

GRAFISCHE VOORSTELLING VAN DE ONTWIKKELING VAN EEN PLANT

with summary

H. G. WITTENROOD

INLEIDING

In veel gevallen worden planten periodiek geoogst en de gewichten van de afzonderlijke organen zoals blad, stengel, vrucht of de gewichten van de verschillende bestanddelen zoals eiwit, vet, koolhydraat of as afzonderlijk bepaald. Op deze wijze wordt een groot aantal getallen verkregen en de vraag doet zich voor, hoe deze gegevens overzichtelijk kunnen worden voorgesteld.

In tabel 1 zijn de resultaten van een dergelijke periodieke bemonstering van een tarwe- en een aardappelproef samengevat. Deze getallen zijn ontleend aan publikaties van VAN DE SANDE BAKHUYZEN (1) en VAN DER PAAUW (4).

Met behulp van deze gegevens wordt aangetoond, dat de gebruikelijke wijzen van grafische voorstelling niet voldoen en dat het mogelijk is in één figuur de absolute gewichten van de organen op elk tijdstip, de verhouding van deze gewichten en de verdeling van de droge-stoftoename over de verschillende organen overzichtelijk samen te vatten.

GEBRUIKELIJKE WIJZEN VAN VOORSTELLEN

In figuur 1 zijn de waarnemingen van tabel 1 op een gebruikelijke wijze voorgesteld. Langs de horizontale as van deze figuur staat het aantal dagen na opkomst en langs de verticale as staan de drooggewichten van de totale plantmassa en van de verschillende organen. De gewichtstoename met de tijd verloopt nu veelal niet regelmatig, zodat het vereffenen van de waarnemingen in een dergelijk diagram moeilijk is uit te voeren. Een goed inzicht in de verdeling van de droge stof over de verschillende organen en vooral in de samenhang van de ontwikkeling van deze organen onderling wordt dan ook op deze wijze niet verkregen. Reeds een verbetering in het inzicht in de onderlinge samenhang betekent het, indien de totaalgewichten steeds gelijk aan 100 worden gesteld en de gewichten der afzonderlijke onderdelen in percentages hiervan worden uitgedrukt. Deze wijze van voorstellen is geïllustreerd in figuur 2. Men verkrijgt aldus reeksen zuiver relatieve waarden, waarvan het verloop in de tijd kan worden bestudeerd. Daarentegen is over de absolute gewichten alle informatie verdwenen.

Dit laatste is echter van eminent belang in verband met bemonsteringsfouten. Immers, een toevallige afwijking van 3 gram op een plant van 15 gram betekent een afwijking van 20 %, terwijl eenzelfde afwijking van 3 gram op een plant van 150 gram slechts een afwijking van 2 % betekent. Zolang de plant nog klein is, kunnen er zodoende grote schommelingen in de percentages optreden, die echter niet de minste reële betekenis hebben. Een dergelijk geval doet zich voor in de eerste 25 dagen bij het percentage bladgewicht van de aardappel (fig. 2b), waarin de door vereffening verkregen stippellijn eerder aan de werkelijkheid beantwoordt dan de golvende getrokken lijn.

Tabel 1. Periodieke bemonstering van tarwe en aardappelen.

a. Tarwe: gegevens ontleend aan VAN DE SANDE BAKHUYZEN (1).

b. Aardappelen: gegevens ontleend aan VAN DER PAAUW (4). Fosfaatbem. 60 kg P_2O_5 /ha.

Periodic samples of wheat and potatoes.

a. *Wheat: data compiled from van de Sande Bakhuizen (1).*

b. *Potatoes: data compiled from van der Pauw (4). P-dressing 60 kg P_2O_5 /ha.*

a.

dagen na opkomst <i>days after emergence</i>	drooggewicht van een plant in milligrammen <i>dry weights of a plant in milligrams</i>			
	blad <i>leaves</i>	loof <i>tops</i>	aar + korrels <i>ear + kernels</i>	totaal <i>total</i>
9	17,0	21,7		21,7
11	25,4	36,0		36,0
13	36,0	55,9		55,9
15	53,5	83,3		83,3
17	70,2	120,0		120,0
19	91,1	174,1		174,1
21	124,0	261,0		261,0
23	144,9	336,9		336,9
25	149,3	391,3	34,3	425,6
27	146,6	432,6	93,3	525,9
31	163,9	543,9	149,0	692,9
33	165,8	609,8	152,0	761,8
35	169,5	724,5	219,0	943,5
39	171,3	770,3	289,0	1059,3
44	184,1	828,1	449,0	1277,1
48	173,6	764,6	715,0	1479,6
53 ¹⁾	184,5	799,5	807,0	1606,5

¹⁾ De proef werd na de 53e dag afgebroken, vóór het einde van de rijping.

b.

dagen na opkomst: 20-5-'38 <i>days after emergence: 20-5-'38</i>	drooggewicht van een plant in grammen <i>dry weights of a plant in grams</i>			
	blad <i>leaves</i>	loof <i>tops</i>	knol <i>tubers</i>	totaal <i>total</i>
4	0,6	1,5		1,5
10	2,0	2,9		2,9
15	3,5	5,8		5,8
20	6,7	9,7		9,7
25	14,3	19,1	0,1	19,2
31	16,7	24,0	1,2	25,2
36	19,5	27,8	10,7	38,5
41	21,5	30,2	18,2	48,4
47	22,3	34,0	38,0	72,0
53	23,3	32,3	44,0	76,3
60	26,5	37,3	75,3	112,6
67	22,0	33,3	90,3	123,6
74	19,3	30,0	112,0	142,0
81	20,0	28,3	137,0	165,3
88	23,0	31,3	138,0	169,3

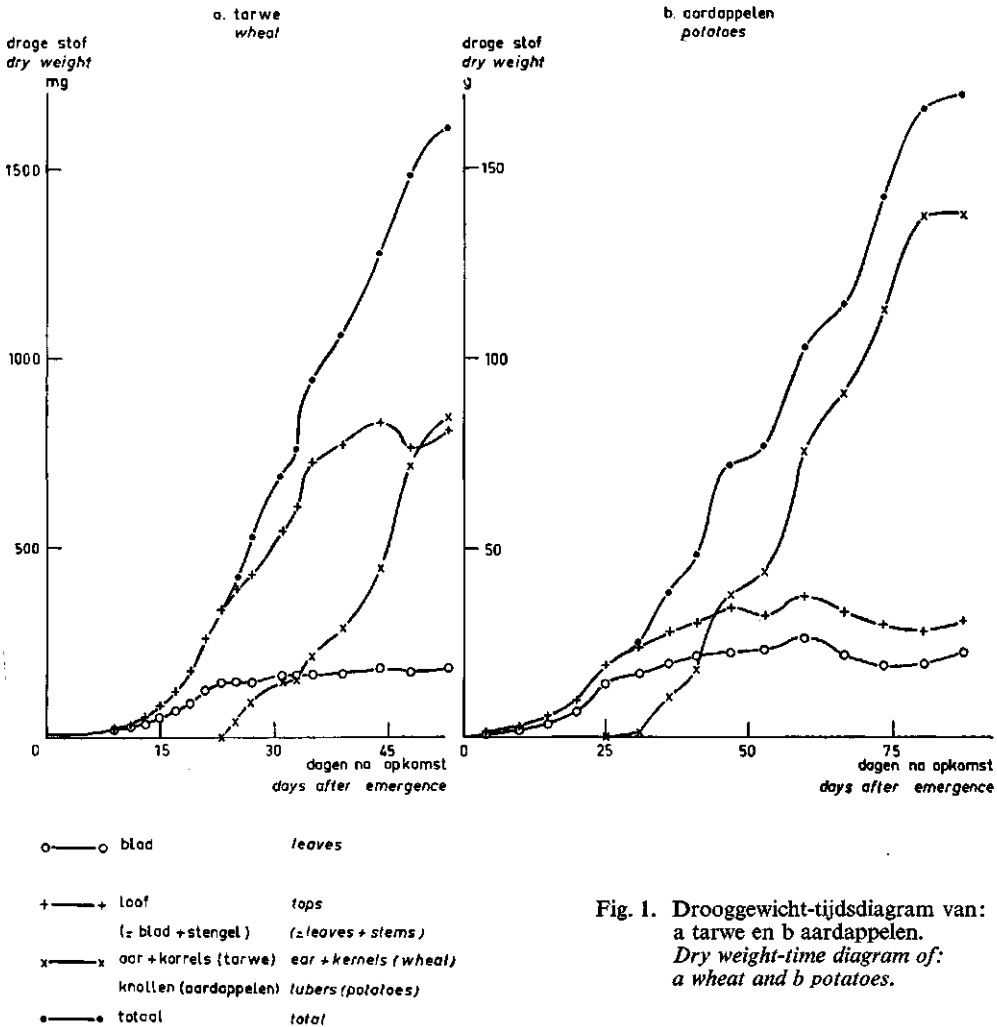


Fig. 1. Drooggewicht-tijdsdiagram van:
a tarwe en b aardappelen.
Dry weight-time diagram of:
a wheat and b potatoes.

DISTRIBUTIELIJNEN VOLGENS VAN DE SANDE BAKHUYZEN

Noch in het gewicht-tijdsdiagram (fig. 1) noch in het percentage-tijdsdiagram (fig. 2) wordt het beoogde doel bereikt, nl. de relatie te vinden tussen de organen onderling, of liever de relatie van elk orgaan met het geheel gedurende de ontwikkeling.

Een andere mogelijkheid van weergeven van de resultaten is het tegen elkaar uitzetten van de gewichten van onderdeel en totale plantmassa. Een nadeel is dat de tijd dan alleen impliciet in de figuur voorkomt. Toch is deze wijze van voorstellen van belang. VAN DE SANDE BAKHUYZEN toonde nl. aan, dat de op deze wijze verkregen puntenreeksen vereffend kunnen worden tot stelsels van rechte lijnen, die abrupt van richting veranderen overeenkomstig de fysiologische fasenwisselingen in de ontwikkeling. Elke richtingsverandering van de relatie onderdeel-totaal komt overeen met een morfologische verandering in de plant (1, 2, 3).

In figuur 3 zijn de gewichten van elk onderdeel telkens op de verticale as en die van het geheel op de horizontale as uitgezet. Aldus vindt men bij tarwe de fasen: I vege-

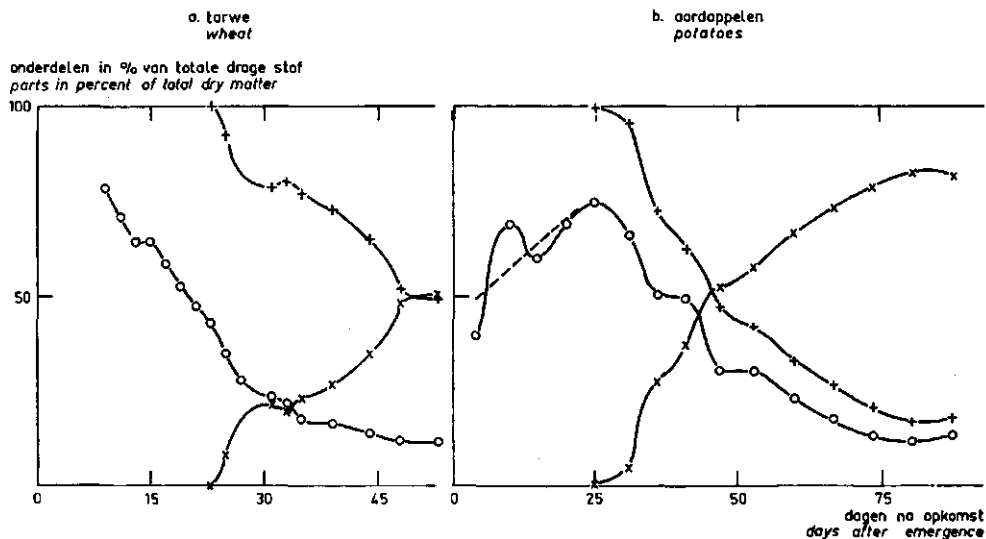


Fig. 2. Percentage-tijdsdiagram van: a tarwe en b aardappelen.
Percentage-time diagram of: a wheat and b potatoes.

tatief, II aaraanleg, III schieten en bloei, IV korrelontwikkeling en V rijping, van welk laatste stadium slechts het begin is onderzocht.¹⁾ Overeenkomstig vindt men bij aardappelen: I vegetatieve fase zonder knolvorming, II knolvorming en lagere blad- en stengelgroei en III afname van blad en stengel en nog meer overwegende knolgroei.

Per ontwikkelingsfase, aangegeven door Romeinse cijfers, zijn de lijnen recht, zoals VAN DE SANDE BAKHUYZEN aantoonde (3). Dit betekent dat de aangroei van het desbetreffende onderdeel ten opzichte van de aangroei van het geheel constant is. Het betekent dus ook, dat de gevormde organische stof op een constante wijze over de verschillende onderdelen wordt verdeeld. Vandaar VAN DE SANDE BAKHUYZEN'S benaming „distributielijnen” hiervoor. Een voordeel van deze wijze van voorstellen is dat de distributielijnen, doordat ze recht zijn, zeer gemakkelijk vereffend kunnen worden.

Een bezwaar is, dat in deze wijze van weergeven niet tot zijn recht komt, dat de afzonderlijke distributiediagrammen van de onderdelen niet onafhankelijk van elkaar zijn. Deze afhankelijkheid blijkt immers uit het verticaal boven elkaar liggen van de knikken der afzonderlijke onderdelen in figuur 3. Behalve dit moet echter ook nog duidelijk kunnen blijken, dat vanzelfsprekend de sommen der gewichten der afzonderlijke delen samen steeds gelijk zijn aan de totaalgewichten.

HET ONTWIKKELINGSDIAGRAM

De in de vorige paragraaf genoemde bezwaren vallen weg bij de wijze van voorstelling in figuur 4. Van deze diagrammen zal hier dat voor aardappelen (fig. 4b) besproken worden. In het vierde kwadrant staat langs de verticale as het aantal dagen na opkomst en langs de horizontale as het totaalgewicht van de plant, zodat hier het tijdsdiagram van het totaalgewicht is weergegeven. In het eerste kwadrant staan op de verticale as de gewichten der afzonderlijke organen uitgezet en op de horizontale de

¹⁾ Van deze vijf fasen zijn slechts de eerste en tweede als zodanig door Van de Sande Bakhuyzen onderkend en beschreven (1),

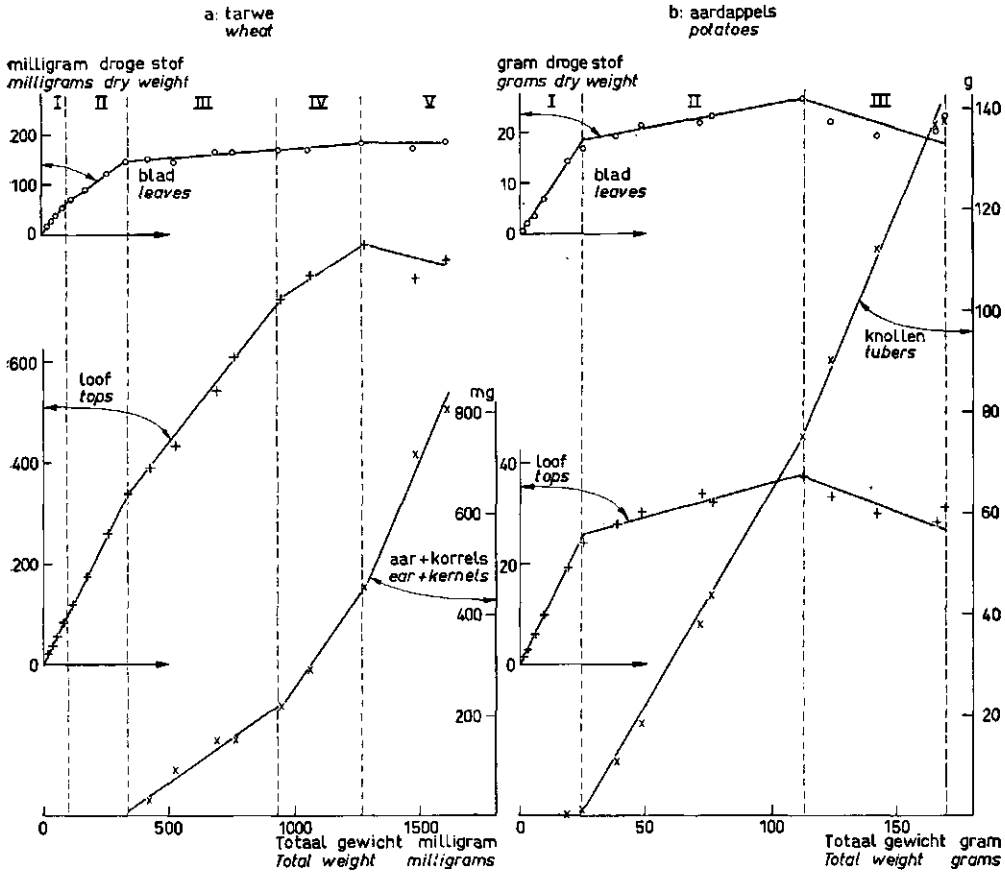


Fig. 3. Distributiediagram van: a tarwe en b aardappelen.
 Distribution diagram of: a wheat and b potatoes (see summary).

totaalgewichten. Per bemonstering is de som van de gewichten der afzonderlijke onderdelen gelijk aan het totaalgewicht, zodat deze som uitgezet tegen het totaalgewicht hier samen valt met de 45°-lijn. Boven deze lijn kan dus geen enkel deelgewicht uitkomen. De distributielijnen zoals die in fig. 3b zijn getekend, liggen bij de wijze van voorstellen als in het 1e kwadrant van fig. 4b, dus steeds besloten binnen de 45°-lijn en de horizontale as.

Het tweede kwadrant geeft het verband weer tussen de tijd en de opbrengst van verschillende plantedelen. Deze lijnen worden geconstrueerd met behulp van die in het eerste en vierde kwadrant. Uitgaande van een tijdstip op de verticale as van het vierde kwadrant leest men eerst de totaalopbrengst in het vierde kwadrant en dan de daarbij behorende deelopbrengst in het eerste kwadrant af. Deze opbrengst wordt tegen de daarbij behorende tijd uitgezet in het tweede kwadrant. De tijdas in dit kwadrant loopt naar links. Deze constructie is voor de knolgewichten op het tijdstip van de fase-overgangen weergegeven door de van pijltjes voorziene stippellijnen. Waar de vereffening in figuur 1 op moeilijkheden stuitte, verloopt de vereffening in het tweede kwadrant van fig. 4 automatisch, doordat de lijnen in dit kwadrant zijn geconstrueerd met behulp van de gemakkelijk te vereffenen distributielijnen uit het eerste

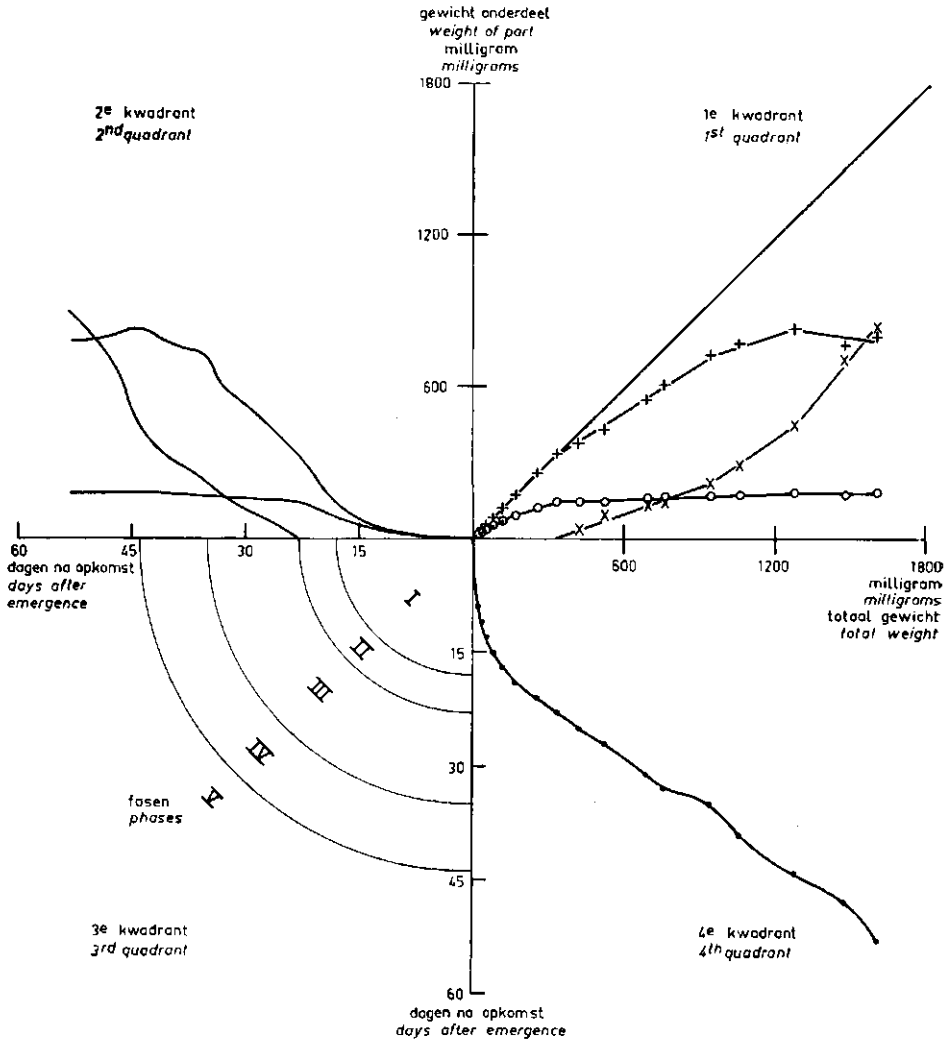


Fig. 4a. Ontwikkelingsdiagram van tarwe (zie tekst).
Diagram of development of wheat (see summary).

kwadrant. Voorwaarde hiervoor is, dat de distributielijnen inderdaad recht zijn, maar overigens is het gemakkelijk te begrijpen, dat hetzelfde ook geldt voor kromme distributielijnen.

Ten einde de gewichten van de onderdelen in procenten van het totaalgewicht te kunnen aflezen, is in het eerste kwadrant bij 195 gram totaalgewicht een schaal aangebracht. Legt men een lineaal door de oorsprong en het gewenste punt b.v. bij een loofgewicht van 35 gram (totaalgewicht 90 gram), dan leest men op de schaal 38 % van het totaalgewicht af. Op overeenkomstige wijze leest men af dat het loofgewicht aan het eind van de groei 17 % van het totaalgewicht bedraagt.

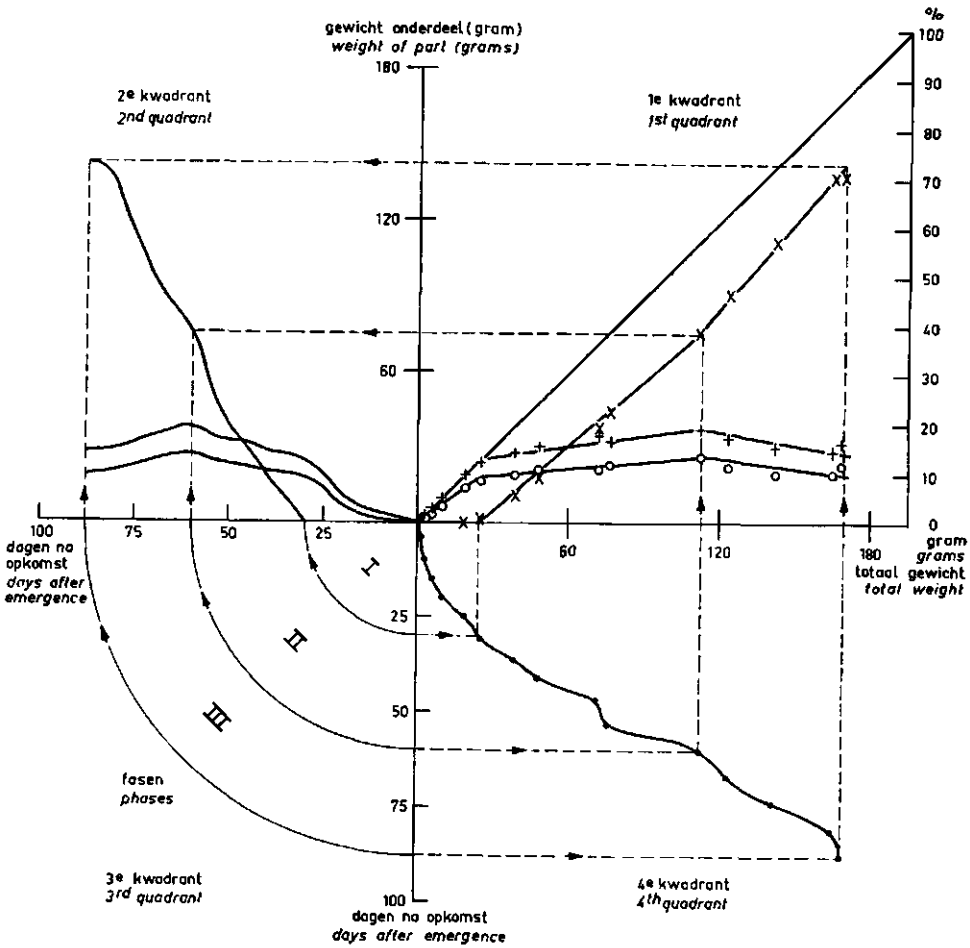


Fig. 4b. Ontwikkelingsdiagram van aardappelen (zie tekst).
 Diagram of development of potatoes (see summary).

Graphical representation of plant development

Figure 1 and 2 are usual ways of representing the trends of plant and organ weights derived from periodic sampling as represented in table 1. However, in fig. 1 no information can be obtained on the interdependence of the separate organs and in fig. 2 no information on the absolute weights. In figure 3 the organ weights as ordinates are plotted against the total weights as abscissa. According to VAN DE SANDE BAKHUYZEN (1, 2, 3) within each developmental stage these relations are represented by straight lines, which is proved to be statistically true (3). In these figures the interdependence of the „distribution lines” (VAN DE SANDE BAKHUYZEN) is not apparent. If combined, as in the first quadrant of figure 4, their interdependence is obvious. To this complete „distribution diagram” (it concerns the distribution of synthesized organic matter among the different organs, which constancy within each developmental stage is apparent by the straightness of the lines) is added in the fourth quadrant the growth curve of the total plant. By means of the latter and the computed values of the distri-

bution lines, the growth curves of the various organs are constructed in the second quadrant. The lines in this quadrant represent the same relations as in figure 1. However, in figure 4, these are smoothed curves, which is not the case in figure 1. In the first quadrant a vertical line with numbers from 0–100 is added to derive organ weights expressed in percentages of the total weight by placing a ruler through the origin and any desirable point.

LITERATUUR

1. BAKHUYZEN, H. L. VAN DE SANDE: Studies on wheat grown under constant conditions. 1937 *Miscell. Publ. no. 8 Ford research Inst.* Stanford Univ. California.
2. BAKHUYZEN, H. L. VAN DE SANDE: Wetten van de groei van tarwe en andere landbouwgewassen. 1937 *Landbouwkundig Tijdschrift* 49 885.
3. BAKHUYZEN, H. L. VAN DE SANDE: Groei en productie van suikerbieten I. 1950 *Versl. v. landbouwk. onderz. no. 55.2.*
4. PAAUW, F. VAN DER: Opname, vorming en verdeling van de stof door de aardappelplant bij gevarieerde fosfaatvoeding. 1948 *Versl. landbouwk. onderz. no. 54.3.*

Ontvangen voor publikatie: 29 aug. 1957.