

0,50 Eier bei 14 °C an. In den ersten 3 Wochen dieses Versuches wurden bei 8 °C, 11 °C und 14 °C pro Weibchen und Tag 0,20; 0,52 und 0,82 Eier abgelegt.

Die Wiederholung des Versuches bei wechselnden Tag-Nacht-Temperaturen von 10/6 °C, 13/9 °C und 16/12 °C (mittlere Tagestemperatur ebenfalls 8°, 11° und 14 °C) zeigte, dass die Rapsstängelrüssler-Weibchen in dem Versuchszeitraum von insgesamt drei Wochen mehr Eier als bei konstanter Temperatur ablegten. Bei einer Wechseltemperatur von 13/9° wurden in diesem Zeitraum maximal 73 Eier je Weibchen festgestellt. Die mittlere Zahl abgelegter Eier pro Weibchen und Tag betrug bei den Temperaturstufen 10/6 °C, 13/9 °C und 16/12 °C 0,62; 1,40 und 1,84 Eier. Die mittlere Eizahl pro Weibchen war bei dem Tag-Nacht-Wechsel von 10/6 °C signifikant geringer als bei 13/9 °C und 16/12 °C. Diese Ergebnisse sowie weiterhin ermittelte Daten zum Einfluss ansteigender Temperatur auf Entwicklungsdauer, Mortalität und Generationszeit können für die Entwicklung von phänologischen und populationsdynamischen Modellen des Rapsstängelrüsslers bei verschiedenen Klimaszenarien sowie für die Bewertung des Schadpotenzials bei einer durch den Klimawandel ausgelösten Veränderung der Koinzidenz zwischen Befallsbeginn und Pflanzenentwicklungsstadium genutzt werden.

Wir danken dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Forschungsverbundes KLIF (Klimafolgenforschung in Niedersachsen).

179-Richerzhagen, D.¹⁾; Racca, P.²⁾; Kuhn, C.²⁾; Kleinhenz, B.²⁾; Hau, B.¹⁾

¹⁾ Leibniz Universität Hannover

²⁾ Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP)

Einfluss des Klimawandels auf die Blattentwicklung und das Erstauftreten von *Cercospora*-Blattflecken (*Cercospora beticola*) an Zuckerrüben in Niedersachsen

Impact of climate change on the leaf development and first occurrence of Cercospora leaf spot (Cercospora beticola) in sugar beets for Lower Saxony

In 2011 wurde unter Nutzung des Prognosemodells CERCBET1 eine Risikoanalyse für das zukünftige räumliche und zeitliche Erstauftreten von *Cercospora*-Blattflecken in Niedersachsen durchgeführt (Richerzhagen et al., 2011. Journal of Plant Diseases and Protection 118, 168 - 177). Unter Einsatz regionaler Klimaprojektionen des Klimamodells REMO konnte für die betrachteten Zeitfenster Kurzzeit-Periode (2021 - 2050) und Langzeit-Periode (2071 - 2100) im Vergleich zur Basis-Periode (1971 - 2000) für alle Simulationen ein früheres Erstauftreten der Krankheit und demzufolge eine verlängerte Epidemie in der Saison prognostiziert werden.

Einziger Fokus dieser Analyse war die Krankheit selbst. Unberücksichtigt blieben dabei multiple Interaktionen zwischen Wirt und Pathogen, wie z. B. der Einfluss des Klimawandels auf die Blattentwicklung der Zuckerrübe. Ein durch den Klimawandel verursachter Temperaturanstieg könnte einen vorteilhaften Effekt auf das Blattwachstum haben und somit Einfluss auf die Synchronität zwischen der Blattentwicklung und dem Krankheitserstauftreten nehmen. Um Aussagen über die Gefährdung ertragsrelevanter Blätter durch *Cercospora*-Blattflecken zu machen, wurde ein lineares Temperatursummen-Modell (Basistemperatur von 1 °C) zur Blattentwicklung (SIMONTO-ZR) eingesetzt. Das Modell besteht aus zwei Phasen und berechnet die Anzahl der gebildeten Blätter. Die Bedingung für den Wechsel von Phase 1 zu Phase 2 ist das Erreichen des 20. Blattes. Als Aussaattermin bzw. Starttermin des Modells gilt der Kalendertag 99 (KT). Als Input für das Ontogenese-Modell dienten die gleichen regionalen Klimaprojektionen, welche auch bei der CERCBET1 Simulation zum Einsatz kamen. Als Ausgabewerte von SIMONTO-ZR wurden die sieben Termine für das Vorhandensein des 2., 5., 10., 20., 30., 40. und 50. Blattes genommen. Die Kombination von Pflanzen- und Krankheitsentwicklung ergab, dass im Basis-Zeitraum (1971 - 2000) eine Zuckerrübe zum Erstauftreten von *Cercospora*-Blattflecken (T1) am KT 207,1 im Mittel zwischen 20 (KT 188,5) und 30 Blätter (KT 220,1) hat. Der Termin zum Aufruf der Feldkontrolle (T50) am KT 221,8 findet im Mittel zwischen der Bildung des 30. (KT 220,1) und 40. Blattes (KT 253,7) statt. In der Simulation für die Kurzzeit-Periode (2021 - 2050) wird T1 im Mittel am KT 201,9 berechnet und verfrüht sich um 5,2 Tage im Vergleich zum Basiszeitraum. Die Entwicklung des 20. Blattes fällt für diesen Zeitraum im Mittel auf den KT 186,7 und für das 30. Blatt auf den KT 216,2. Die Entwicklung der Blätter ist demzufolge schneller vollzogen, im Schnitt um 1,8 bzw. 3,9 Tage. Bei T50 ist der Termin im Mittel um 6,7 Tage (KT 215,2) früher als im Referenzzeitraum (1971 - 2000). Das 40. Blatt ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht entwickelt, da der Mittelwert für das Auftreten dieser Entwicklungsstufe der KT 247,1 ist. Für die Langzeit-Prognose (2071 - 2100) wurde T1 für den KT 184,2 berechnet, somit 22,9 Tage vor dem Erstauftreten im Basiszeitraum. Dieser Zeitpunkt liegt bei der Entwicklung der Zuckerrübe ebenfalls zwischen dem 20. (KT 178,8) und 30. Blatt (KT 206,5). In diesem Fall betrifft die Differenz zwischen T1 und dem Auftreten des 20. Blatt 5,4 Tage, während im Referenzzeitraum die Differenz 18,6 Tage beträgt. Der Aufruf zur Feldkontrolle (T50) wird für die Langzeit-Periode 25,2 Tage früher prognostiziert (KT 196,6) als im Basiszeitraum. Auch dieser Termin fällt in die Entwicklungsphase zwischen dem 20. und dem 30. Blatt. Das Erscheinen dieser beiden Entwicklungsstufen verfrüht sich im Mittel um 9,6 bzw. 13,5 Tage für das

Zeitfenster 2071 - 2100. Die für die Krankheit *Cercospora* bedeutendste Entwicklungsphase zwischen dem 20. und 30. Blatt dauert im Mittel 31,6 Tage im Referenzzeitraum. In der Simulation der Kurzzeit-Periode verkürzt sich der Zeitraum um 2,1 Tage und in der Langzeit-Periode um 3,8 Tage. *Cercospora* wird unter Berücksichtigung der projizierten Klimaszenarien in der Zukunft nicht nur früher in Niedersachsen auftreten, sondern auch den Blattapparat der Zuckerrüben in seiner Entwicklung früher treffen. Es findet demzufolge keine synchrone Verschiebung von Krankheit und Ontogenese unter den untersuchten Voraussetzungen statt.

180-Racca, P.¹⁾; Richerzhagen, D.²⁾; Kuhn, C.²⁾; Kleinhenz, B.²⁾; Hau, B.¹⁾

¹⁾ Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP)

²⁾ Leibniz Universität Hannover

SIMONTO-Raps und SIMPHOMA, zwei neue Prognosemodelle für die Ontogenese und die Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*) des Winterrapses

SIMONTO-Raps and SIMPHOMA, two new simulation models for the ontogenetic development and the stem and root diseases (Phoma lingam) of winter oilseed rape

In 2011 wurden im Rahmen des KLIFF-Projektes (KLImaFolgenForschung) in Niedersachsen Simulationsmodelle für die Ontogenese und die Infektionswahrscheinlichkeit von *Phoma lingam* des Rapses entwickelt.

SIMONTO-Raps – Ontogenesemodelle ergänzen Pflanzenkrankheitsmodellen und werden bei der Bestimmung anfälliger Entwicklungsphasen oder der Identifizierung optimaler Behandlungszeiträume eingesetzt. Als Datenbasis für die Modellentwicklung dienten Literaturdaten, die in den Jahren 1993 - 2010 von den Pflanzenschutzdiensten der Länder in den deutschen Hauptanbaugebieten erhoben wurden. Für die Optimierung der Modellanpassung wurden mehr als 7000 BBCH-Boniturdaten verwendet.

Aus den Daten wurde unter Zuhilfenahme einer modifizierten Beta_Hau-Funktion eine Raps-Entwicklungsrate (ER) in Abhängigkeit von der Temperatur modelliert. Diese Rate berechnet den täglichen Temperatureinfluss auf die Pflanzenentwicklung. Die statistische Schätzung der Temperaturkardinalwerte ergab 0,99 °C und 40,05 °C, wobei das Optimum bei 20,9 °C lag.

Für jeden bonitierten BBCH-Wert wurde ein Zeitraum des Erstaufretens identifiziert, der als Summe der Entwicklungsrate definiert ist. Für das Stadium 61 zum Beispiel wurde eine Summe der ER von 81,2 bis 96,8 ab Aussaat ermittelt. Die Summe für BBCH 69 schwankte dagegen von 98,9 bis 114,9. Dieser Wertebereich spiegelt die regionale Variabilität der auftretenden BBCH-Stadien in verschiedenen Rapsfeldern einer Region (Umgebung einer Wetterstation) wieder. Um die Prognose zu verfeinern, wurden mit einer doppelten Gompertz-Funktion der Median und der Interquartilsabstand für jeden bonitierten BBCH-Wert der BBCH-Skala (0 - 69) angepasst. Ab Aussaat beginnt die tägliche Berechnung der temperaturabhängigen ER und ihrer Summe. Im Laufe der Saison wird dann für jeden Tag mit 3 Funktionen der Bereich des aktuellen BBCH-Stadiums simuliert. Eine erste Modellüberprüfung wurde mit unabhängigen BBCH-Boniturdaten aus den Saisons 2007 - 2010 durchgeführt. Das Modell wurde als „korrekt“ bewertet, wenn ein bonitiertes BBCH-Stadium in den simulierten BBCH-Bereich fällt. Im Fall eines bonitierten BBCH-Stadiums außerhalb des simulierten BBCH-Bereiches wurde die Prognose als „zu früh“ (unterhalb des Minimums) oder „zu spät“ (oberhalb des Maximums) bewertet.

Die Ergebnisse dieser ersten Modellvalidierung sind zufriedenstellend. Für die wichtigen BBCH-Stadien 55, 61, 65 und 69 liegen die korrekten Prognosen bei einer Trefferquote von mehr als 80 %. In einigen Fällen war das Modell zu spät (für alle BBCH-Stadien in 9 % bis 13 % der Fälle) und nur für BBCH 65 war in einigen Fällen das Modell zu früh (ca. 8 %).

SIMPHOMA – Die Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*) zählt zu den bedeutendsten Rapskrankheiten in Nordwesten Europas und breitet sich zunehmend in den deutschen Rapsanbaugebieten aus. Ein Simulationsmodell für diese Pilzkrankheit auf Basis von Literaturdaten wurde bei der ZEPP entwickelt. Das Modell berechnet mit einer kombinierten Richards- und Beta-Hau-Funktion eine Infektionswahrscheinlichkeit für *Phoma* in Abhängigkeit der Blattnässedauer (geschätztes Minimum: 5 h und Optimum: 30 h) und der Temperatur (geschätztes Minimum: 0 °C, Optimum: 17 °C, Maximum: 28 °C). Die berechneten täglichen Infektionswahrscheinlichkeiten variieren zwischen 0 (Witterungsbedingungen erlauben keine Infektion) und 1 (optimale Witterungsbedingung für die Infektion). Eine Validierung des Modells mit unabhängigen Daten ist derzeit in Bearbeitung.

Nutzungsziel der beiden Modelle ist es, auf rein wissenschaftlicher Ebene, den Einfluss des Klimawandels auf die Pflanzenontogenese und die Infektionswahrscheinlichkeit von *Phoma* zu bewerten. Als Input dienen dabei die projizierten Wettersimulationen des Klimamodells REMO. Die Auswirkungen des Klimawandels werden durch den Vergleich des Referenzzeitraumes (1971 - 2000) mit einer Kurzzeit-Periode (2021 - 2050) und einer Langzeit-Periode (2071 - 2100) abgebildet. Mit SIMONTO werden die wichtigsten BBCH-Stadien (55, 61, 65 und 69) des