

Das Pappelmodell

Das vorliegende Pappelmodell *pappel.gsz* ist der Rumpf eines ökophysiologischen Struktur-Funktions-Modells zum Wachstum unverzweigter Pappeln im Gewächshaus. Es ist in der Programmiersprache XL geschrieben. Das Wachstum wird mit einer relationalen Wachstumsgrammatik modelliert und soll mit Auswertungsergebnissen der erhobenen Messdaten parametrisiert werden. Die Berechnung der Photosynthese erfolgt mittels statischer Methoden in XL (analog zu Java; Datei *photosynthese.rgg*) und basiert auf einem Modellansatz von Host et al. (1990).

Das Modell ist unvollständig und soll im Rahmen der Hausarbeit vervollständigt bzw. verbessert werden.

Hinweise zum Aufbau des Modells

Zeitsteuerung:

Die zeitliche Steuerung der Simulation erfolgt innerhalb der `run()`-Methode. Jeder Aufruf von `run()` simuliert eine Zeiteinheit. Die Basiszeiteinheit wird durch

```
const float NUMBER_OF_TIME_UNITS_DURING_A_DAY = 24;
```

festgelegt. Diese Konstante wird zur Umrechnung von Tageswerten auf die Bezugsgröße (Basiszeiteinheit) verwendet. Mit "24" wird die Basiszeiteinheit auf 1/24 Tag = 1 Stunde festgelegt.

Sollen Methoden während einer Basiszeiteinheit mehrfach ausgeführt werden, kann dies mit folgendem Konstrukt erreicht werden:

```
for (apply(4)) transport();
```

Hier wird die Methode 4 mal pro Stunde ausgeführt.

Metamer:

Eine Metamer besteht aus Internodium, Blattsiebel und Blattspreite. Die Berechnung von Leaf Number From Base (**lnfb**), Leaf Position Index (**lpi**) und Maturity Class (**mc**) wird in *sm09_morpho.ppt* erläutert. Alle Elemente eines Metamers teilen die Werte für **lpi** und **lnfb**.

Photosyntheseberechnung:

Die theoretischen Grundlagen der Photosyntheseberechnung basieren auf einer Veröffentlichung von Host et al. (1990) und sind in *photosyn_modell.pdf* erläutert. Die statischen Berechnungsmethoden sowie die entsprechenden verwendeten Parameter sind in der ausgelagerten XL-Datei *photosynthese.rgg* zusammengefasst.

Variablen, Konstanten und Methoden

Es folgt eine Auflistung der relevanten Programmteile:

(1) Module in *streckung.rgg*

#	Name	Objekttyp	Parameter			Beschreibung
			geerbt	Aufrufparam.	intern	
1	Sonne	Sphere	D(3.3), Farbe	-		Sonne (z.Zt. ohne Funktion)
2	Sonnenwinkel	RU	angle	-		Winkel für Sonnenbewegung

3	Tree	Sphere	diameter	alter, pspool		Baum (Keimzelle der Strukturbildung)
4	Meristem	-	-	alter, lnfb		Einheit, in etwa einer Knospe entsprechend
5	Internode	F	length, diameter, Methoden getVolume() und getMass()	alter, lnfb	pspool (Assimilatmenge in kg Trockenmasse)	Internodium
6	Petiole	F	length, diameter, Methoden getVolume() und getMass()	ps, bli()	pspool (Assimilatmenge in kg Trockenmasse)	Blattstiel
7	Blade	Parallelogram	length (1), diameter (1/1.3), scale (Skalierungsfaktor)	alter, lnfb	pspool (Assimilatmenge in kg Trockenmasse), leafarea in m ² , mass in kg	Blattspreite festes Längen-/Breiten-Verhältnis Größe wird über scale gesetzt Grafische Darstellung als texturierte Fläche
8	Winkel	RL	angle (aktueller Winkel)	max_angle (max. Winkel in Grad)		Winkel zwischen Blattstiel und Spreite sowie zwischen Internodium und Blattstiel

(2) Methoden und Regeln in *streckung.rgg*

#	Methodenname	Typ	Regeln	Beschreibung
1	init()	public	Axiom ==> Tree X	Initialisierung des Baumes mit einem Meristem X
2	run()	public	-	"Ober"-Regelblock, ruft abwechselnd die Regeln moveSun(), photosynthese(), transport(), grow() auf
3	moveSun()	private	x:Sonnenwinkel ::>	bewegt die Sonne
4	photosynthese()	private	s:Blade ::>	startet die Berechnung der Photosynthese
5	grow()	private	m1:Meristem ::> m:Meristem ::> x:Winkel, () ::> i:Internode ::> p:Petiole, () ::> s:Blade, () ::>	"Wachstum" m1: Alterung des Meristems m2: Bildung neuer Metamere x: Winkeländerungen i: Streckung des Blattstiels p: Wachstum des Blattstiels s: Wachstum der Blattspreite ?: Blattabwurf (noch nicht vorhanden)
6	transport()	private	b:Blade -ancestor-> ::> i_oben:Internode ... ::> t:Tree -successor-> ... ::>	b: Transport von Assimilaten von der Spreite zum tragenden Internodium i: Transport zwischen den Internodien t: Transport vom Keimling zum ersten Internodium

(3) deklarierte Konstanten für die Morphologie

#	Name	Beschreibung	Wert	Einheit
1	NUMBER_OF_TIME_UNITS_DURING_A_DAY	Anzahl Basiszeiteinheiten pro Tag	24	
2	ANGLE_INCREMENT_OF_SUN_DURING_TIME_UNIT	Sonnenbewegung pro Basiszeiteinheit	15	Grad
3	PLASTOCHRON	Anzahl Basiszeiteinheiten zwischen der Erzeugung zweier Internodien	48	Basiszeiteinheiten
4	MAX_GROWTIME_INTERNODE MAX_GROWTIME_PETIOLE MAX_GROWTIME_LEAF	maximale Dauer des Wachstums für die einzelnen Baumbestandteile	600 30 96	Basiszeiteinheiten
5	GROWTH_RATE_INTERNODE_LENGTH GROWTH_RATE_INTERNODE_DIAMETER GROWTH_RATE_PETIOLE_LENGTH GROWTH_RATE_PETIOLE_DIAMETER GROWTH_RATE_LEAF_SCALE	Wachstumsraten (pro Basiszeiteinheit) für die verschiedenen Baumbestandteile	0.001 0.000004 0.00117 0.000031 0.0016	Meter Meter Meter Meter (relativ)
6	TOPSECTION MIDDLESECTION BASESECTION	Def. von drei Wachstumszonen (mit unterschiedlichen Wachstumsraten)	0 1 2	
7	TOPSECTION_MAXLPI	definiert die TOPSECTION durch die LPI-Grenze. Wird in getGrowthSection() verwendet.	8 (entspr. den oberen 11 Blättern)	LPI
8	BASESECTION_MAXLEAFNUMBER	definiert die BASESECTION durch die maximale LeafNumberFromBase (lnfb)	5	Blattnummer
9	MAX_GROWTH_INTERNODE[] MAX_GROWTH_PETIOLE[] MAX_GROWTH_LEAF_SCALE[]	Obergrenze des Wachstums für die einzelnen Baumbestandteile	{0.01, 0.03, 0.02} {0.01, 0.07, 0.02} {0.07, 0.09, 0.03}	Meter Meter (relativ)
10	LEAFFORMFACTOR	Anteil Blattfläche an der Parallelogrammfläche	0.6	
11	INTERNODE_DENSITY	Dichte der Internodien	106	kg/m ³
12	PETIOLE_DENSITY	Dichte der Blattstiele	106	kg/m ³
13	LEAF_WEIGHT_PER_SQUAREMETER	Blattmasse (trocken) pro m ² Blattfläche	100	kg/m ²
14	LEAF_MAX_ANGLE	max. Winkel zwischen Blattstiel und -spreite	55	Grad
15	PETIOLE_MAX_ANGLE	max. Winkel zwischen Internodium und Blattstiel	90	Grad
16	MAX_ORIENTATION_ANGLE	max. Winkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Internodien	5	Grad

17	MAX_AZIMUTH MIN_AZIMUTH	Variation des Azimutwinkels zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blättern (ob. und unt. Grenze)	120 160	Grad Grad
18	MAX_ANGLE_LAMINA	max. Drehung der Blattspreite um ihre Längsachse	5	Grad

(4) deklarierte globale Variablen in *streckung.rgg*

#	Name	Typ	Beschreibung	Anfangswert
1	time	int	Variable zur Zählung der Stunden	0
2	maxleaf	int	aktuelle Anzahl der Blätter	0
3	tmpfile	PrintWriter	Referenz auf ein Datenausgabefile	
4	tmpFileOpen	boolean	Statusvariable, ob ein Datenausgabefile vorhanden ist oder nicht	false
5	leafmat	Shader	Referenz auf den Blattshader	Leaf1

(5) Methoden und Funktionen in *streckung.rgg*

#	Name	Typ	Beschreibung	Eingabe	Ausgabe
1	isShaded()	boolean	Beschattungstest-Funktion	Node (Knoten)s	TRUE / FALSE (beschattet oder nicht)
2	getLPI()	int	Berechnet den LPI eines Objektes	maxLeaf, lnb	lpi
3	getGrowthSection()	int	Ermittelt die Wachstumssektion (Reifeklasse) eines Objektes	maxLeaf, lnb	Wachstumszone
4	newDataFile()	void	Öffnet ein Datenausgabefile		
5	closeDataFile()	void	Schließt ein Datenausgabefile		

(6) Funktionen in *photosynthese.rgg*

#	Name	Typ	Beschreibung	Eingabe	Ausgabe	Verwendung
1	calculateCER	float	Berechnung der Carbon Exchange Rate (CER), d.h. Umwandlung von CO ₂ in C3-Metabolite; Auflösung: 1 h	ppfd, temp, mc	Formel Ausdruck (entspr. CER)	Funktion calculatePS()
2	calculatePS	float	Berechnung der täglichen (24 h) PS-Produktion, abhängig von Blattfläche	a (Fläche)	ps	Methode grow() (Spreitenwachstum)
3	convertMC	int	wandelt LPI (leaf plastochron index) in MC (maturity class) um	LPI	MC	Methode grow() (Spreitenwachstum)

4	correctPS	float	gibt temperaturabhängigen Korrekturfaktor für Photosynthese (Funktion CER) zurück	temp	cftemp	Funktion caluclateCER()
5	correctRD	float	gibt temperaturabhängigen Korrekturfaktor für Dunkelatmung (Funktion CER) zurück	temp	cftemp1	Funktion caluclateCER()

(7) deklarierte Konstanten in photosnthese.rgg

#	Name	Typ	Beschreibung	Wert	Verwendung
1	FMAX	float[]	max. Photosyntheserate, aus Lichtantwortkurve (MC 1-4)	Messwerte	Funktion CER
2	PHOTO_EFFICINCY	float[]	Photosyntheseeffizienz, aus Lichtantwortkurve (MC 1-4)	Messwerte	Funktion CER
3	DARK_RESPIRATION_RATE	float[]	Dunkelatmung, aus Lichtantwortkurve (MC 1-4)	Messwerte	Funktion CER
4	CF	float	<i>Koeffizient für Blattflächenbestimmung aus Durchmesser und Länge</i>	0.45 (Literatur)	<i>z.Zt. nicht genutzt</i>
5	PPFD	float[]	Tagesgang der photosynthetisch nutzbaren Photonenflussdichte (Auflösung: 1 h)	Messwerte	Funktionen calculateCER und calculatePS
6	GREENHOUSE_TEMP	float[]	Tagesgang der Temperatur (Auflösung: 1 h)	Messwerte	Funktionen calculateCER, PS, CorrectPS, CorrectRD
7	CFTEMP	float[]	Korrekturfaktor für PS-Rate (basierend auf temp)	Messwerte Literatur	Funktion CorrectPS
8	CFTEMP	float[]	Korrekturfaktor für Dunkelatmung (basierend auf temp)	Messwerte Literatur	Funktion CorrectRD