

Aus dem Institut für Agrarökologie

Hans-Joachim Weigel

**Auswirkungen von Klimaänderungen auf die
landwirtschaftliche Pflanzenproduktion**

Manuskript, zu finden in www.fal.de

Published in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 258,
pp. 17-18

**Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2003**

Auswirkungen von Klimaänderungen auf die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion

H.J. Weigel¹

Hintergrund

Die globale atmosphärische CO₂-Konzentration hat während der letzten 100 Jahre von ca. 280 ppm auf gegenwärtig ca. 365 ppm erhöht. Dieser Trend setzt sich mit noch größerer Geschwindigkeit als bisher fort. In 100 Jahren wird sich die CO₂-Konzentration auf Werte zwischen 550-900 ppm erhöht haben. Landwirtschaftliche Kulturpflanzen und Agrarökosysteme sind global indirekt und direkt von diesem CO₂-Anstieg betroffen. Richtung und Ausmaß dieser Beeinflussung sind allerdings noch offen.

Indirekt trägt CO₂ (mit anderen Spurengasen) zu einer Veränderung des Klimas bei. Diese Klimaänderungen (höhere Temperaturen, andere Niederschlagsverhältnisse) werden Wachstum und Ertrag vieler Kulturpflanzenarten negativ beeinflussen. Höhere Temperaturen z.B. beschleunigen die Entwicklung und dadurch sinken bei Getreide die Kornerträge. Sollte Wassermangel auftreten, wird dies die am stärksten wachstumshemmende Klimawirkung sein. Neben einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen (+ 1,4° bis + 5,8° C) wird eine Zunahme der Klimavariabilität bzw. von Klimaextremen erwartet. Voraussagen zu den regional bzw. lokal konkret zu erwartenden Klimaänderungen sind allerdings nach wie vor sehr unscharf. Für Europa wird z.B. eine relativ stärkere Zunahme der Durchschnittstemperaturen in den nördlichen (2,5°-4,5° C) im Vergleich zu den südlicheren Breiten (1,5°-4,5° C) angenommen. Vorhersagen zur regionalen Niederschlagsentwicklung sind ebenfalls sehr unsicher. Trockenheitsprobleme sollen insbesondere in den Mittelmeerländern zunehmen.

Erhöhte CO₂-Konzentrationen beeinflussen Kultur- und Wildpflanzen zusätzlich in direkter Weise. Da die heutige CO₂-Konzentration für die meisten C₃-Pflanzen suboptimal ist, führt eine CO₂-Erhöhung zu einer Stimulation der Photosynthese und des Pflanzenwachstums (sog. „CO₂-Düngeeffekt“) sowie zu einer Reduktion der Transpiration. In Experimenten sind unter optimalen Wachstumsbedingungen (Klimakammern) durch eine CO₂-Erhöhung Biomasse- bzw. Ertragszuwächse von 20%-35% erzielt worden.

Inwieweit die geschilderten negativen und positiven Klimawirkungen sich gegenseitig beeinflussen, ist von entscheidender Bedeutung für die Vorhersage zukünftiger Erntemengen. Insbesondere die Quantifizierung des CO₂-Düngeeffektes ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, modellgestützte Ertragsprognosen zu verbessern, da die physiologische CO₂-Wirkung die Aussagen der Klimamodelle erheblich beeinflusst. Die Arbeiten des Instituts für Agrarökologie leisten dazu Beiträge. Bearbeitet werden Klimaeffekte auf die Pflanzenproduktion (Ackerbau, Grünland) und auf Böden. Effekte auf Pflanzenkrankheiten und Schädlinge sowie direkte Effekte auf die Tierproduktion (Tiergesundheit) können nicht berücksichtigt werden.

Ziel

Untersucht werden in experimentellen Versuchsansätzen Fragen zur Auswirkung erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen und deren Wechselwirkungen mit weiteren Klimaparametern im Hinblick auf die Leistungen von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen (Wachstum Ertrag, Qualität) und die Funktionsfähigkeit von Agrarökosystemen (Wasser- und Energieflüsse, Kohlenstoffspeicherung, Biodiversität). Ziel ist es, Prozessdaten zur Bewertung der vorausgesagten Klimaänderungen auf die Pflanzenproduktion zu erzeugen. Diese Daten dienen insbesondere auch der Entwicklung und Validierung entsprechender Vorhersagemodelle sowie als Grundlage zur Ableitung von Anpassungsstrategien für die Landwirtschaft.

Methoden

In Untersuchungsansätzen, die vom Labormaßstab bis zur Fruchtfolge unter realen Anbaubedingungen reichen, werden einzelne Klimaparameter (z.B. CO₂-Konzentration, Wasserversorgung, Temperatur) experimentell variiert und damit unterschiedliche Klimaszenarien simuliert. Die Reaktionen der Pflanzen bzw. der betrachteten Systeme werden mit pflanzenphysiologischen, pflanzenbaulichen und bodenökologischen Methoden gemessen. Im Mittelpunkt steht die Bewertung des CO₂-Düngeeffektes. Seit kurzem wird hierzu eine aufwendige und weltweit selten angewandte Freiland-CO₂-Expositionstechnik (Free Air Carbondioxide Enrichment = FACE) eingesetzt, die es gestattet, das Klima ganzer Agrarökosystemausschnitte auszulernen.

Ergebnisse

Die bisher in zahlreichen Einzelprojekten erzielten Ergebnisse sind nicht im Einzelnen darstellbar und in der angeführten Literatur z.T. beschrieben. Folgende generelle Trends der Reaktionen der untersuchten Kulturpflanzen-

¹ Institut für Agrarökologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: hans.weigel@fal.de

arten (Klee, Weidelgras, Zuckerrübe, Wintergerste, Winterweizen, Sommerweizen) auf eine Erhöhung der atmosphärischen CO₂-Konzentration (450 – 550 ppm) lassen sich bisher festhalten:

- Zunahmen der Biomasse- bzw. der Kornerträge um 10% - 25% (bei ausreichender Nährstoffversorgung)
- Erhöhungen der Wasserausnutzungseffizienz
- Reduktionen der Stickstoff- bzw. Proteingehalte im pflanzlichen Gewebe (Blatt, Korn).

Kooperationen

National: Universitäten Braunschweig, Giessen und Hohenheim. International: Cordoba/Spanien, Aberdeen und Rothamstedt/UK, Wageningen/Holland, Bern-Liebefeld/Schweiz, Beijing/China, New York und Raleigh/USA. Das FACE-Projekt ist innerhalb des IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme) im Core Project GCTE (Global Change and Terrestrial Ecosystems) Mitglied des globalen „Elevated CO₂ Network“.

Schlussfolgerung und Forschungsbedarf

Die Zunahme der atmosphärischen CO₂-Konzentration kann sich bei entsprechenden landwirtschaftlichen Management positiv auf die Ertragsleistung von Pflanzen auswirken und damit den negativen Effekten z.B. einer Wasserverknappung bzw. einer Temperaturzunahme entgegenwirken. Diese Einschätzung beruht allerdings nur auf Ergebnissen aus monofaktoriellen Versuchen, in den jeweils nur eine Klimavariante variiert wurde. Erforderlich ist eine nächste Generation von Versuchsanstellungen, in denen die Wechselwirkungen verschiedener Klimaparameter untereinander untersucht werden. Dazu zählt auch die stärkere Berücksichtigung möglicher indirekter Effekte, die sich aus dem durch die Klimaänderung ergebenden Auftreten neuer Pflanzenkrankheiten ergeben könnten. Notwendig ist zudem eine stärkere Ausrichtung von Forschungsaktivitäten auf mögliche Anpassungsstrategien im landwirtschaftlichen Management für die o.g. Klimaszenarien. Wenig bekannt ist zur Zeit auch, inwieweit die Qualität pflanzlicher Produkte durch Klimaänderungen betroffen sein könnte und welche Gegenmaßnahmen (Düngung etc.) möglich sind.

Literatur (Auswahl)

- Brunnert H, Weigel H-J (1997) The rise of atmospheric CO₂- Disadvantage or benefit for agriculture ? *Plant Research and Development* 46: 7-32.
- Burkart S, Manderscheid R, Weigel H-J (2000) Interaction of photosynthetic flux density and temperature on canopy photosynthesis of spring wheat under different CO₂ concentrations. *Journal of Plant Physiology* 157/1: 31-39.
- Burkart S, Manderscheid R, Weigel H-J (2003) Interactive effects of elevated CO₂-concentrations and plant available water content on canopy evapotranspiration and conductance of spring wheat. *European Journal of Agronomy*, in press.
- Fangmeier A, DeTemmermann L, Mortensen L, Kemp K, Burke J, Mitchell R, VanOijen, M, Weigel H-J (1999) Effects on nutrients and on grain quality in spring wheat crops grown under elevated CO₂ concentrations and stress conditions in the European, multiple-site experiment „ESPACE-wheat“. *European Journal of Agronomy* 10 (3-4): 215-229.
- Hudak C, Bender J, Weigel H-J, Miller J E (1999) Interactive effects of elevated CO₂, O₃ and water deficit on spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv Nandu). *Agronomie* 19: 677-687.
- Manderscheid R, Bender J, Schenk U, Weigel H-J (1997) Response of biomass and nitrogen yield of white clover to radiation and atmospheric CO₂ concentration. *Environmental and Experimental Botany* 38: 131-143.
- Manderscheid R, Burkart S, Bramm A, Weigel H-J (2003) Effect of CO₂ enrichment on growth and daily radiation use efficiency of wheat in relation to temperature and growth stage. *European Journal of Agronomy* 19: 411-425.
- Manderscheid R, Weigel H-J (1997) Photosynthetic and growth responses of old and modern spring wheat cultivars to atmospheric CO₂-enrichment. *Agriculture Ecosystems & Environment* 64: 65-73.
- Manderscheid R, Weigel H-J (1998) Implications of rising atmospheric CO₂-concentrations for future crop production. In: N. El Bassam et al. (eds.): *Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry*. James & James Science Publishers Ltd., 64-68.
- Rodriguez D, Ewert F, Goudriaan J, Manderscheid R, Burkart S, Weigel H-J (2001) Modelling the response of wheat canopy assimilation to atmospheric CO₂ concentrations. *New Phytologist* 150: 337-346.
- Schenk U, Jäger H-J, Weigel H-J (1996) Nitrogen supply determines responses of yield and biomass partitioning of perennial ryegrass to elevated atmospheric CO₂ concentrations. *Journal of Plant Nutrition* 19: 1423-1440.
- Schenk U, Jäger H-J, Weigel H-J (1997) The response of perennial ryegrass/white clover swards to elevated atmospheric CO₂ concentrations. II. Effects on yield, fodder quality and water use. *Grass and Forage Science* 52: 232-241.
- Schenk U, Manderscheid R, Hugen J, Weigel H-J (1995) Effects of CO₂ enrichment and intraspecific competition on biomass partitioning, nitrogen content and microbial biomass carbon in soil of perennial ryegrass and white clover. *Journal of Experimental Botany* 46:987-993.
- Weigel H-J (2002) Mehr CO₂ in der Atmosphäre – Mehr Pflanzenwachstum ? *Agrarspektrum* 34: 2114-117.
- Weigel H-J, Dämmgen U (2000) The Braunschweig Carbon Project: Atmospheric Flux Monitoring and Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE). *Journal of Applied Botany* 74: 55-60.
- Weigel H-J, Manderscheid R (2003) CO₂ enrichment effects on forage and grain nitrogen concentration of pasture and cereal plant species. *Journal of Crop Production*, in press.