

Entwicklung eines Pflanzenwachstumsmodells zur Berücksichtigung des Einflusses der Klimaänderung auf die Qualität von agrarischen Kulturpflanzen

Christian Biernath¹, Sebastian Gayler¹, Petra Högy², Andreas Fangmeier² und Eckart Priesack¹

Zusammenfassung

Der sich in den letzten Jahrzehnten beschleunigende Klimawandel zeigt sich durch höhere mittlere Temperaturen und einen Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration ([CO₂]). Darüber hinaus nehmen Änderungen der Häufigkeit, Dauer und Stärke von Niederschlagsereignissen und Klimaextremen zu. Dieser Wandel wird sich ohne Zweifel auf Erträge und Qualität von Nutzpflanzen auswirken. Während Effekte vieler dieser Klimafaktoren auf die landwirtschaftliche Produktion vielfach untersucht wurden, ist über deren Einfluss auf die biochemische Zusammensetzung der Pflanzenbiomasse nur wenig bekannt (Stafford, 2007).

Die Frage, wie die Auswirkungen des Klimawandels auf pflanzeninterne Transport- und Transformationsprozesse biochemischer Substanzen (z.B. von Mikro- und Makronährstoffen oder Assimilaten) und auf Qualitätsparameter der Ernte (z.B. C/N-Verhältnis des Ernteguts) zu modellieren sind, ist bisher nicht gelöst. Dieses Wissen ist jedoch nötig, um die Qualität zukünftiger Ernten zu schätzen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Photosynthesemodell entwickelt und getestet, welches die Akklimation an veränderte atmosphärische [CO₂] berücksichtigt und auf einer verbesserten Ressourcenallokation in der Pflanze beruht. Im Fokus dieser Modellierung stehen einerseits der Effekt steigender Temperaturen auf Nutzpflanzen und andererseits die Akklimation der Photosynthese an die steigende atmosphärische CO₂-Konzentration. Während Hitzestress (z.B. bei Weizen) die Proteinzusammensetzung zur Kornfüllung verändert, führt eine höhere atmosphärische CO₂-Konzentration zu geringeren Blatt-N-Gehalten und einem höheren C/N Verhältnis der Frucht (Webber et al. 1994, Fangmeier et al. 1999).

Zentrale Arbeitshypothesen

- Der Anstieg atmosphärischer [CO₂] und die Veränderung weiterer Klimafaktoren (z.B. Temperaturen und Niederschlag) während der Vegetationsperiode führen zu Veränderungen der Ertragsqualität und der biochemischen Zusammensetzung der pflanzlichen Biomasse. Dies kann mechanistisch durch ein prozessorientiertes Boden-Pflanze-Atmosphären-Modell beschrieben werden.
- Effekte der Akklimation an erhöhte [CO₂] auf die biochemische Zusammensetzung pflanzlicher Bestandteile können durch die biochemischen Veränderungen innerhalb des Blattgrüns modelliert und simuliert werden.

Abbildung 1

Bei der Erhöhung der atm. [CO₂] kommt es durch Akklimation zu einer Reduktion der CO₂ limitierten Photosyntheserate (Ac => Ac'). Im Bereich hoher interzellulärer CO₂ Partialdrücke ist die Sättigung von Rubisco limitierend für die Photosyntheseleistung (Rubisco-limitierte Photosyntheserate, A_J). Daraus resultiert eine geringere Netto-CO₂ Assimilationsrate nach der Akklimation an erhöhte atm. [CO₂] (A'). (verändert nach Farquhar et al. 1980; Yin et al. 2004, Yin and van Laar 2005).

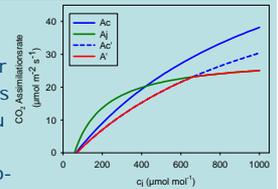
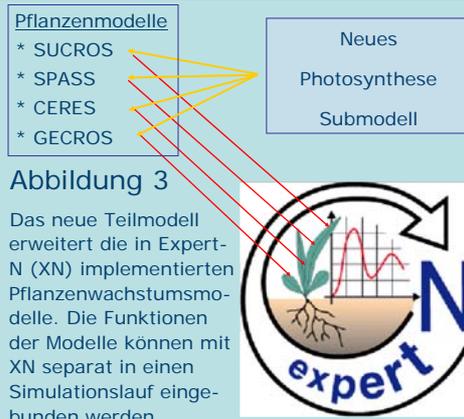


Abbildung 2

In Klimakammern wird Sommerweizen 'Triso' in einer homogenisierten Boden-Sand (2:1)-Mischung kultiviert (Topfmaße: Ø 30 cm, Höhe 50 cm). Das gefahrene Klimaregime entspricht dem eines realen Jahres am Versuchsstandort Hohenheim, BW (heutige atmosphärische [CO₂] = 380 ppm, erhöhte [CO₂] = 560 ppm; Temperaturregime: normal und +4°C). Links: Töpfe in der Kammer vor der Aussaat; rechts hinten: Weizen Mitte der Blüte eine Woche vor der ersten Zwischenernte (EC 65); rechts vorne: unbepflanztes Gefäß zur Ermittlung der Bodenhydraulischen Eigenschaften.



Test und Validierung

Daten aus früheren Klimakammer- und Open-Top-Chamber-Versuchen, sowie die Daten aus den aktuell laufenden Klimakammerversuchen dienen dem Test des neuen Submodells. Die Validierung erfolgt anhand der im Freiland bereits durchgeführten und kommenden Mini-FACE-Experimente auf dem Heidfeldhof der Universität Hohenheim. Mit Hilfe des Mini-FACE Versuchsaufbaus kann der Effekt erhöhter [CO₂] auf Kulturpflanzen unter Freilandbedingungen getestet werden.

Verbundprojekt „Regionaler Klimawandel“

Gemeinsames Ziel dieses DFG-finanzierten Verbundprojektes ist es die Folgen des globalen Klimawandels für die Funktion und Struktur von Agrarlandschaften auf Regionaler Skala zu untersuchen und unter Berücksichtigung verschiedener sozioökonomischer Szenarien und Anpassungsprozesse Prognosen für ihre Entwicklung bis zum Jahr 2030 abzuleiten. Es handelt sich um eine Kooperation der Universität Hohenheim und des Helmholtz Zentrums München.

Literatur:
Farquhar, G.D., Caemmerer, S., Berry, S. 1980. A Biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C3 Species. *Planta* 149, 78-90.
Yin, X., Van Oijen, M., Schapendonk, AHCM 2004. Extension of a biochemical model for the generalized stoichiometry of electron transport limited C3 photosynthesis. *Plant, Cell & Environment* 27, 1211-1222.
Yin, X., van Laar, HH 2005. *Crop Systems Dynamics*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 155pp.
Stafford, N 2007. The other greenhouse effect. *Nature*, 448: 526-528.
Webber, AN, Nie, GY, Long, SP 1994. Acclimation of photosynthetic proteins to rising atmospheric CO₂. *Photosynthesis Research* 39, 413-425.
Fangmeier, A., De Temmerman, L., Mortensen, L., Kemp, K., Burke, J., Mitchell, R., van Oijen, M., Weigel, HJ 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, 215-229.

¹Helmholtz Zentrum München Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, Ingolstädter Landstraße 1, 85746 Neuherberg. Inst. für Bodenökologie;

AG Modellierung System Boden-Pflanze; Telefon: 089-3187-3119; Email: christian.biernath@helmholtz-muenchen.de

²Universität Hohenheim, Inst. für Landschafts- und Pflanzenökologie, Fg. Pflanzenökologie und Ökotoxikologie, August-von-Hartmannstr. 3, 70593 Stuttgart