بررسی رفتار تورمی پلیمرهای سوپرجاذب در سیکل های متناوب تر و خشک شدن

سهیلا ابراهیمی، مهدی همایی و ابراهیم واشقانی فراهانی

به ترتیب دانشجوی دکتری رشته خاکشناسی، دانشیار گروه خاکشناسی و دانشیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس

s_ebrahimi@modares.ac.ir

مقدمه

بیشترین توجه به کاربرد ابرجاذب‌های پلیمری که امروزه کاربردی فراگیر یافته‌اند در بخش کشاورزی داده شده است(۲۲). استفاده از این مواد در راستای اهداف متعددی مانند افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک (۲۲،۲۶)، بهبود نفوذپذیری(۱۸،۱۵،۱۲)، طولانی شدن دور آبیاری، کاهش هزینه‌های آبیاری مکرر و تنش‌های آبی در مواقع حساس رشد گیاه (۳۳،۹)، افزایش درصد جوانه‌زنی بذور (۳۴،۲۳،۳۱،۵)، کاهش رواناب و احتراز از اتلاف آب (۲۸،۱۰،۲) و مواد غذایی (۱۷،۶،۴،۱۰)، تسهیل و سرعت رشد گیاه و گذران دورهٔ شیوع آفات (۳۲،۳۱،۲۹،۳)، افزایش پایداری خاکدانه ها و بهبود ساختار خاک (۲۷،۲۵،۱۹)، ممانعت از فرسایش و مقابله با آن (۲۱،۱۴،۱۳)، بهبود وضعیت تراکم خاک (۷) و افزایش فعالیت بیولوژیک ریزجانداران خاک (۲۰،۲۴،۸) می‌باشد، ضمن اینکه منابع آبهای زیرزمینی را گزند آلودگی دور می‌کند. توسعه کاربرد هیدروژل‌های فوق‌جاذب برای کاهش بحران‌هایی همچون فرسایش خاک، خشکسالی‌های پیاپی یا تأمین امنیت غذایی نیازمند شناخت رفتار و عملکرد آنها در محیط متخلخل خاک است. یکی از روش‌های مهم بررسی رفتار سامانه خاک- پلیمر، تعیین منحنی‌های رطوبتی آنهاست که در این تحقیق، از معادله بروکس و کوری(۱۹۶۴) و وان‌گنوختن(۱۹۸۰) استفاده شده است.

معادله بروکس و کوری، معادله سه پارامتری به صورت زیر است:

$$\theta_w = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)\left(\frac{a}{\Psi}\right)^b \qquad (۱)$$

θ_r رطوبت باقیمانده Residual Volumetric Water Content و a پتانسیل در نقطه ورود هوا به خاک است. این معادله در شرایطی که Ψ بزرگتر یا مساوی a باشد، صادق است و برای پتانسیل‌های کمتر از a مقدار θ_w برابر با θ_s Saturated Volumetric Water Content فرض می‌شود.

معادله وان‌گنوختن معادله چهار پارامتری به صورت زیر است.

$$\theta_w = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[(1+(\frac{\Psi}{a})^b]^c} \qquad (۲)$$

b و c توان های بی بعد معادله می‌باشند.

از سویی دیگر، ویژگی‌های پایهٔ سوپر جاذب‌ها در کشاورزی شامل توانایی زیاد در جذب آب، سرعت زیاد جذب، استحکام ژل و برگشت‌پذیری (حفظ قدرت تورم و چروکیدگی در دوره‌های متعدد آبیاری) است. با توجه به بیلان آبی و اهمیت کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب در افزایش موجودی آب خاک (Δw)، مطالعات زیادی در مورد وابستگی Δw و درصد هیدروژل‌های اضافه شده صورت گرفته است(۱۱،۱۰). در صورتیکه تورم آزاد و بدون محدودیت هیدروژل، امکان‌پذیر باشد وابستگی مقدار هیدروژل مصرفی و ظرفیت آب خاک، بعنوان رابطه خطی از حجم آزاد حفرات خاک بدست می‌آید و افزایش موجودی آب در خاک به این صورت می‌باشد:

$$\Delta w = W.D \qquad (۳)$$

که در آن D درصد ژل و W درجه تورم در مقیاس وزنی می‌باشد. در عمل برای هیدروژل در تماس با خاک که تورم آزاد امکان‌پذیر نیست و این رابطه غیر خطی و به صورت زیر می‌باشد:

$$E_B = F_B.B_B.\, r.W.D.N \qquad (۴)$$

E_B بازده بیولوژیک هیدروژل، N تعداد سیکل جذب و دفع با شرط ثابت ماندن قدرت جذب و دفع، r احتمال تورم هیدروژل در خاک، B_B میزان در دسترس بودن آب، F_B ضریب آب استفاده شده برای فتوسنتز، w درجه تورم و D درصد ژل می‌باشد. ضرایب B_B و r هر دو کوچکتر از یک هستند و E_B راندمان استفاده از هیدروژل در واحد سطح در تمام طول عمر سوپرجاذب می‌باشد(۱۶).

از اهداف مهم این پژوهش، تعیین محتوای رطوبتی آب خاک در فشارهای مختلف و در سیکل های متناوب ترو خشک شدن و ارزیابی تغییرات آنها با و بدون کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب و سرانجام تعیین پارامترهای معادلات منحنی رطوبتی معادله بروکس و کوری و معادله وان‌گنوختن بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، دو پلیمر طراوت ۱۰۰-A و طراوت ۲۰۰-A که بوسیله پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران سنتز شده‌اند، مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌برداری خاک ها بصورت تصادفی، از عمق ۳۰- ۰ سانتیمتر انجام شد. سپس بافت، جرم ویژه ظاهری، ترکیب املاح محلول موجود در خاک مورد اندازه گیری قرار گرفت. برای سنجش نرخ تورم‌پذیری سیستم خاک- پلیمر در دوره‌های متعدد تر و خشک شدن نمونه‌های خاک شامل ۵ تیمار ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم پلیمر در کیلوگرم خاک تهیه شد و داده های جرمی منحنی رطوبتی با دستگاه صفحات فشاری(با اعمال فشارهای ۱۰، ۳۳، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰ کیلوپاسکال) بدست آمد. بدلیل اینکه جرم ویژه ظاهری خاک- پلیمر در رطوبت ها و فشارهای مختلف تغییر می کرد، تمام آزمایشات دوباره بر روی نمونه های خاک- پلیمر انجام شد. به این ترتیب، جرم ویژه ظاهری در هر رطوبت برای هر نمونه خاک جداگانه تعیین و در رطوبت جرمی متناظر ضرب شد. در تهیه منحنی رطوبتی خاک، با توجه به اهمیت n (تعداد دورهای تر و خشک‌شدن) و اینکه حفظ قدرت جذب و دفع آب بوسیله پلیمر پارامتر مهمی از خصوصیات پایهٔ آن به شمار می‌رود، داده‌های منحنی رطوبتی برای پنج دور متوالی با سه تکرار بدست آمد. سپس پارامترهای معادله

وان‌گنوختن و معادلهٔ بروکس و کوری با استفاده از برنامهٔ کامپیوتری RETC بدست آمدند. این برنامه معادلهٔ منحنی رطوبتی را به داده‌ها برازش داده و با استفاده از بهینه‌سازی پارامتر Parameter optimization method، به صورت غیرخطی و با حداقل مربعات خطا ضرایب ناشناخته در معادله را برآورد می‌کند.

نتایج و بحث

با بررسی منحنی های رطوبتی خاک در تیمارهای مختلف در هر دوره تر و خشک شدن مشاهده شد که با افزایش میزان هر دو نوع پلیمر، محتوای رطوبت حجمی هر دو بافت لومی و شنی، افزایش می یابد. با بررسی منحنی های رطوبتی دو نوع پلیمر، در تیمارهای مختلف هر دو خاک مشاهده شد که در شرایط مشابه، پلیمرT-A200 محتوای رطوبت حجمی خاک را به میزان بیشتری، نسبت به پلیمرT-A100افزایش می دهد. افزایش ناگهانی محتوای رطوبت حجمی خاک- پلیمر از سیکل اول به دوم، در همه تیمارهای به کار برده شده از دو نوع پلیمر، مشاهده شد که مربوط به واکنش یافتن مونومرهای احتمالی واکنش نیافته در سیکل دوم می باشد. از سیکل دوم تا چهارم، محتوای رطوبت حجمی خاک- پلیمر در هر دو نوع پلیمرتغییرات همسویی نشان داد. در تناوب پنجم، پلیمر T-A100 افتی جزیی نسبت به دوره قبل نشان داد.

در بررسی پارامتریک منحنی رطوبتی خاک- پلیمر، در هر دو بافت با افزایش مقدار پلیمر، مقدار رطوبت اشباع Θs افزایش می‌یابد. تغییر در رطوبت باقیمانده Θr با افزایش مقدار پلیمر قابل ملاحظه نیست و عموماً با افزایش پلیمر کاربردی افزایش می‌یابد لیکن، این افزایش روند خاصی را نشان نمی‌دهد. در هر بافت با افزایش مقدار تیمار پلیمر، پارامترnافزایش می‌یابد. تغییرات پارامتر α وابسته به نوع خاک است. در بافت شنی، با افزایش میزان پلیمر، بار فشاری ورود هوا به خاک افزایش و مقدار α کاهش می‌یابد لیکن در بافت لومی، با افزایش میزان پلیمر، بار فشاری ورود هوا به خاک کاهش و مقدار α افزایش می‌یابد.

در ارزیابی اعتبار مدل های به کار برده شده پیش بینی پارامترهای معادلهٔ منحنی رطوبتی با استفاده از مدل وان‌گنوختن نتایج بهتری از مدل بوردین و بروکس- کوری نشان داد.

منابع مورد استفاده

1- Abraham, J. and V.N., Rajasekharan Pillai, 1995. N, N-methylene bisacrylamide-crosslinked polyacrylamide for controlled release urea fertilizer formulations. Journal of Communication Soil Science and Plant Analysis, 26: 3231-41.

2- Aly, S. M. and J., Letey, 1991. Physical properties of sodium-treated soil as affected by two polymers. Journal of Soil Science Society American, 54: 501-504.

3- Baasiri, M., J. Ryan, M. Mucheik, and S.N. Harik, 1986. Oil application of a hydrophilic conditioner in relation to moisture, irrigation frequency and crop growth. Journal of Communication Soil Science and Plant Analysis, 17: 573-589.

4- Bres, W. and L. A Weston. 1993. Influence of gel additive on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soilless medium. Journal of Hort. Science, 28: 1005-1007.

5- Callebaut, F., D Gabriels, and M. De Boodt. 1981. Time responses of sugar beet germination, oxygen diffusion and redox potential to crust formation, polyacrylamide stabilization and peroxide fertilization. Journal of Geoderma, 25(3/4): 275-283.

6- Carter, D. L., D. T Westermann, R. E Sojka, B. D. Mcek, J. L. Wright, M. J. Brown, and G. A. Lehrsch. 1995. Controlling nitrate leaching and erosion on irrigated land. Clean water, clean environment, 21st Century Term Agriculture Working to Protect Water Resources Conference Proceeding.

7- Cook, D. F. and S. D Nelsons. 1986. Effect of polyacrylamide on seedling emergence in crust-forming soils. Journal of Soil Science, 141: 328-333.

8- Grula, M. M., M. L. Huang, and G. Sewell. 1994. Interaction of certain polyacrylamides with soil bacteria. Journal of Soil Science, 158: 291-300.

9- Johnson, M. S. 1984. Effect of soluble salts on water absorption by zel-forming soil conditioners. Journal of Science food Agriculture, 35: 1063-66.

10- Johnson, M. S. 1984. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. Journal of Science Food Agriculture, 35: 1196-1200.

11- Kazanskii, K. S. and S.A. Dubrouski. 1992. Chemistry and physics of agricultural hydrogels. Journal of Advance Polymer Science, 101: 97-133.

12- Lentz, R. D. and R. E. Sojka. 1994. Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration. Journal of Soil Science, 158: 274-282.

13- Lenz, R. D. and R. E. Sojka. 1994. Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration. Journal of Soil Science, 158: 274-292.

14- Levin, J., M. Ben Hur, M.Gal, and G. J. Levy. 1991. Rain energy and soil amendments effects on infiltration and erosion of three different soil types. Australian Journal of Soil Research, 29: 455-465.

15- Levy, G. J., J. Levin, M. Gal, M. Benttur, and I. Shainberg. 1992. Polymers effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated sprinkler irrigation's. Journal of Soil Science Society American, 56: 902-907.

16- Long, F. A. and D. Richmand. 1960. Concentration gradients for diffusion of vapors in glassy polymers and their relation to time dependent diffusion phenomena. Journal of American Chemical Society, 82: 513-515.

17- Malik, M., C. Amrhein, and J. Letey. 1991. Polyacrylamide to improve water flow and salt removal in a high shrink-swell soil. Journal of Soil Science Society American, 55: 1664-67.

18- Mitchell, A. R. 1986. Polyacrylamide application in irrigation water to increase infiltration. Journal of Soil Science, 141: 353-358.

19- Nadler, A. and J. Letey. 1989. Organic polyanions effect on aggregation of structurally disrupted soil. Journal of Soil Science, 148: 346-354.

20- Nadler, A. and Y. Steinberger. 1993. Trends in structure, plant growth, and microorganisms interrelations in the soil. Journal of Soil Science, 155: 114-122.

21- Norton, L. D. 1992. Chemical amendments for erosion control. Paper presented at the 1992 International Winter Meeting Sponsored by the American Society of Agricultural Engineers, December 15-18, Nashville, Tennessee. 9P.

22- Padman, D.R. and B.L. Porwal, and J. C. Patel. 1994. Effect of Levels of Irrigation, Nitrogen and Jalashakti on Growth and Yield of Indian Mustard (Brassica Juncea). Indian Journal of Agronomy, 39: 599-603.

23- Rubio, H. O., M. K. Wood, M. Cardenas, B. A. Buchanan. 1989. Effect of polyacrylamide on seedling emergence of three grass species. Journal of Soil Science 141: 355-360.

24- Shainberg, I., J. M. Laflen, J. M. Bradford, and L. D. Norton. 1994. Hydraulic flow and water quality characteristics in rill erosion. Journal of Soil Science Society American, 58: 1007-1012.

25- Sharma, P. K. 1988. Interaction of $FeSO_4$ with polyacrylamide and urea formaldehyde in aggregating light –textured soils. Journal of Soil Science, 146: 158-191.

26- Sojka, R.E. and R. D. Lentz. 1998. Net infiltration and Soil erosion effects of a few ppm polyacrylamid in farrow irrigation water. Proceeding of the Zed International Symposium on sealing crusting and hardsetting soils: Prouductivity and conservation. University of Queensland, Brisbane, Australia.

27- Steinberger, Y., S. Sarig, A. Nadler, and G. Barnes. 1993. The Effect of synthetic soil conditioners on microbial biomass. Journal of Arid Soil Research of Rehabil, 7: 303-306.

28- Stern, R., M. C. Laker, and A. J. V. D. Merwe. 1991. Field studies on effect of soil conditioners and mulch on runoff from Kaolinitic and Illitic soils. Australian Journal of Soil Research, 29: 249-261.
29- Tripepi, R., M. W. George, R. K. Dumroese, and D. L. Wenny. 1991. Birch seedling response to irrigation frequency and a hydrophilic polymer amendment in a container medium. Journal of Environmental Horticulture, 9: 119-123.
30- Wallace, A. and G. A. Wallace. 1986. Effect of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton, and lettuce seedlings. Journal of Soil Science, 141: 313-316.
31- Wallace,A., and G.A. Wallace. 1896. Polyacrylamide (PAM) and soils. Journal of Soil Science, 141: 334-342.
32- Wang, Y. T. and C. A. Bogher.1987. Effect of medium incorporated hydrogen on plant growth and water use of two foliage species. Journal of Environmental Horticulture, 5(3): 127-130.
33- Wang, Y. T. and C. A. Boogher. 1989. Hydrophilic polyacrylamide and fertilizer affect growth and water relations of chlorophytum comosum and plectranthus Australis during winter production. Journal of Rio-Grande-Val-Horticulture Society, 42: 51-58.
34- Woodhouse, J. M. and M. S. Johnson. 1991. The effects of gel-forming polymers on seed germination and establishment. Journal of Arid Environment, 20: 375-380.