

tested in field trials. Additionally, different combinations of these substances are again tested in the T-maze to optimise effectiveness.

Keywords: *Arvicola amphibius* (previously *Arvicola terrestris*), choice-test, deterrent, flavour, odour, repellent, secondary plant compounds, T-maze-test, vole

Congyanghui, Wu

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig, Braunschweig

Sulfur supply reduces cadmium uptake in rice (*Oryza sativa* L.)

Abstract

Cadmium (Cd) is one of the most toxic heavy metals to human health. Since rice represents a common staple food, which is consumed to high extent, Cd-polluted rice would result in an enhanced uptake of this toxic heavy metal. The iron plaque, representing coating deposits on the root surface, which is relevant for the uptake of nutrients, also is a key factor for the uptake of cadmium. The corresponding incorporation of heavy metals strongly is influenced by the sulfur present in the soil. In order to investigate the effect of sulfur supply on cadmium uptake by rice seedlings, firstly, a combined soil-sand culture experiment was carried out. For the analysis, a new method of ascorbic-citrate-acetic (ACA) technique and the SEM- EDAX technology were applied to quantify the accumulation of cadmium in iron plaque of the rhizosphere of rice. Secondly, a pot culture experiment was conducted to study the influence of sulfur supply on iron plaque formation and cadmium accumulation in each organ of rice. The experiments revealed that enhanced sulfur supply significantly reduced cadmium uptake in brown rice. Possible mechanisms are proposed.

Thöle, Heinrich

Julius Kühn-Institut, Institut für Sicherheit in der Gentechnik bei Pflanzen (SG), Braunschweig

Statistische Analyseansätze für On-Farm-Versuche mit räumlichen Daten

Approaches for statistical analysis of on-farm trials with spatial data

Zusammenfassung

Eine effiziente Stickstoffdüngung (N) ist im Getreidebau von zentraler Bedeutung für eine umweltschonende und wirtschaftliche Landwirtschaft. Limaux et al. (1999) nennen sehr geringe N-Ausnutzungsraten von 19 bis 55 %. Dadurch steht die Anwendung mineralischer N-Dünger im engen Zusammenhang mit N-Verlagerungen in Trinkwasserreservoirs und klimarelevanten Lachgasemissionen (N₂O). Düngerpreisteigerungen in der jüngsten Vergangenheit erhöhen zusätzlich die Direktkosten der Getreideproduktion. Shanahan et al. (2008) sehen eine wesentliche Ursache für zu geringe N-Ausnutzung in der schlagbezogenen Unterstellung mittlerer Bedingungen für die einheitliche Ausbringung mineralischer N-Dünger, was laut Gesetzgeber als „gute landwirtschaftliche Praxis“ definiert ist. Zur Steigerung der N-Effizienz können Precision Farming Technologien eingesetzt werden. Dabei bildet die schlagspezifische Variabilität bestimmter Größen die Grundlage für eine angepasste teilflächenorientierte N-Düngung. Positive Effekte müssen gegenüber dem einheitlichen Verfahren auf experimenteller Basis nachgewiesen werden. In On-Farm-Versuchen wurden dazu Vergleiche zwischen praxisüblichen, konstanten und teilschlagbezogenen Düngungsverfahren durchgeführt. Die teilflächenspezifische N-Düngung erfolgte mit dem Pendelsensor „Crop-Meter“, der in Getreidebeständen indirekt die Heterogenität der oberirdischen Pflanzenmasse messen kann. Die On-Farm-Versuche wurden auf Ackerschlägen angelegt, die über entsprechend heterogene Pflanzenbestände verfügten, um den Sensoreinsatz zu rechtfertigen. Jedoch war aufgrund der erwünschten hohen Variabilität der Getreidebestände zu erwarten, dass keine identischen experimentellen Ausgangsbedingungen zwischen den Prüfliegern geschaffen wurden. N-Applikations- und Ertragsdaten erhielten zudem durch GPS einen räumlichen Bezug. Damit mussten ggf. räumliche Autokorrelationen und/oder Trends berücksichtigt werden. Die Ignorierung von Autokorrelationen kann veränderte Hypothesentests und daraus fehlgeleitete statistische Rückschlüsse liefern.

Annahmen einer klassischen Varianzanalyse (ANOVA) (Varianzhomogenität, stochastische Unabhängigkeit der Residuen) waren möglicherweise unhaltbar, so dass alternativ Annahmeerweiterungen getroffen wurden. Die SAS-Prozedur *MIXED* erlaubt Annahmeerweiterungen, indem durch Einführung von Kovariablen räumliche Trends und durch Kovarianzmodelle für die Residuen Autokorrelationen überprüft wurden. Im gleichen Zuge wurden Varianzhomogenität und der Bezug von Trends bzw. Kovarianzmodellen auf Ebene des Versuchsmittels und prüfmitgliedbezogen untersucht. Als Ergebnis wurde an einem Beispielversuch der Einfluss verschiedener Annahmeerweiterungen auf die Schätzung von Ertragsdifferenzen, die Präzision der Schätzer und auf die statistischen Rückschlüsse bestätigt. Für On-Farm-Versuche, in denen raumbezogene Daten gewonnen wurden, empfiehlt daher sich die individuelle Überprüfung der klassischen ANOVA-Annahmen.

Abstract

In cereal production, an efficient nitrogen (N) fertilization plays a very important role for an ecologically and economically sustainable land cultivation. Limaux et al. (1999) report a very low fertilizer N recovery of 19 to 55 % by winter wheat. Therefore, application of N fertilizers contributes to N leaching and greenhouse gas emissions by nitrous oxide in a substantial way. Besides, recently increasing fertilizer prizes enhanced direct costs of cereal production considerably. Among other things, Shanahan et al. (2008) hold the field-specific assumption of mean conditions for constant fertilizer application responsible for low N recoveries. However, this corresponds to the legal requirements of "good agricultural practice". To improve N efficiencies, precision farming technologies can be used. In this context, the measurability of in-field variability is the base for site-specific N fertilization. Positive effects of new technologies have to be verified by experiments. To compare constant and site-specific (variable) N fertilization, on-farm trials were conducted. The variable N application was realized with a mechanical sensor, the "Crop-Meter", which measures the heterogeneity of aboveground cereal plant mass indirectly. On-farm trials were established on farmer's field with expectable plant mass heterogeneity to justify the sensor implementation. However due to the desired in-field variability, one could expect that no identical experimental pre-conditions were created between fertilizer treatments. Additionally, N application and grain yield data were localized by GPS. Therefore, spatial trends and autocorrelations, respectively, had to be taken into account. Ignoring spatial autocorrelation may lead to modified F-tests and therefore, erroneous statistical inference.

Possibly, assumptions of classic analysis of variance (ANOVA) (equality of variances, stochastic independence of errors) were not tenable. Hence, ANOVA assumptions were generalized using the SAS procedure *MIXED*. Generalizations were realized in *MIXED* by allowing covariates for spatial trends and spatial autocorrelation by fitting covariance models for errors. Simultaneously, variance homogeneity was tested, and spatial trends (equal or unequal slopes) and correlation models, respectively, on the intercept and treatment level were checked. As a result, the influence of assumptions on estimates for treatment differences, standard errors of difference and P-values was confirmed. So, an individual check of classic ANOVA assumptions is recommended for on-farm trials generating spatial data.

Literatur

- Limaux, F.; Recous, S.; Meynard, J.M., Guckert, A. (1999): Relationship between rate of crop growth at date of fertilizer N and fate of fertilizer N applied to winter wheat. *Plant and Soil*, 214, 49-59.
- Shanahan, J.F.; Kitchen, N.R.; Raun, W.R., Schepers, J.S. (2008): Responsive in-season nitrogen management for cereals. *Computers and Electronics in Agriculture* 61, 51-62.