

Modellierung der Umweltwirkung von gentechnisch veränderten Pflanzen mit Hilfe von Expert-N

Christine Loos, Sabine Grundmann, Eckart Priesack

Institut für Bodenökologie
GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Neuherberg
christine.loos@gsf.de
sabine.grundmann@gsf.de
priesack@gsf.de

Abstract: Wie in der EU-Freisetzungsrichtlinie (2001/18/EG) gefordert, ist ein Monitoring der ökologischen Auswirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) notwendig. Der Anbau von herbizid-resistenten, gentechnisch veränderten Pflanzen kann zu einem mehrmals jährlichen und mehrjährigen Einsatz eines Herbizids führen. Die Zunahme an Herbizid-Applikationen kann zahlreiche Risiken bergen, wie Veränderung der Bodenfunktionen auf der Anbaufläche, erhöhte Herbizid-Verlagerung ins Grundwasser oder erhöhter Selektionsdruck auf Bodenmikroorganismen. Die in einer Lysimeter-Studie erarbeiteten Daten zum Bodenlösungstransport, Herbizid-Abbau und zur Pflanzenaufnahme werden integriert und analysiert, mit dem Ziel ein mathematisches Modellsystem zu entwickeln, mit dessen Hilfe man die Umweltwirkung von gentechnisch veränderten Pflanzen beschreiben und bewerten kann. Das modular aufgebaute Modellsystem EXPERT-N zur Beschreibung der Stickstoffdynamik im Boden wurde dazu mit einem Modul zum Stofftransport von Pestiziden erweitert. Insbesondere Pestizidabbau- und Transformationsprozesse durch Pflanzen und Bodenmikroorganismen werden im Modell im Hinblick auf eine veränderte Umweltwirkung durch den Anbau von GVP berücksichtigt.

1 Einleitung

Gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) sind Bestandteil moderner Landwirtschaft in Industrienationen [Fr01]. Vor allem für Sojabohne, Mais, Baumwolle und Raps existieren genetisch modifizierte Varietäten von wesentlicher Bedeutung, wobei die Modifizierungen Insektenresistenz und Herbizidresistenz dominieren. Der Anbau von GVP führt zu einer Veränderung landwirtschaftlicher Praktiken und bedarf deshalb einer Bewertung der möglichen Umweltwirkungen des Anbaus von GVP im Agro-Ökosystem. In der EU-Freisetzungsrichtlinie (2001/18/EG) [EC01] wird deshalb ein Monitoring des Anbaus von GVP hinsichtlich Lebensmittelsicherheit, Biosicherheit und Nachhaltigkeit ge-

fordert. Insbesondere der Anbau von herbizid-resistenten GVP ermöglicht einen mehrmals jährlichen und mehrjährigen Einsatz eines Herbizids.

Die Zunahme an Herbizid-Applikationen führt möglicherweise zur Veränderung der Bodenfunktionen, zu erhöhter Herbizid-Verlagerung ins Grundwasser oder zu erhöhtem Selektionsdruck auf Bodenmikroorganismen. Die in einer Lysimeter-Studie erarbeiteten Daten zum Bodenlösungstransport und mikrobiellen Abbau des Totalherbizids Glyphosat werden im modular aufgebauten Modellsystem EXPERT-N [St99] integriert und analysiert. Als Modellpflanze dient transgenes Soja, welches weltweit bereits 63 % des gesamten Soja-Anbaus ausmacht [Mo02].

2 Material und Methoden

In der Studie wurde auf 4 wägbaren Freiland-Lysimetern (Fläche 1 m², Tiefe 2 m) befüllt mit einem sandigen Bodentyp über 2 Vegetationsperioden transgenes Soja angebaut. Auf 2 Lysimetern wurde ¹⁴C markiertes Glyphosat im Jahr 2004 nach dem Auflaufen und im Jahr 2005 vor der Saat und nach dem Auflaufen der Sojapflanzen appliziert. Wassergehalt, Saugspannung und Temperatur wurden kontinuierlich in 30, 50, 80, 155 und 190 cm Tiefe gemessen.

3 Modellstruktur

Das modular aufgebaute Modellsystem EXPERT-N wurde für die vorliegende Arbeit mit einem Modul zum Stofftransport und -verhalten von Pestiziden erweitert. Die für die Aufgabenstellung benötigten Prozessabbildungen sind in Abbildung 1 dargestellt.

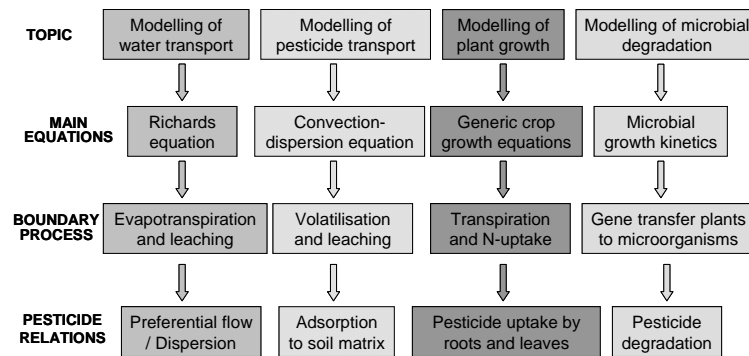


Abbildung 1: Simulierte Prozesse des Pestizidverhaltens

Als Grundlage der Modellentwicklung dient das Pestizid-Transport-Modell LEACHP [HW92]. Insbesondere Pestizidabbau- und Transformationsprozesse durch Pflanzen und Bodenmikroorganismen werden im Hinblick auf den Anbau von GVP berücksichtigt. Pflanzliche Pestizidaufnahme und Abbau wird durch das Modell PLANTX [Tr92] beschrieben.

Zur Simulation von Pflanzenentwicklung und –wachstum wird das Modell SUCROS [It03] herangezogen. Für Wassertransportberechnungen wurde das in Expert-N implementierte Modell HYDRUS 6.0 [SHG98] verwendet. Bodenwärmtransport, N-Transport und N-Umsatz wurden nach den bereits implementierten Modellansätzen basierend auf dem Modell LEACHM [HW92] simuliert.

4 Ergebnisse

Mikrobielle Umsetzungsprozesse von Pestiziden im Boden werden durch Wassergehalt- und Temperaturverlauf beeinflusst [Kü04]. Die Ergebnisse der Lysimeterstudie haben gezeigt, dass über 90 % der ^{14}C -Rückstände ein Jahr nach der Pestizidapplikation im Jahr 2004 und nach Unterarbeiten der Ernterückstände (bis 5 cm Tiefe) am Vegetationsende im Bereich 0-5 cm zu finden waren. Deshalb sind vor allem die Wassergehalte in den obersten 30 cm des Bodens für den Pestizidabbau von Bedeutung.

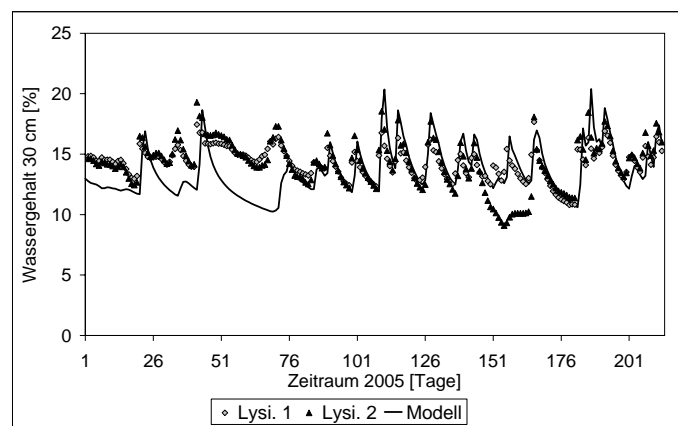


Abbildung 2: Simulierte und gemessene Wassergehalte in 30 cm Januar bis Juli 2005

Abbildung 2 zeigt die in 2 Lysimetern mit TDR-Sonden gemessenen täglichen Wassergehalte im Vergleich zu den simulierten Werten. Die Messwerte für Lysimeter 1 weisen einen systematischen Messfehler auf, der zu einer konstanten Überschätzung der Wassergehalte um ca. 4 % führt. In Abbildung 2 sind daher die korrigierten Werte dargestellt. Die simulierten Werte stimmen bis auf den Zeitraum Januar bis März (Tag 1-72) gut mit den gemessenen Werten überein. Die Unterschiede deuten auf eine Überschätzung der Evapotranspiration durch das Modell in den Wintermonaten hin.

Abbildung 3 zeigt, dass das Modell die Pestizidabbaurate direkt nach der Applikation unterschätzt. Dies deutet darauf hin, dass es im Feldversuch im Gegensatz zur Modellannahme nicht erst zu einer Adaption der Mikroorganismen an die applizierte Substanz kommen muss. Für den restlichen Zeitraum stimmen simulierte und gemessene Raten gut überein. Im Vergleich zum mikrobiellen Pestizidabbau im Jahr 2004 unter der Anwesenheit von transgenem Soja konnte im Jahr 2005 für den Zeitraum vor der Aussaat kein veränderter Abbau beobachtet werden.

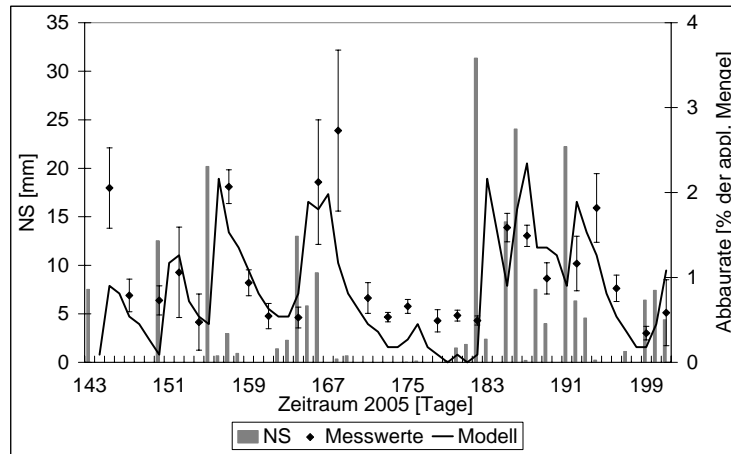


Abbildung 3: Simulierte und gemessene Abbauraten in % der applizierten Pestizidmenge und Niederschlag für den Zeitraum 23.05. bis 20.07.2005

Für die genauere Analyse des Einflusses der GVP müssen jedoch noch die Ergebnisse der 2. Pestizidapplikation im Jahr 2005 abgewartet werden.

Literaturverzeichnis

- [Fr01] Fresco, L.O.: Genetically Modified Organisms in Food and Agriculture: Where are we? Where are we going? In (Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry): Conf. Proc. Crop and Forest Biotechnology for the Future, Falkenberg Sweden, 2001.
- [EC01] EuropeanCommunity: Directive 2001/18/EC on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms. Official Journal of the European Communities, L106, 2001; S.1-39.
- [St99] Stenger, R.; et al.: Expert-N. A tool for simulating nitrogen and carbon dynamics in the soil-plant-atmosphere system. In (M. Tomer, M. Robinson and G. Gielen): Modelling of Land Treatment Systems, New Plymouth New Zealand, 1999; S. 19-28.
- [Mo02] Monsanto: Safety Assessment of Roundup Ready® Soybean Event 40-3-2. 2002, http://www.monsanto.com/monsanto/content/our_pledge/transparency/prod_safety/roundup_soybean/es.pdf.
- [HW92] Hutson, J.L.;Wagenet, R.J.: LEACHM: Leaching Estimation And Chemistry Model. Department of Soil, Crop and Atmospheric Sciences, Research Series No. 92-93, Ithaca USA, 1992.
- [Tr92] Trapp, S.: Modellierung der Aufnahme anthropogener organischer Chemikalien in Pflanzen. Dissertation Technische Universität München, 1992.
- [It03] van Ittersum, M.K.; et al.: On approaches and applications of the Wageningen crop models. European Journal of Agronomy, 2003; S. 201-234.
- [SHG98] Simunek, J.; Huang, K.;van Genuchten, M.T.: The HYDRUS code for simulating the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably-saturated media. Version 6.0. U.S. Salinity Laboratory, Riverside USA, 1998.
- [Kü04] Kühn, S.: Bedeutung der Leistung mikrobieller Lebensgemeinschaften beim Umsatz und Abbau von Isoproturon in Böden und Möglichkeiten zur Steuerung des in-situ-Pestizidabbaus. Dissertation Technische Universität München, 2004.