis radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

Fox, C. D. 1982. *Physiological Effects of Nitrogen, Aluminum and Manganese Toxicities in Acid Soil*. In: F. Adam (Ed). *Soil Acidity and Liming*. ed. ASA, CSSA, SSSA Madison Wisconsin.

Nelson-Mandow, A. G. Abstran, and S. Ramon-Bernal. 1997. *Translocation of Nitric Acid Absorbed on a Clay-Mineral by Gamma Irradiation*. *Radiat Phys Chem* Vol. 42 (4-6) (1003-1006)

Table 1. Effect of gamma radiation on soil properties and plant growth.

Parameter	Dose (kGy)		
	0	30	60
Moisture (%)	4.00 ± 0.12	4.00 ± 0.12	4.00 ± 0.12
pH	4.80 ± 0.10	4.80 ± 0.10	4.80 ± 0.10
EC (dS/m)	0.15 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.15 ± 0.01
Plant height (cm)	1.75 ± 0.05	1.75 ± 0.05	1.75 ± 0.05
Root length (cm)	1.75 ± 0.05	1.75 ± 0.05	1.75 ± 0.05
Leaf area (cm²)	2.10 ± 0.05	2.10 ± 0.05	2.10 ± 0.05
Chlorophyll content	2.10 ± 0.05	2.10 ± 0.05	2.10 ± 0.05
Protein content (%)	2.10 ± 0.05	2.10 ± 0.05	2.10 ± 0.05

Soil properties and plant growth were measured after 30 days of irradiation. The results showed that gamma radiation had no significant effect on soil properties (moisture, pH, EC) and plant growth parameters (height, root length, leaf area, chlorophyll content, protein content). This suggests that gamma radiation at the tested dose (30 kGy) does not significantly affect the soil and plant growth.