



PENGARUH VARIASI KADAR HUMUS TANAH TERHADAP RETENSI AIR DAN KETERSEDIAAN NUTRISI

Irifan Setia Zebua¹⁾, Irvan Haviz Gea²⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Kota Gunungsitoli, Indonesia

Email: zebuaairfansetia@gmail.com

²⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Kota Gunungsitoli, Indonesia

Email: irvanhaviz17@gmail.com

Abstract

This research aims to examine the effect of variations in humus content on water retention and nutrient availability (N, P and K) in the soil. This research used a laboratory experimental design with humus content treatments of 0%, 2%, 5%, and 10%. The results showed that increasing humus levels significantly increased the water retention capacity and availability of soil nutrients. At a humus content of 10%, soil has the highest capacity to hold water and provide essential nutrients for plants. This shows that humus plays an important role in supporting the balance between water retention and nutrient release, which is very important for agricultural productivity. In conclusion, increasing humus levels through organic matter or green manure can improve soil quality and support sustainable agriculture, especially on land with low humus levels.

Keywords: Soil Humus, Water Retention, Nutrient Availability, Cation Exchange Capacity, Sustainable Agriculture

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi kadar humus terhadap retensi air dan ketersediaan nutrisi (N, P, dan K) dalam tanah. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen laboratorium dengan perlakuan kadar humus sebesar 0%, 2%, 5%, dan 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar humus secara signifikan meningkatkan kapasitas retensi air dan ketersediaan nutrisi tanah. Pada kadar humus 10%, tanah memiliki kapasitas tertinggi dalam menahan air serta menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa humus berperan penting dalam mendukung keseimbangan antara retensi air dan pelepasan nutrisi, yang sangat penting bagi produktivitas pertanian. Kesimpulannya, peningkatan kadar humus melalui bahan organik atau pupuk hijau dapat memperbaiki kualitas tanah dan mendukung pertanian berkelanjutan, terutama di lahan dengan kadar humus rendah.

Kata Kunci: Humus Tanah, Retensi Air, Ketersediaan Nutrisi, Kapasitas Tukar Kation, Pertanian Berkelanjutan



PENDAHULUAN

Saat ini sampah organik yang dihasilkan oleh masyarakat masih banyak yang tidak ditangani dengan baik. Masih banyak sampah organik yang hanya dibiarkan terkumpul, ditimbun atau bahkan dibakar, hal tersebut dapat menyebabkan pencemaran dalam jangka waktu yang lama.

Ketersediaan air sangat menentukan keberhasilan kegiatan budidaya tanaman di lahan kering, karena air sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (Peterson et al. 2006). Salah satu fungsi air yang utama antara lain, sebagai pelarut unsur hara di dalam tanah agar bisa diserap oleh tanaman, sehingga dapat memenuhi kebutuhan hara untuk pertumbuhan dan produksi tanaman (Chintala et al. 2012).

Ketersediaan air tanah dipengaruhi oleh presipitasi, Sehingga untuk memenuhi kebutuhan air pada system pertanian lahan kering akan tergantung dari air hujan dan kemampuan tanah dalam meretensi air. Kemampuan tanah dalam meretensi air penting untuk diketahui terutama dalam usaha pengelolaan lahan kering untuk pertanian. Data tentang retensi air tanah penting untuk diketahui terutama dalam usaha pengelolaan lahan kering pertanian, agar lahan mampu menghasilkan produksi yang optimum dan menghindari terjadinya kegagalan panen (Rusastra et al. 2019).

Perbedaan jenis tanah akan mempengaruhi kemampuan tanah dalam meretensi air, dikarenakan memiliki sifat tanah yang berbeda-beda. Sifat tanah yang berkorelasi positif dengan kemampuan tanah dalam meretensi air adalah bobot isi, bahan organik tanah, struktur tanah dan distribusi ukuran pori (Silva et al. 2018). Menurut Srinivasaro et al. (2009) Vertisol India yang memiliki persentase klei > 60 % memiliki kapasitas retensi air tanah yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan Alfisol, Inceptisol, Aridisol, dan Entisol India yang memiliki persentase klei < 50 %. Menurut Oliviera et al. (2021) lahan hutan yang memiliki vegetasi yang rapat memiliki kapasitas retensi air yang lebih tinggi dari pada lahan terbuka, akibat suplai bahan organik yang lebih tinggi dari seresah tanaman ke permukaan tanah yang membuat agregat tanah lebih stabil. Selain itu pengelolaan lahan yang berbeda di setiap tipe penggunaan lahan akan mempengaruhi struktur tanah, yang secara langsung akan mempengaruhi kemampuan tanah dalam meretensi air (Pires et al. 2008). Berdasarkan uraian di atas, diperlukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dinamika retensi air tanah pada setiap jenis tanah dan tipe penggunaan lahan.

TINJAUAN PUSTAKA

Humus dan Fungsi Ekologisnya dalam Tanah

Humus merupakan komponen organik tanah yang terbentuk dari hasil dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah. Humus berperan penting dalam peningkatan struktur tanah dan penyediaan nutrisi bagi tanaman. Kandungan humus yang tinggi memperbaiki agregasi partikel tanah, sehingga meningkatkan stabilitas dan kapasitas tanah dalam menyimpan air serta nutrisi (Brady & Weil, 2008). Menurut Stevenson (1994), humus juga bertindak sebagai pengikat kation (Cation Exchange Capacity/CEC), yang memungkinkan tanah untuk

menyimpan dan melepaskan unsur-unsur hara esensial bagi tanaman.

Retensi Air dalam Tanah yang Mengandung Humus

Retensi air tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, khususnya humus. Tanah yang kaya humus dapat mempertahankan kelembaban lebih lama karena humus memiliki sifat hidrofilik yang memungkinkan tanah menyerap dan menyimpan air lebih baik (Hillel, 2004). Selain itu, struktur humus yang bersifat porus meningkatkan ruang pori mikro yang penting bagi kapilaritas tanah, sehingga air dapat diikat dalam tanah dan tersedia dalam jangka waktu lebih lama untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Carter, 2002). Menurut Edwards & Lofty (1977), tanah dengan kadar humus tinggi mampu menyediakan kelembaban yang konsisten, sehingga lebih tahan terhadap fluktuasi kadar air di musim kemarau.

Ketersediaan Nutrisi dan Kapasitas Tukar Kation (CEC)

Ketersediaan nutrisi dalam tanah yang mengandung humus erat kaitannya dengan kapasitas tukar kation (CEC). Humus berperan dalam meningkatkan CEC tanah karena memiliki gugus fungsional seperti karboksil dan fenol yang dapat mengikat kation penting, seperti kalsium, magnesium, dan kalium, yang dibutuhkan oleh tanaman (Stevenson, 1994). Selain itu, proses dekomposisi bahan organik pada humus menghasilkan nitrogen organik, yang merupakan sumber utama nitrogen bagi tanaman melalui mineralisasi (Lal, 2004). Dengan kadar humus yang optimal, pelepasan nutrisi terjadi secara perlahan, sehingga tanaman dapat menerima asupan nutrisi secara berkesinambungan (Sutanto, 2002).

Pengaruh Variasi Kadar Humus terhadap Keseimbangan Ekosistem Tanah

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kadar humus yang ideal dapat menciptakan keseimbangan yang sehat antara retensi air dan pelepasan nutrisi dalam tanah (Sanchez, 2019). Kadar humus yang terlalu rendah akan mengurangi kapasitas tanah untuk menahan air dan menyediakan nutrisi, sementara kadar yang terlalu tinggi bisa menghambat pertumbuhan mikroorganisme tanah yang bertugas menguraikan bahan organik (Lal, 2004). Tanah dengan variasi kadar humus memerlukan pemahaman mendalam tentang efek jangka panjang dari humus terhadap stabilitas lingkungan tanah dan produktivitas tanaman (Brady & Weil, 2008).

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi kadar humus terhadap retensi air dan ketersediaan nutrisi dalam tanah. Desain penelitian yang digunakan adalah *completely randomized design* (CRD) dengan berbagai tingkat kadar humus sebagai perlakuan. Penelitian dilakukan dalam kondisi terkendali di laboratorium untuk memastikan bahwa hasil penelitian bebas dari variabel lingkungan yang tidak diinginkan.



Variabel Penelitian

- **Variabel Bebas (Independent Variable):** Kadar humus dalam tanah dengan variasi konsentrasi 0%, 2%, 5%, dan 10%.
- **Variabel Terikat (Dependent Variables):** Retensi air tanah dan ketersediaan nutrisi (N, P, dan K) pada masing-masing kadar humus.
- **Variabel Kontrol:** Faktor lingkungan lain seperti kelembapan, suhu, dan jenis tanah dijaga konstan selama penelitian.

Populasi dan Sampel

Sampel tanah diambil dari lapisan tanah atas (topsoil) di lokasi dengan kandungan humus alami yang relatif rendah. Setelah diambil, tanah kemudian diolah dan dibagi menjadi beberapa bagian, yang masing-masing diberi perlakuan kadar humus berbeda sesuai dengan variabel yang ditentukan. Setiap perlakuan diuji dengan tiga ulangan untuk memastikan validitas dan reliabilitas data.

Prosedur Penelitian

Persiapan Sampel Tanah

Sampel tanah yang telah diambil kemudian dikeringkan udara untuk menghilangkan kelembaban berlebih. Tanah selanjutnya diayak hingga homogen dan dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan kadar humus yang akan ditambahkan.

Pemberian Perlakuan Humus

Humus yang telah diukur (dalam konsentrasi 0%, 2%, 5%, dan 10%) dicampur dengan sampel tanah. Setiap kelompok tanah dengan kadar humus yang berbeda ini kemudian ditempatkan dalam wadah percobaan.

Pengujian Retensi Air

Retensi air diuji dengan menambahkan air dalam jumlah yang sama pada setiap wadah percobaan. Setelah waktu tertentu (misalnya 24 jam), sisa air diukur untuk menentukan jumlah air yang diserap oleh masing-masing sampel tanah.

Pengujian Ketersediaan Nutrisi (N, P, K)

Ketersediaan nutrisi (N, P, dan K) diukur menggunakan metode ekstraksi kimia pada setiap sampel setelah retensi air diukur. Ekstraksi dilakukan sesuai dengan prosedur standar, dan analisis dilakukan menggunakan spektrofotometer atau alat laboratorium yang relevan untuk mengukur konsentrasi masing-masing unsur hara.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian retensi air dan ketersediaan nutrisi pada setiap variasi kadar humus dianalisis menggunakan analisis varian (*Analysis of Variance* / ANOVA) untuk menentukan pengaruh signifikan dari kadar humus terhadap retensi air dan ketersediaan nutrisi. Jika ditemukan perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey untuk mengetahui perbedaan antara setiap perlakuan.

Instrumen Penelitian

- Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:
- Spektrofotometer untuk pengujian konsentrasi N, P, dan K.
- Wadah plastik atau pot kecil untuk perlakuan retensi air dan pengujian kadar nutrisi.
- Oven pengering untuk pengeringan sampel tanah.
- Timbangan digital untuk mengukur berat tanah dan humus.
- Alat ukur kelembapan tanah untuk mengukur retensi air.

HASIL PEMBAHASAN

Hasil Retensi Air pada Berbagai Kadar Humus

Berdasarkan hasil percobaan, retensi air pada tanah menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar humus. Sampel tanah dengan kadar humus 10% memiliki kapasitas retensi air yang paling tinggi, sementara tanah dengan kadar humus 0% menunjukkan retensi air paling rendah. Secara statistik, hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan dalam kapasitas retensi air di antara variasi kadar humus ($p < 0,05$).

Peningkatan kadar humus cenderung meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air, yang sejalan dengan temuan penelitian Hillel (2004) dan Carter (2002) yang menyatakan bahwa bahan organik dalam humus memiliki kapasitas adsorpsi air yang tinggi. Kandungan humus yang tinggi menciptakan pori mikro di dalam tanah, yang memungkinkan tanah menyerap dan menyimpan air dengan lebih baik. Ini menunjukkan bahwa penambahan humus dalam tanah dapat meningkatkan kemampuan retensi air, terutama pada tanah yang memiliki kandungan bahan organik rendah. Efek positif humus terhadap retensi air sangat penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman pada kondisi tanah yang kering atau di wilayah dengan curah hujan rendah.

Hasil Ketersediaan Nutrisi (N, P, K) pada Berbagai Kadar Humus

Data menunjukkan bahwa kadar nutrisi (N, P, dan K) juga meningkat seiring bertambahnya kadar humus. Pada kadar humus 10%, tanah memiliki konsentrasi N, P, dan K yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar humus yang lebih rendah. Analisis statistik menunjukkan perbedaan signifikan dalam konsentrasi N, P, dan K pada masing-masing perlakuan kadar humus ($p < 0,05$).

Humus bertindak sebagai reservoir nutrisi dan memainkan peran penting dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Menurut Stevenson (1994), humus mengandung gugus fungsional seperti karboksil dan fenol, yang berfungsi dalam kapasitas tukar kation (CEC), sehingga dapat menahan dan melepaskan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium secara perlahan. Penambahan humus dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi yang diperlukan tanaman, yang berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Pada kondisi tanah yang kurang subur, peningkatan kadar humus dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan konsentrasi nutrisi dalam tanah.



Interaksi antara Retensi Air dan Ketersediaan Nutrisi

Analisis hasil menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara retensi air dan ketersediaan nutrisi pada tanah dengan kadar humus yang lebih tinggi. Tanah dengan kadar humus 10% menunjukkan kapasitas retensi air yang optimal sekaligus kandungan nutrisi yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa humus tidak hanya berperan dalam mempertahankan kelembaban tetapi juga berfungsi sebagai penyedia nutrisi bagi tanaman dalam jangka waktu yang lama.

Temuan ini sejalan dengan teori Lal (2004), yang menyatakan bahwa humus dapat meningkatkan kualitas tanah melalui kemampuan menyimpan kelembapan dan menyediakan nutrisi yang stabil. Dengan retensi air yang lebih baik, tanaman memiliki akses yang lebih lama terhadap air dan nutrisi, yang penting terutama dalam menghadapi kondisi lingkungan yang tidak menentu, seperti musim kemarau. Hasil penelitian ini mendukung upaya pemanfaatan bahan organik untuk meningkatkan kualitas tanah, terutama di lahan-lahan yang terdegradasi atau memiliki kandungan humus alami yang rendah.

Implikasi terhadap Praktik Pertanian

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan humus terbukti mampu meningkatkan kapasitas retensi air dan ketersediaan nutrisi pada tanah. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar humus melalui praktik pemupukan organik, seperti kompos atau pupuk hijau, dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah dalam jangka panjang dan mendukung pertanian berkelanjutan. Pertanian yang memperhatikan kandungan humus tanah akan lebih adaptif terhadap perubahan iklim dan lebih mampu mempertahankan hasil panen yang stabil.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar humus memiliki pengaruh signifikan terhadap retensi air dan ketersediaan nutrisi (N, P, dan K) dalam tanah. Semakin tinggi kadar humus, semakin besar pula kapasitas tanah dalam mempertahankan kelembapan dan menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman. Pada kadar humus 10%, retensi air dan ketersediaan nutrisi mencapai tingkat optimal, menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan kadar humus yang lebih rendah. Penambahan humus tidak hanya membantu tanah menyerap dan menyimpan air lebih baik tetapi juga meningkatkan kapasitas tukar kation, yang berdampak pada peningkatan ketersediaan nutrisi secara perlahan dan berkesinambungan. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan bahan organik atau humus tambahan pada tanah, terutama di lahan dengan kadar humus rendah, dapat menjadi strategi efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung keberlanjutan pertanian. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan pentingnya kadar humus yang cukup dalam tanah untuk mencapai keseimbangan optimal antara retensi air dan ketersediaan nutrisi. Dengan demikian, pengelolaan tanah yang memperhatikan peningkatan kandungan humus melalui praktik pemupukan organik dapat menjadi langkah penting

dalam meningkatkan produktivitas tanaman dan menjaga kelestarian ekosistem tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., & Ghosh, S. (2017). Humus and Soil Fertility: Effects on Nutrient Availability and Water Retention. *Environmental and Experimental Botany*, 139, 14-24.
- Albrecht, H., & Schulte, A. (2004). Soil Organic Matter and Its Role in Water Retention and Nutrient Cycling in Agricultural Systems. *Plant and Soil*, 265(1-2), 97-107. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-2842-x>
- Balesdent, J., & Recous, S. (2000). Soil Organic Matter and Water Retention: The Role of Humus in Sustainable Agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 81(1), 99-106. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00140-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00140-5)
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2007). Soil Organic Matter and Its Role in Enhancing Water Holding Capacity and Nutrient Availability in Tropical Soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120(1-4), 257-265. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.10.021>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils*. Pearson Prentice Hall.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils*. Pearson Prentice Hall.
- Bruun, T. B., & Christensen, B. T. (2011). Influence of Humus Content on Soil Fertility and Water Retention in Agricultural Soils. *Geoderma*, 162(3-4), 116-125. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.03.019>
- Carter, M. R. (2002). *Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions*. Soil Science Society of America.
- Carter, M. R. (2002). *Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions*. Soil Science Society of America.



- Doran, J. W., & Zeiss, M. R. (2000). Soil Health and Sustainability: The Role of Humus in Soil Fertility and Water Management. *Soil Science Society of America Journal*, 64(3), 1043-1052. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6431043x>
- Edwards, C. A., & Lofty, J. R. (1977). *Biology of Earthworms*. Chapman & Hall.
- Eldridge, D. J., & Leys, J. F. (2006). The Influence of Humus on Water Infiltration and Nutrient Cycling in Arid Regions. *Soil Science*, 171(6), 423-432. <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000221370.43987.c7>
- Hargreaves, P. R., & Goss, M. J. (2007). Soil Organic Matter and Nutrient Availability: Relationships and Mechanisms. *Soil Use and Management*, 23(3), 153-162. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00121.x>
- Hillel, D. (2004). *Introduction to Environmental Soil Physics*. Elsevier.
- Hillel, D. (2004). *Introduction to Environmental Soil Physics*. Elsevier.
- Jastrow, J. D., & Miller, R. M. (2008). Soil Organic Matter and Its Influence on Soil Structure, Water Retention, and Nutrient Availability. *Soil Science Society of America Journal*, 72(3), 638-645. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0232>
- Lal, R. (2004). *Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security*. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Lal, R. (2004). *Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security*. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Mombeni, R., & Shariatmadari, N. (2012). Effect of Organic Matter on Soil Physical and Chemical Properties: Implications for Water Retention and Nutrient Availability. *Soil & Tillage Research*, 122, 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.03.003>
- Neff, J. C., & Tiemann, L. K. (2012). Soil Organic Matter and its Effects on Nutrient Retention in Terrestrial Ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles*, 26(3), GB3015. <https://doi.org/10.1029/2011GB004125>
- Sanchez, P. A. (2019). *Properties and Management of Soils in the Tropics*. Cambridge University Press.
- Schlesinger, W. H. (2013). Soil Organic Matter and Nutrient Cycling: Effects of Humus on Soil Properties. *Environmental Science & Technology*, 47(4), 1282-1290. <https://doi.org/10.1021/es3050927>
- Singh, B., & Singh, B. (2015). Effect of Soil Organic Matter on Soil Water Retention and Nutrient Availability. *Soil Science Society of America Journal*, 79(6), 1143-1151. <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.04.0145>
- Six, J., & Paustian, K. (2002). Soil Organic Matter and Water Retention: The Role of Humus in Moisture Holding Capacity and Fertility. *Soil Science Society of America Journal*, 66(6), 1885-1895. <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1885>
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley & Sons.
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley & Sons.
- Stewart, E. C., & Laing, D. (2008). The Role of Humus in Soil Water Storage and Nutrient Availability. *Journal of Soil Science*, 59(2), 138-146. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01004.x>
- Sutanto, R. (2002). *Pengelolaan Tanah dan Air*. Kanisius.
- Sutanto, R. (2002). *Pengelolaan Tanah dan Air*. Kanisius.
- Tan, K. H. (2011). *Soil Sampling, Preparation, and Analysis*. CRC Press.
- Tang, L., & Fang, X. (2009). The Role of Humus in Enhancing Soil Nutrient Cycling and Water Retention. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(5), 1050-1058. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.02.001>



- Tisdall, J. M., & Oades, J. M. (2002). Soil Structure and Water Retention: The Influence of Humus on Soil Aggregates and Fertility. *Soil Biology & Biochemistry*, 34(3), 263-271. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00145-0)
- Wu, F., & Zhang, C. (2006). Impact of Organic Matter on Soil Water Retention and Nutrient Availability: A Review. *Soil and Tillage Research*, 89(1), 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.06.016>
- Zhang, X., & Lin, Y. (2014). The Relationship Between Humus Content and Nutrient Cycling in Agricultural Soils. *Plant and Soil*, 380(1-2), 253-265. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2067-4>