

Der Einfluss des physiologischen Alters der Pflanzknollen auf die Ertragsbildung von Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit

ANTJE MOLL

Institut für Kartoffelforschung Gross Lüsewitz der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, 2551 Gross Lüsewitz, DDR

Abschluss des Manuskriptes: 21 November 1984

Summary, Résumé p. 248

Zusätzliche Stichworte: Aufgang, Krautwachstum, Stengelzahl, Knollenzahl

Zusammenfassung

Durch kontinuierliche Untersuchungen wurden das Kraut- und Knollenwachstum bei 5 Sorten und 4 Varianten unterschiedlichen physiologischen Alters (Keimung zum Teil unter Licht) verfolgt. Das physiologische Alter beeinflusst die Ertragsbildung durch zwei entgegengesetzt wirkende Tendenzen. 1) Mit zunehmendem Alter wird die Voraufentwicklung verkürzt und die Vegetationsperiode in günstigere meteorologische Bedingungen vorverlegt. 2) Durch altes Pflanzgut kann das Krautwachstum so stark gehemmt werden, dass die geringe photosynthetische Kapazität des Krautes verminderte Knollenwachstumsraten und damit einen geringeren Ertrag bei Abreife zur Folge hat. Bei frühen Sorten wurde durch junges Pflanzgut, bei späten Sorten durch Pflanzgut mittleren Alters die günstigste Krautentwicklung erreicht. Die Zahl der oberirdischen Stengel (einschliesslich grösserer Verzweigungen) und Knollen der frühen Sorten nahmen mit zunehmendem Alter des Pflanzgutes ab.

Einleitung

Auswirkungen des physiologischen Alters der Mutterknolle auf Entwicklung und Ertrag wurden in den letzten Jahren durch eine Fülle experimenteller Arbeiten belegt (Anonym, 1981). Der Ursachenkomplex, der dem Einfluss auf die Ertragsbildung zugrunde liegt, ist noch nicht ausreichend aufgeklärt (van der Zaag, 1981). Es ist anzunehmen, dass die Einflüsse der physiologischen Alterung über den Phytohormonhaushalt vermittelt werden. Wenn nach Keimungsbeginn allmählich ein Absinken des Gibberellinspiegels und ein Anstieg der IAA-Aktivität (Lindblom, 1968; Bialek & Bielinska-Czarnecka, 1978; Bottini et al., 1982) konstatiert wird, so stehen Apikaldominanz und gehemmtes Krautwachstum bei physiologisch altem Pflanzgut sicherlich damit in Zusammenhang. Auch die starke Wirkung von exogen appliziertem GA_3 bei physiologisch alten Knollen (Al Rawi, 1981) deutet auf ein Gibberellindefizit hin. Die Bedeutung der Hormonproduktion der Mutterknolle für die wachsende Pflanze wird durch neuere Arbeiten unterstrichen (Bottini & Tizio, 1981). Das physiologische Alter der Pflanzknolle beeinflusst die Ertragsbildung einerseits über die Krautentwicklung und den Termin der Knollenbildung (Wurr, 1980), andererseits über die Verschiebung der Vegetationsperiode, beide Faktoren beeinflussen die Lichtinterzeption des Bestandes. Zusätzlich muss die häufig schlechtere Wasserversorgung im Spätsommer in Betracht gezogen werden (Bean & Allen, 1981).

In der vorliegenden Arbeit wird an relativ extremen Alterungsvarianten von Sorten unterschiedlicher Reifegruppen versucht, durch kontinuierliche Messung des Krautwachstums und Proberodungen weitere Informationen über die prinzipiellen Zusammenhänge zwischen physiologischem Alter des Pflanzgutes und Ertragsbildung zu gewinnen. Im Unterschied zu anderen Arbeiten werden Knollen und Keime als Einheit behandelt, was nur durch Belichtung möglich war. Eine Abkeimung wurde weitgehend vermieden, da sich dadurch zusätzliche Konstellationen ergeben.

Neuere Ergebnisse belegen, dass in den Keimen selbst Alterungsprozesse verlaufen (Koda & Okazawa, 1983), so dass durch Abkeimen die Keime verjüngt werden (O'Brien & Allen, 1984). Ob und wie ein Entkeimen die im Knollengewebe verlaufenden Alterungsprozesse beeinflusst, bleibt unklar.

Material und Methoden

Das physiologische Alter des Pflanzgutes wurde nach O'Brien & Allen (1978) durch die Temperatursumme $> 0^{\circ}\text{C}$ (accumulated day-degrees $> 0^{\circ}\text{C}$) ab sichtbarer Keimung ausgedrückt. Da die Keime nicht zerstört werden sollten, wurden die physiologisch älteren Varianten unterschiedlich lange unter Belichtung gelagert.

Varianten des physiologischen Alters:

1. Physiologisch jung:

- Lagerung ab November $2-4^{\circ}\text{C}$
- Keimlänge: Spitzen bis 3 mm, 1983; 3-5 mm

2. Physiologisch jung bis mittel:

- Lagerung ab November $2-4^{\circ}\text{C}$, ab März $15^{\circ}\text{C} + \text{Licht}$
- Keimlänge: 5-15 mm

3. Physiologisch mittel bis alt:

- Lagerung ab November $5-10^{\circ}\text{C}$, Licht; 1980: bis 20 März $5-7^{\circ}\text{C}$, Dunkel; danach Abkeimen $10-12^{\circ}\text{C}$, Licht
- Keimlänge: 10-20 mm

4. Physiologisch alt:

- Lagerung ab November $15-20^{\circ}\text{C}$, Licht
- Keimlänge: 15-30 mm, Knollen welk

Da die Keimung bei den Sorten in den Jahren zu unterschiedlichen Zeitpunkten eintrat, variierten die erreichten Temperatursummen zwischen den Sorten und den Jahren (Abb. 3-6). Infolge des heißen, trockenen Sommers 1982 keimten die Knollen z.B. sehr früh, so dass trotz Kaltlagerung 1983 als niedrigste Temperatursumme 700°C (= Var. 2) erreicht wurde.

Versuchsjahre

Die Pflanztermine lagen mit Ausnahme des Jahres 1983 zwischen dem 22. und 24.4. Wegen sehr starker Niederschläge wurde 1983 erst am 2.6. gepflanzt. 1980 und 1981 waren Jahre mit sehr feuchten, strahlungsarmen Sommern, während 1982 und 1983 ausgesprochene Trockenjahre waren (Bodenfeuchten: Abb. 4).

Sorten

Arkula, sehr früh; Auralia N, früh; Adretta, früh bis mittelfrüh; Mariella und Karpina

(ab 1981), mittelspät. Die Inkubationsperioden der Sorten wurden nicht bestimmt, es gibt jedoch keine Hinweise auf grössere Unterschiede.

Feldversuche

Es wurde Pflanzgut der Fraktion 45–60 mm verwendet, die Pflanzdichte betrug 40 000 Pfl./ha. Je Variante wurden 3 Reihen zu 20 Pflanzen in 4 Wiederholungen angebaut. Als Aufgang wurde bewertet, wenn 50 % der Pflanzen sichtbar waren. Die Längenmessungen des Krautes erfolgten am längsten Stengel von 12 Pflanzen je Wiederholung ($n = 48$), an den gleichen Pflanzen wurde die Gesamtstengelzahl bestimmt. Im Unterschied zu anderen Definitionen (main stems, above ground stems, tuber bearing stems) wird versucht, mit der Gesamtstengelzahl die wesentlich am Staudenaufbau beteiligten Stengel zu erfassen. Dabei wurden alle oberirdischen Stengel gezählt, einschliesslich der Verzweigungen, die unterhalb der halben maximalen Staudenhöhe ansetzten. Deutlich kleinere Stengel wurden mit $\frac{1}{2}$ bewertet.

Die Blattmasse wurde nach Abstreifen der Fiederblättchen an 4 Pflanzen je Wiederholung ermittelt. Für die Proberodungen wurden je Termin 3 Pflanzen pro Wiederholung geerntet und Knollenzahl, Knollengrösse, Frisch- und Trockenmasseertrag bestimmt. Der Ertrag nach Abreife wurde an 5 Pflanzen je Wiederholung bestimmt. Die Pflanzen einer Wiederholung wurden jeweils zu einer Probe vereinigt. Der statistischen Verrechnung lagen damit nur $n = 4$ zugrunde, was für eine statistische Sicherung der Unterschiede der Ernteerträge in einem Versuchsjahr nicht ausreichte.

Ergebnisse

Jugend- und Krautentwicklung

Die Jugendentwicklung verlief in allen Versuchsjahren unter relativ günstigen Bedingungen, das gilt auch für das Jahr 1983 mit dem extrem späten Pflanztermin (Tab. 1 und 2). Einschränkungen gibt es insofern für das Jahr 1981, als infolge der hohen Frühjahrsfeuchte in einigen (besonders den physiologisch alten) Varianten gehäuft Schwarzbeinigkeit auftrat, so dass die Rodungen abgebrochen werden mussten.

Mit höherem physiologischen Alter wurde der Aufgang, entsprechend der unterschiedlichen Keimentwicklung, beschleunigt. Bei den frühen Sorten betrug die Differenz zwischen der ältesten und jüngsten Varianten 11–14 Tage, bei den mittelspäten Sorten etwa 10 Tage (Tab. 1a). Die Zeit zwischen Aufgang und Beginn der Knollenbildung wurde durch das physiologische Alter kaum beeinflusst (Tab. 1b). Entsprechend waren die Vegetationslängen der Varianten, gemessen vom Aufgang bis Abreife, etwa gleich (Abb. 1), so dass man nicht von einer vorzeitigen Senescenz durch physiologische Alterung sprechen sollte, sondern besser von einer Verkürzung der Voraufentwicklung. Die Hemmung des Krautwachstums mit zunehmendem physiologischen Alter wird mit Tabelle 2 belegt, sie ist besonders bei frühen Sorten deutlich ausgeprägt (Abb. 1 u. 2).

Wesentlich stärker als auf die maximalen Staudenhöhen, die sich unter bestimmten Umweltbedingungen angleichen können (Abb. 2a), ist der Einfluss des physiologischen Alters auf die Krautentwicklung zum Termin der Knollenbildung (Tab. 2). Die physiologisch ältesten Varianten der frühen Sorten besaßen zu Beginn der Knollenbildung nur etwa $\frac{2}{3}$ der Krauthöhe der jüngsten Variante, entsprechend verhielten sich die Blatt-

Tabelle 1. Zeitspanne (Tage) zwischen Pflanzung und Aufgang (a) sowie zwischen Aufgang und Beginn der Knollenbildung (b) bei Varianten mit unterschiedlichem physiologischen Alter (4 Versuchsjahre).

Sorte ¹	Jahr ²	Physiologisches Alter ³							
		jung ⁴		jung-mittel ⁵		mittel-alt ⁶		alt ⁷	
		a	b	a	b	a	b	a	b
Arkula	1980	41	19	35	21	35	21	25	22
	1981	32	19	23	19	22	20	21	17
	1982	32	19	25	20	25	19	23	19
	1983	-	-	10	22	9	17	9	17
	\bar{x} 80-82 $\Sigma a + b$	35	19	27	20	27	20	23	19
		54		47		47		42	
Auralia N	1980	38	22	34	21	35	20	25	22
	1981	31	21	23	19	23	19	22	16
	1982	32	19	25	21	25	21	24	21
	1983	-	-	11	21	10	17	9	17
	\bar{x} 80-82 $\Sigma a + b$	34	21	27	20	28	20	24	20
		55		47		48		44	
Adretta	1980	41	21	37	20	35	20	25	20
	1981	32	20	23	19	23	19	21	17
	1982	31	20	25	21	26	19	24	19
	1983	-	-	13	20	12	15	19	17
	\bar{x} 80-82 $\Sigma a + b$	35	20	28	20	28	19	23	19
		55		48		47		42	
Mariella	1980	43	20	37	23	37	21	30	26
	1981	35	23	26	24	26	24	23	24
	1982	34	21	29	20	29	20	24	20
	1983	-	-	13	22	12	20	12	20
	\bar{x} 80-82 $\Sigma a + b$	37	21	31	23	31	22	25	23
		58		54		53		48	
Karpina	1980	-	-	-	-	-	-	-	-
	1981	33	23	26	24	26	24	23	22
	1982	34	21	29	21	26	23	24	20
	1983	-	-	13	22	11	21	11	21

¹ Cultivar - Variété; ² Year - Année; ³ Physiological age - Age physiologique; ⁴ Young - Jeune; ⁵ Young/intermediate - Moyen/jeune; ⁶ Intermediate/old - Moyen/vieux; ⁷ Old - Vieux

Table 1. Time (days) between planting and emergence (a) and between emergence and the start of tuber formation (b) for treatments with different physiological ages (4 experimental years).
Tableau 1. Nombre de jours entre la plantation et la levée (a) et entre la levée et le début de la tubérisation (b) pour différentes variantes d'âges physiologiques (pendant 4 ans).

PHYSIOLOGISCHES ALTER UND ERTRAGSBILDUNG

Tabelle 2. Krauthöhe (cm) bei Knollenansatz (a) sowie maximale Krauthöhe (b) bei Varianten mit unterschiedlichem physiologischen Alter (4 Versuchsjahre).

Sorte ¹	Jahr ²	Physiologisches Alter ³							
		jung ⁴		jung-mittel ⁵		mittel-alt ⁶		alt ⁷	
		a	b	a	b	a	b	a	b
Arkula	1980	39	90	34	94	30	86	20	62
	1981	32	62	28	62	28	60	22	60
	1982	28	52	27	46	26	46	25	41
	1983	-	-	31	53	20	51	21	48
\bar{x} 80-82		33	68	30	67	28	64	22	54
Auralia N	1980	50	101	38	102	37	102	26	78
	1981	38	75	31	73	31	74	24	69
	1982	36	64	35	60	34	59	32	50
	1983	-	-	37	63	27	62	27	57
\bar{x} 80-82		41	80	35	78	34	78	27	66
Adretta	1980	53	89	42	98	41	96	21	59
	1981	48	71	42	73	43	75	30	69
	1982	45	62	44	56	39	55	32	47
	1983	-	-	39	60	25	58	25	49
\bar{x} 80-82		49	77	43	76	41	75	28	58
Mariella	1980	32	89	34	94	32	94	22	78
	1981	28	82	34	81	34	76	29	65
	1982	31	65	32	61	30	63	26	52
	1983	-	-	29	48	22	45	21	46
\bar{x} 80-82		30	79	34	79	32	78	26	65
Karpina	1980	-	-	-	-	-	-	-	-
	1981	41	92	40	80	38	77	32	77
	1982	30	62	32	61	31	57	22	54
	1983	-	-	32	64	22	60	23	56
\bar{x} 80-82		36	77	36	71	35	67	27	66

^{1,7} See Table 1 - Voir tableau 1

Table 2. Haulm height (cm) at tuber set (a) and maximum haulm height (b) for treatments with different physiological ages (4 experimental years).

Tableau 2. Hauteur des fanes (cm) lors de la tubérisation (a) et hauteur maximale (b) pour des variantes d'âges physiologiques (4 ans d'essais).

Tabelle 3. Blattmasse (g Frischmasse) der frühen Sorten zum Zeitpunkt der Knollenbildung, bei Pflanzgut mit unterschiedlichem physiologischen Alter (Versuchsjahr 1980).

Sorte ¹	Physiologisches Alter ²				GD ⁷ (α : 0,05)
	jung ³	jung/mittel ⁴	mittel/alt ⁵	alt ⁶	
Arkula	347	252	173	141	53
Auralia N	236	200	156	120	
Adretta	245	167	212	131	
\bar{x}	276	206	180	131	31

¹ ⁶ See Table 1 - Voir tableau 1; ⁷ LSD - ppds

Table 3. Leaf weight (g fresh weight) of early cultivars at time of tuber formation, from seed of different physiological ages (experimental year 1980).

Tableau 3. Masse foliaire (g matière fraîche) des variétés précoces au moment de la tubérisation pour des plants de différents âges physiologiques (ans d'essai 1980).

massen (Tab. 3). Bei den mittelspäten Sorten Mariella (Abb. 2b) und Karpina hingegen war das Kraut der jüngsten Variante zu Beginn der Knollenbildung kaum höher oder sogar geringer als bei mittlerem physiologischen Alter (Tab. 2).

Wie die von van der Zaag (1973) bestimmte Zahl der Hauptstengel wurde auch die hier ermittelte Gesamtstengelzahl durch das physiologische Alter der Pflanzknollen im Frühjahr signifikant beeinflusst. Bis zu einer Temperatursumme von ca 1000 °C nahm die Gesamtstengelzahl ab (Abb. 3). Der in einigen Jahren zu beobachtende Anstieg der Stengelzahl mit sehr hohem physiologischen Alter ist auf ein Absterben der Endknospen der apikalen Keime zurückzuführen, das zur Entwicklung zahlreicher unterirdischer Seitentriebe führte. Die Stengelzahl der mittelspäten Sorten wurde durch das physiologische Alter nicht beeinflusst (vergl. Jones et al., 1981). Das 1980 vorgenommene Abkeimen der Variante 3 erhöhte die Stengelzahl aller Sorten deutlich. Die hohen Stengelzahlen der physiologisch jüngsten Variante der Sorten Arkula und Adretta wurden durch die Massnahme jedoch nicht erreicht. In den trockenen strahlungsreichen Jahren 1982 und 1983 wurden höhere Gesamtstengelzahlen (möglicherweise handelte es sich um unter- oder oberirdische Verzweigungen), aber geringere Krauthöhen ausgebildet (Tab. 2).

Ertragsbildung

Auf den Abbildungen 1 und 2 wird die Ertragsbildung ausgewählter Sorten und Varianten in Beziehung zum Krautwachstum gesetzt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Staudenhöhe nur eine Komponente der Krautentwicklung ist. Die mit höherem physiologischen Alter in der Regel abnehmende Gesamtstengelzahl ist in die Betrachtungen einzubeziehen. Die Abbildungen zeigen, dass das Jugendwachstum der Knollen von der Krautentwicklung (Staudenhöhe) bei Knollenansatz abhängt, wahrscheinlich wird die Speicherleistung entsprechend der photosynthetischen Kapazität des Krautes einreguliert (Moorby & Milthorpe, 1975). Die geringeren Staudenhöhen bei Knollenansatz der physiologisch alten Varianten waren bei den frühen Sorten Arkula und Adretta mit

einem verminderten Jugendwachstum der Knollen verbunden, d.h. der exponentielle Teil der Ertragskurve war länger als bei den physiologisch jungen Varianten (Abb. 1, 2a; vergl. Moorby, 1978). Während 1980 auch die maximalen Knollenwachstumsraten (linearer Teil der Ertragskurve) der physiologisch jungen Varianten denen der alten überlegen waren (Abb. 1), war das 1981 nicht der Fall (Abb. 2a), da die Temperatur für das Krautwachstum der später aufgelaufenen, jungen Variante weniger günstig war. Prinzipiell besitzt physiologisch junges Pflanzgut bei frühen Sorten im Vergleich zu älterem Pflanzgut ein höheres Ertragspotential, für mittelspäte Sorten hingegen trifft das nicht zu. Die für das Jugendwachstum der Knollen optimale Krautentwicklung wurde erst mit fortgeschrittenem physiologischen Alter (Varianten 2 u. 3) erreicht (Tab. 2, Abb. 2b). Die Realisierung des jeweiligen Ertragspotentials hängt wesentlich von den Umweltbedingungen während der Vegetationsperiode ab. Nur bei günstiger Strahlung und Wasserversorgung bis zum Ende der Vegetationsperiode kann das höhere Ertragspotential der physiologisch jungen Varianten ausgeschöpft werden. Je ungünstiger die Bedingungen zum Ende der Vegetationsperiode werden, desto mehr begünstigt sind die Sorten und Varianten mit einem Vorsprung in der Entwicklung, d.h., die frühen Sorten und die physiologisch älteren Varianten (Abb. 4, 1982). 1983 trat die Trockenheit in einem relativ frühen Stadium der Entwicklung ein, so dass bei jungen Varianten und späten Sorten im Gegensatz zu 1982 eine Anpassung an den Wassermangel möglich war (Abb. 4).

Die Ernteerträge nach Abreife (Abb. 5) sind das Ergebnis dieser Wechselwirkungen zwischen physiologischem Alter, Reifegruppe und Jahr. Im Mittel der Jahre 1980 und 1981 war der Ertragsunterschied zwischen der physiologisch ältesten und jüngsten Variante der Sorte Arkula statistisch signifikant, bei Andretta und Mariella hingegen konnte die Ertragsüberlegenheit der Variante 3 gegenüber der physiologisch jüngsten Variante statistisch gesichert werden. In den Trockenjahren wurden die Unterschiede zwischen den Varianten durch den Wassermangel nahezu völlig nivelliert.

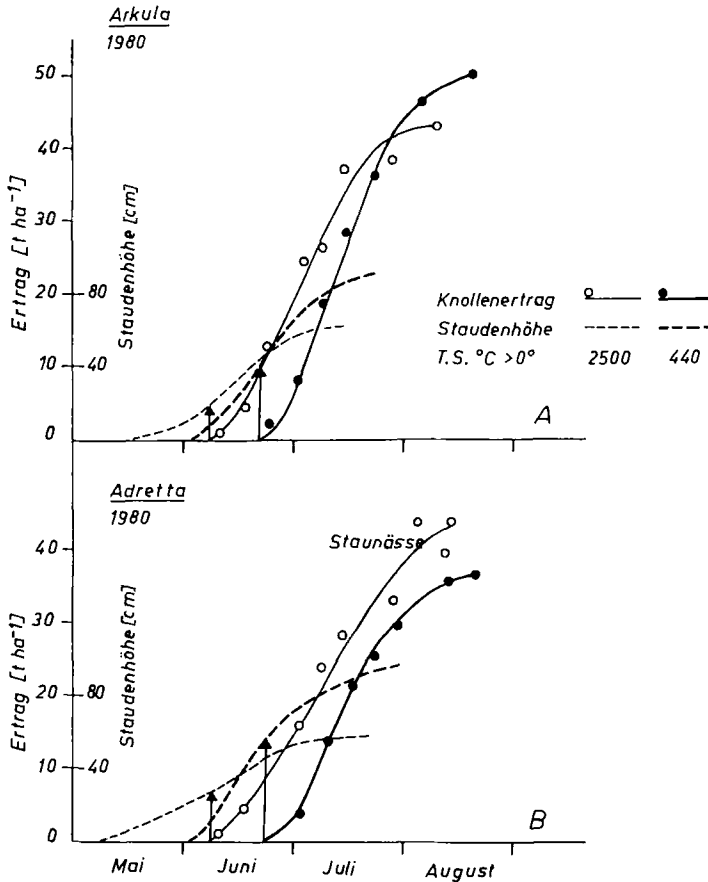
Knollenzahl

Mit zunehmendem physiologischen Alter nahm die Knollenzahl früher Sorten signifikant ab ($r = -0,63^{**}$ bis $-0,87^{**}$), die Knollenzahl der späten Sorten wurde dagegen nicht signifikant beeinflusst (Abb. 6). Auf die Zahl der angelegten Knollen sowie die Dynamik der Knollenbildung hatte das Alter des Pflanzgutes keinen systematischen Einfluss (Abb. 7, im Gegensatz dazu: Bean & Allen, 1978), offenbar variiert diese in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen.

Die Ursache für die unterschiedlichen Knollenzahlen ist in den Stengelzahlen zu suchen (Ulrich & Bergschicker, 1963). Dabei widerspiegelte sich die in einigen Jahren extrem hohe Gesamtstengelzahl der physiologisch sehr alten Varianten nicht entsprechend in der Knollenzahl, offenbar korreliert in dieser Variante die Gesamtstengelzahl nicht mit der Zahl knollentragender Stengel.

Das 1980 vorgenommene Abkeimen einer Variante erhöhte die Knollenzahl noch deutlicher als die Stengelzahl, die hohe Knollenzahl der physiologisch jüngsten Variante wurde jedoch nicht erreicht. Der Jahreseinfluss auf die Knollenzahl wird mit dem Jahr 1982 unterstrichen. Hier sank die Bodenfeuchte während der Knollenbildung stark ab (Abb. 4), so dass die Knollenzahlen der physiologisch jungen Varianten am stärksten limitiert wurden. Dadurch traten trotz der Unterschiede in der Stengelzahl keine Unterschiede in der Knollenzahl zwischen den Varianten auf.

Abb. 1. Staudenhöhe und Knollenertrag während der Vegetationsperiode bei physiologisch altem und jungem Pflanzgut von einer sehr frühen (A) und mittelfrühen Sorten (B), 1980.



T.S. = Temperatursumme > 0 °C ab sichtbarer Keimung - Accumulated temperature > 0 °C to visible sprouting - Somme de température > 0 °C dès l'apparition des germes

† = Staudenhöhe bei Knollenansatz - Plant height at tuber set - Hauteur des fanes à la tubérisation

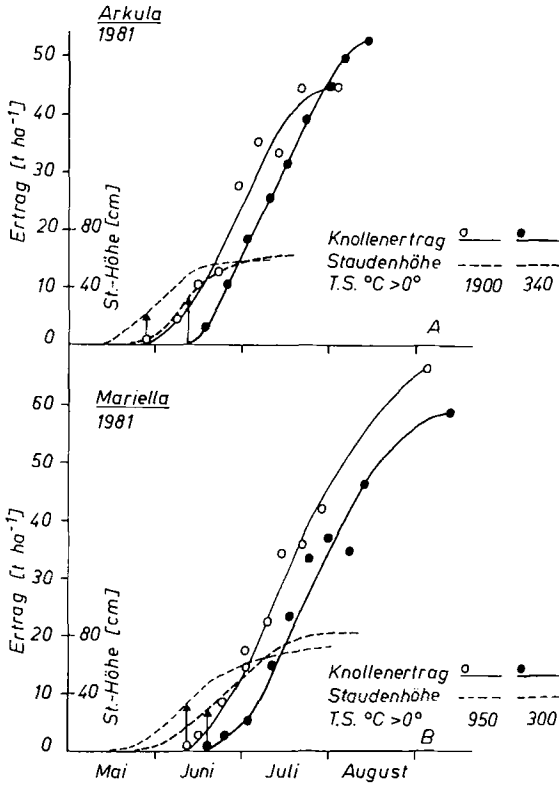
Ertrag (t ha⁻¹) - Yield - Rendement; Staudenhöhe (cm) - Plant height - Hauteur des fanes; Knollenertrag - Tuber yield - Rendement tubercules; Staubnässe - Excess water - Excès d'eau

Fig. 1. Plant height and tuber yield during the vegetative period for physiologically old and young seed of an early (A) and mid-late cultivar (B), 1980.

Fig. 1. Hauteur des fanes pendant la période de végétation et rendement en tubercules pour des plants vieux et jeunes, d'une variété très précoce (A) et d'une variété mi-précoce (B), 1980.

PHYSIOLOGISCHES ALTER UND ERTRAGSBILDUNG

Abb. 2. (A) wie Abb. 1, 1981. (B) Staudenhöhe und Knollenertrag von physiologisch jungem Pflanzgut sowie Pflanzgut mittleren Alters einer mittelspäten Sorte.

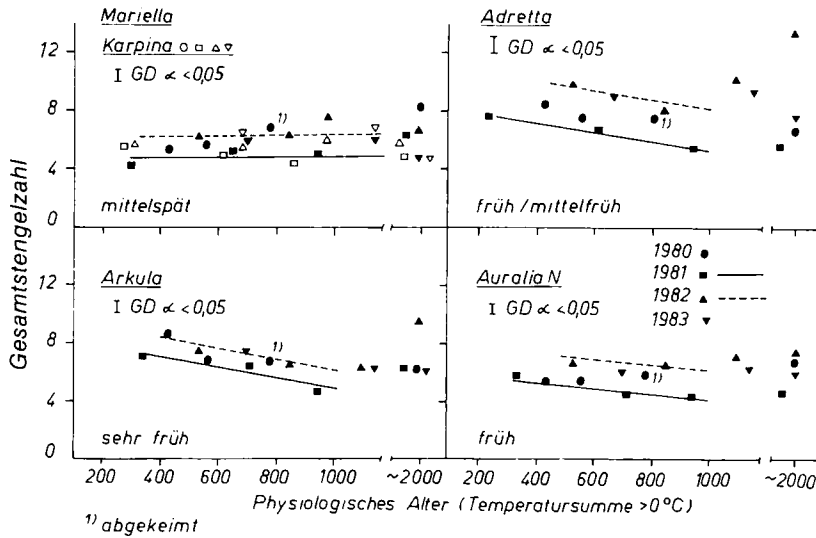


Ertrag (t ha⁻¹), Staudenhöhe (cm), Knollenertrag, T.S. - See Fig. 1 - Voir fig. 1

Fig. 2. (A) as for Fig. 1, 1981. (B) Plant height and tuber yield of physiologically young and intermediate/old seed of a mid-late cultivar.

Fig. 2. (A) comme fig. 1, 1981. (B) Hauteur des fanes et rendement en tubercules de plants jeunes, ainsi que de plants d'un âge moyen pour une variété mi-précoce.

Abb. 3. Gesamtstengelzahl (oberirdische Stengel einschliesslich Verzweigungen, die unterhalb der maximalen Staudenhöhe einsetzen), in Abhängigkeit vom physiologischen Alter der Pflanzknollen bei Sorten unterschiedlicher Reifegruppen. Versuchsjahre 1980-1983 (T.S. wie Abb. 1; GD = Grenzdifferenz zwischen den Varianten in einem Versuchsjahr).



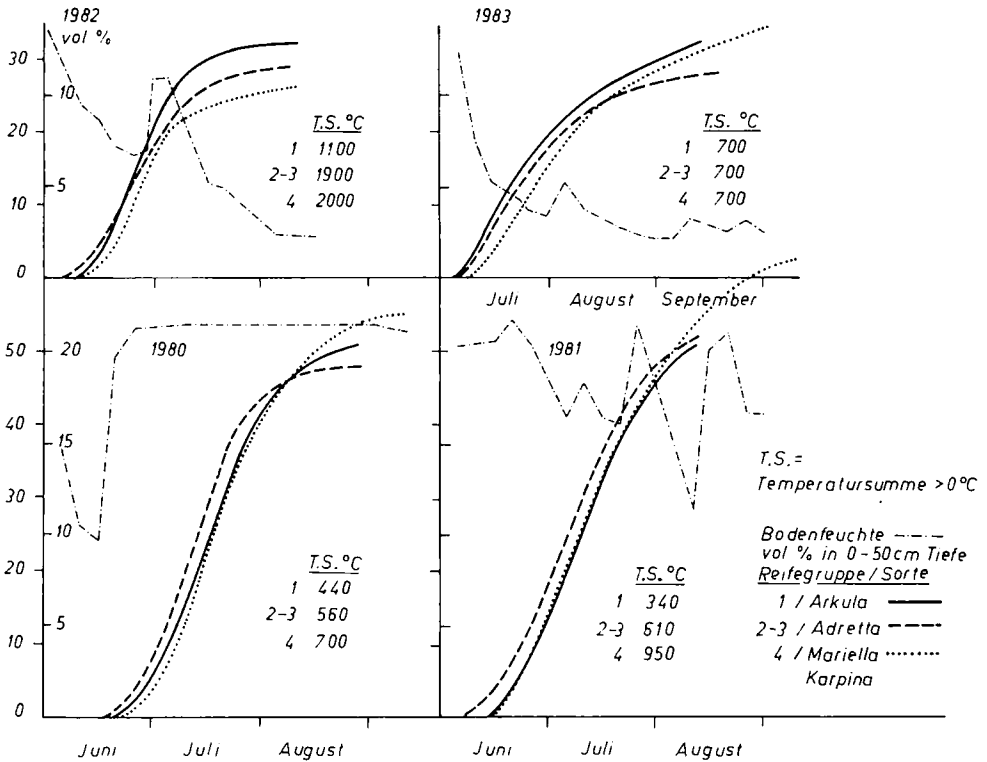
Gesamtstengelzahl - Total stem number - Nombre total de tiges; Physiologisches Alter (Temperatursumme $>0^{\circ}\text{C}$) - Physiological age (accumulated temperature) - Age physiologique (somme de températures); Mittelspät - Mid-late - Mi-tardives; Früh/ mittelfrüh - Early - Précoce/ mi-précoce; Sehr früh - First early - Très précoce; Früh - Early - Précoce; Abgekeimt - Sprouted - Dégermé

Fig. 3. Total stem numbers (above ground stems including concealed ones, that were inserted below half the maximum plant height) related to the physiological age of the seed tubers of cultivars of different maturity classes, 1980-1983 (T.S. as in Fig. 1; GD = least significant difference between treatments in an experimental year).

Fig. 3. Nombre total de tiges (tiges principales et axillaires se situant en dessous de la médiane de la hauteur maximale des tiges) selon l'âge physiologique des plants pour des variétés de différentes précocités, 1980-1983 (T.S. voir fig. 1; GD = plus petite différence significative entre variantes pour une année d'essais).

PHYSIOLOGISCHES ALTER UND ERTRAGSBILDUNG

Abb. 4. Ertragskurven der Varianten mit den jeweils höchsten Erträgen des Versuchsjahres (optimales physiologisches Alter) sowie die Bodenfeuchte (0-50 cm Tiefe) im Versuchsjahr (T.S. wie Abb. 1).

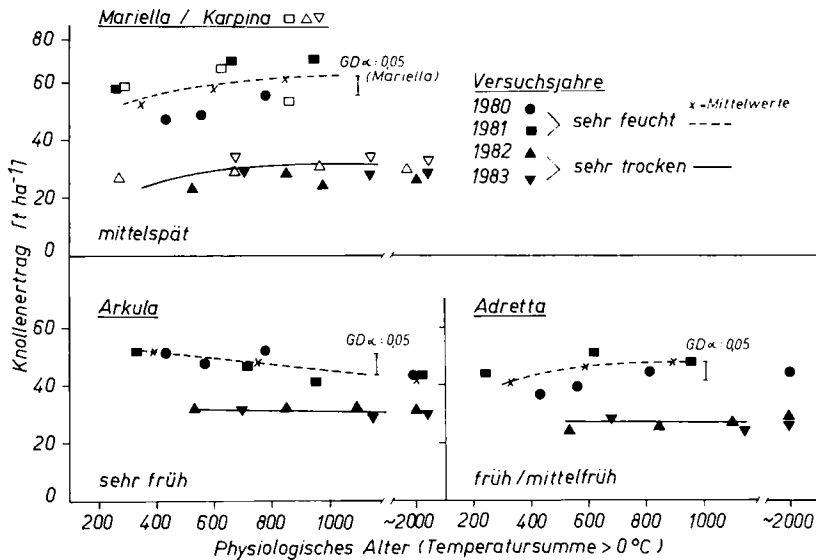


Bodenfeuchte - Soil moisture - Humidité du sol; Vol. % in 0-50 cm Tiefe - Vol. % in 0-50 cm deep - % vol. à 0-50 cm de profondeur; Reifegruppe/Sorte - Maturity class/cultivar - Groupe de précocité/varietà

Fig. 4. Yield curve of treatments with in each case the highest yield of the experimental year (optimum physiological age) and soil moisture (0-50 cm deep) in experimental year (T.S. as in Fig. 1).

Fig. 4. Courbes de rendement de chacune des variantes ayant fourni le rendement le plus élevé de l'année d'essai (âge physiologique optimal) et humidité du sol (0-50 cm de profondeur) (T.S. comme fig. 1).

Abb. 5. Ernteerträge in Abhängigkeit vom physiologischen Alter der Pflanzknollen bei Sorten unterschiedlicher Reifegruppen. Versuchsjahre 1980–1983 (GD = Grenzdifferenz zwischen den Mittelwerten der Varianten, 1980 und 1981; T.S. wie Abb. 1).

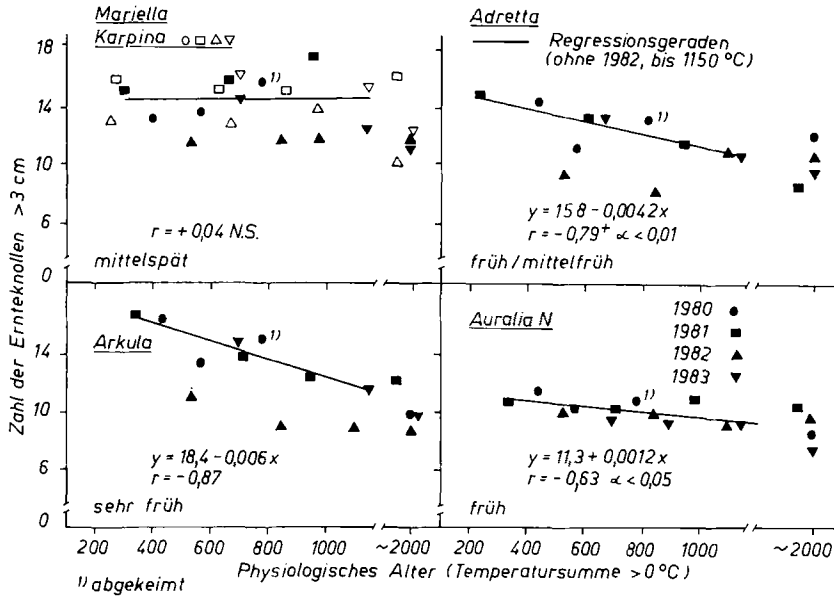


Knollenertrag (t ha⁻¹) - Tuber yield - Rendement tubercules; Versuchsjahre - Experimental years - Années d'essais; Sehr feucht - Very wet - Très humide; Sehr trocken - Very dry - Très sec; Mittelwerte - Mean values - Moyennes; Mittelspät, sehr früh, früh/ mittelfrüh, Physiologisches Alter (Temperatursumme > 0 °C) - See Fig. 3 - Voir fig. 3

Fig. 5. Harvest yield related to the physiological age of the seed tubers for cultivars of different maturity classes, 1980–1983 (GD = Least significant difference between the mean values of the treatments, 1980 and 1981; T.S. as in Fig. 1).

Fig. 5. Rendements en relation avec l'âge physiologique des plants pour les variétés de précocités différentes 1980–1983 (GD = plus petite différence significative entre moyennes des variantes 1980 et 1981; T.S. comme fig. 1).

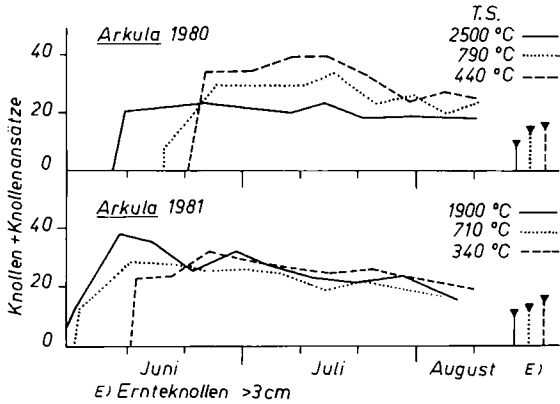
Abb. 6. Knollenzahl pro Staude in Abhängigkeit vom physiologischen Alter des Pflanzgutes von Sorten unterschiedlicher Reifegruppen. Versuchsjahre 1980-1983 (T.S. wie Abb. 1).



Zahl der Ernteknollen > 3 cm - Number of harvested tubers > 3 cm - Nombre de tubercules récoltés > 3 cm; Abgekeimt, mittelspät, früh/ mittelfrüh, sehr früh, früh - See Fig. 3 - Voir fig. 3; Regressionsgeraden (ohne 1982, bis 1150 °C) - Linear regressions (without 1982, to 1150 °C) - Droite de régression (sans 1982, jusqu'à 1150 °C)

Fig. 6. Tuber numbers per plant related to the physiological age of the seed for cultivars of different maturity classes, 1980-1983 (T.S. as in Fig. 1).
 Fig. 6. Nombre de tubercules par plante en relation avec l'âge physiologique des plants et la précocité des variétés, 1980-1983 (T.S. comme fig. 1).

Abb. 7. Zahl der Knollen und Knollenansätze während der Vegetationsperiode sowie Zahl der Ernteknollen bei der frühen Sorte Arkula in 2 Versuchsjahren (1980 und 1981; T.S. wie Abb. 1).



Knollen + Knollenansätze – Tubers + tuber initials – Tubercules + ébauches de tubercules;
 Ernteknollen – Harvested tubers – Tubercules récoltés

Fig. 7. Numbers of tubers and tuber initials during the vegetative period and the numbers of harvested tubers of the early cultivar Arkula in experimental years (1980 and 1981; T.S. as in Fig. 1).

Fig. 7. Nombre de tubercules formés ou ébauchés pendant la période de végétation et nombre de tubercules récoltés pour la variété précoce Arkula, 2 ans d'essais (1980 et 1981; T.S. comme fig. 1).

Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse stimmen im wesentlichen mit den bisher beschriebenen Beobachtungen überein (O'Brien et al., 1983). Es entsprachen jedoch nur die 1980/1981 bei der frühesten Sorte erhaltenen Resultate (Abb. 1a u. 2a) etwa dem von van der Zaag (1973) formulierten Wachstumsschema für physiologisch altes und junges Pflanzgut. Infolge ungünstiger Umweltbedingungen im letzten Abschnitt der Vegetationsperiode wurden die Ertragskurven der übrigen Sorten stark modifiziert.

Insgesamt wird die Tatsache erhärtet, dass keine allgemeingültigen Empfehlungen für das optimale physiologische Alter von Pflanzgut gegeben werden können. Der Anbauer muss die grundlegenden Zusammenhänge kennen und unter Berücksichtigung des Pflanztermines, der mittleren meteorologischen Bedingungen des Standortes, der Reife-Gruppe und des Gebrauchswertes das physiologische Alter optimieren. Allgemein gilt: Das Alter des Pflanzgutes sollte (durch Lagertemperatur und Vorkeimung) so bemessen werden, dass durch eine zügige Jugendentwicklung eine solche Krautmenge bis zum Termin der Knollenbildung aufgebaut wird, die einen hohen Ertragszuwachs gewährleistet. Dabei darf aber die Vegetationsperiode nicht zu stark in Richtung ungünstiger Bedingungen (Temperatur, Strahlung, Wasser) des Herbstes oder des Frühjahres verschoben werden.

Bei frühen Sorten sind beide Aspekte in Übereinstimmung zu bringen, wobei der starke Effekt der physiologischen Alterung des Pflanzgutes auf den Frühertrag im Frühkartoffelbau traditionell genutzt wird. Der positive Einfluss physiologisch älteren Pflanzgutes auf den Ertrag später Sorten ist zum grössten Teil der Vorverlegung der Vegetationsperiode zuzuschreiben (Wurr, 1980). Junges Pflanzgut ist bei diesen Sorten extrem ungünstig, da die verspätete Vegetationsperiode nicht durch höhere Knollenwachstumswachstumraten kompensiert wird.

Der Nutzen der hohen Stengel- und Knollenzahl bei physiologisch jungem Pflanzgut zur Erhöhung der Pflanzgutausbeute früher und grossknolliger Sorten im Pflanzkartoffelbau steht der verspätete Vegetationsabschluss entgegen. Das in der Praxis übliche Entfernen des apikalen Keimes reicht offenbar nicht aus, um die hohe Stengelzahl von physiologisch jungen, d.h. kühlgelagerter aber keimgestimmter ('open eyes') Knollen zu erreichen (vergl. Emilsson & Gustafsson, 1950). Um viele Stengel hervorzubringen, müssen die Knollen die Periode der Apikaldominanz durchlaufen haben und in die 'normale Keimung' (van der Zaag, 1982) eingetreten sein, anderenfalls werden nur wenige Stengel erzeugt (Iritani, 1981).

Eine optimale Ausbildung von Pflanzguteffekten wie: schneller Aufgang, üppiges Krautwachstum, hohe Stengel- und Knollenzahl ist wahrscheinlich nur über den gezielten Einsatz von Wachstumsregulatoren erreichbar. Voraussetzung dafür aber sind vertiefte Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen den endogenen Wachstumsregulatoren der Knolle und der physiologischen Alterung, einschliesslich ihrer Folgeerscheinungen.

Summary

The effect of the physiological age of seed tubers on growth and yield of potato cultivars of different maturity classes

The effect of the physiological age of seed tubers on yield was studied using 4 treatments of various ages (extremes of treatment: accumulated temperature, 300-400 day-degrees $>0^{\circ}\text{C}$, chitting to 3 mm; 2000 day-degrees $>0^{\circ}\text{C}$, light chitting to 30 mm). Five cultivars in maturity classes 'first early' to 'mid-late' were examined over a 4-year period by experimental liftings and measurements of haulm growth. Increased physiological age accelerated emergence, but the time between emergence and tuber initiation, and between emergence and senescence was not affected (Table 1; Figs 1, 2). The total stem number (above-ground stems including concealed ones, which were inserted below half the maximum plant height) and the tuber number per plant of early cultivars decreased significantly with increased age of the seed tubers in spring (Figs 3, 6). In one year there were higher stem numbers, but not tuber numbers, with greatly increased physiological age, due to dying-off of the apices of light chitted material (Fig. 3). The total stem numbers and tuber numbers of the mid-late cultivars were not affected significantly by the physiological age of the seed tubers (Figs 3, 6). Haulm elongation was checked by increased physiological age of the seed tubers (Table 2). The physiologically youngest seed of the early cultivars had the greatest quantity of haulm and leaf weight up to the time of tuber initiation (Tables 2, 3; Figs 1, 2a). With the mid-late cultivars, seed of more

advanced physiological age gave as good or even better haulm development up to tuber set (Table 2; Fig. 2b) as the physiologically youngest treatment.

The effect of physiological age on yield development stemmed from two main factors. Firstly, the acceleration of emergence with increased age brought forward the vegetative period, in general, towards better conditions with regard to light and water supply. Secondly, increased age restricted haulm development thereby giving lower photosynthetic performance of the haulms up to the time of tuber formation, leading to reduced tuber growth rates or to an extension of the exponential part of the yield curve (Figs 1, 2a). The physiologically youngest seed of the early cultivars showed by tuber set the best haulm development and with it the highest yield potential (Figs 1, 2a), but there was no such advantage of young seed over seed of intermediate age for the mid-late cultivars (Fig. 2b).

The yield at the end of the vegetation period is a consequence of both factors. The yield of the very early cultivars was strongly affected by the first, while the mid-late cultivars were affected principally by the advancing of the vegetative period (Fig. 5). Allowances had to be made when interpreting harvest yields for extremely unfavourable soil moisture conditions during the second half of the vegetative period of the experimental year (Fig. 4).

Résumé

Influence de l'âge physiologique des plants sur la formation du rendement des variétés de pommes de terre de différentes précocités

L'influence de l'âge physiologique des plants sur le rendement a été examinée à l'aide de 4 variantes de plants d'âges physiologiques différents (variantes extrêmes: somme des températures: 300-400 $^{\circ}\text{C} > 0^{\circ}\text{C}$, germes jusqu'à 3 mm; 2000 $^{\circ}\text{C} > 0^{\circ}\text{C}$, germes colorés jusqu'à 30 mm), et de 5 variétés des groupes très précoces à mi-tardives, pendant 4 ans. Les examens ont porté sur des échantillonnages de récolte et des mesures de la croissance des fanes. Un âge

physiologique avancé a activé la levée. Les durées entre la levée et la tubérisation ainsi que levée-maturité n'ont pas été influencées (tabl. 1, fig. 1 et 2). Le nombre total de tiges (tiges axillaires situées sur la moitié inférieure des fanes comprises) et le nombre de tubercules par plante diminuait de manière significative au printemps chez les variétés précoces d'un âge physiologique avancé (fig. 3 et 6). Certaines années, une augmentation du nombre de tiges

mais non de celui de tubercules avec des plants d'un âge physiologique avancé pouvait résulter du dessèchement apical des germes exposés à la lumière. Chez les variétés mi-tardives, le nombre total de tiges et tubercules n'a pas été influencé par les différents âges physiologiques (fig. 3 et 6). Un âge physiologique avancé des plants (tabl. 2 et 3, fig. 1 et 2a). Chez les variétés mi-tardives les plants d'un âge plus avancé donnèrent une croissance des fanes égale ou parfois meilleure que les plants les plus jeunes (tabl. 2, fig. 2b).

L'effet de l'âge physiologique sur le rendement se manifeste par deux facteurs principaux. Primo, par l'accélération de la levée due à un âge plus avancé, la période de végétation se situera (en général) dans la saison la plus favorable pour ce qui concerne le rayonnement et le

ravitaillement en eau. Secondo, l'âge avancé des plants inhibe la croissance des fanes et par là l'activité de la photosynthèse lors de la formation et la croissance des tubercules, ce qui a pour conséquence une prolongation de la partie exponentielle de la courbe de croissance (fig. 1 et 2a). Tandis que pour les variétés précoces, c'est le plant jeune qui a donné le meilleur rendement (fig. 1 et 2a). Chez les variétés mi-tardives le plant jeune ne présente aucun avantage par rapport au plant d'âge moyen (fig. 2b).

Le rendement en fin de période de végétation est la résultante des deux facteurs précités. Les rendements des variétés très précoces ont été très fortement influencés par le premier facteur, tandis que pour les variétés mi-tardives, c'est l'avancement de la période de végétation qui a principalement été profitable (fig. 5). Lors de l'interprétation des rendements il s'agit également de tenir compte des conditions du sol très défavorables pendant la seconde moitié de la période de végétation (fig. 4).

Literatur

- Anonym, 1981. 8th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, München, 1981. Abstracts of Conference Papers, p. 62-81, 140-149.
- Al Rawi, A. W., 1981. Effect of storage environment of the growth and development of contrasting varieties of potatoes. Ph.D. Thesis, University of Wales. Zit. nach Wareing, in: J. S. McLaren (Ed.), 1982, Chemical Manipulation of crop growth and development, Butterworth scientific, London etc., p. 135.
- Bean, J. N. & E. J. Allen, 1978. The relationship between tuber initiation and subsequent plant growth in field grown potatoes. 7th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Warsaw, 1978. Abstracts of Conference Papers, p. 11-12.
- Bean, J. N. & E. J. Allen, 1981. Effects of physiological age on the development of the leaf canopy and light interception. 8th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, München, 1981. Abstracts of Conference Papers, p. 142-143.
- Bialek, K. & M. Bielinska-Czarnecka, 1978. The activity of endogenous gibberellins and growth inhibitors during the growth, dormancy, and sprouting of the potato tuber depending on the cultivar specificity and weather conditions. 7th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Warsaw, 1978. Abstracts of Conference Papers, p. 45-46.
- Bottini, de, G. A., R. Bottini & R. Tizio, 1982. Physiology of dormancy in potato tubers as related to levels of endogenous regulators. *Phyton, Buenos Aires* 42: 115-120.
- Bottini, de, G. A. & R. Tizio, 1981. Hormonal contribution of the mother tuber to growth, stolonization and tuberization of the potato plant (*Solanum tuberosum* L., cv. Spunta). *Phyton, Buenos Aires* 41: 27-32.
- Emilsson, B. & N. Gustafsson, 1950. Lagringsbetingelsernas inverkan på utsädes potatisens produktionsformåga (The influence of storage conditions on the productivity of seed potatoes). *Kungliga Lantbruksakademiens Tidskrift* 84: 398-419.
- Iritani, W. M., 1981. Relationships of stem number, tuber set and yield of Russet Burbank potatoes. 8th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, München, 1981. Abstracts of Conference Papers, p. 142-143.
- Jones, J. L., P. J. O'Brien & E. J. Allen, 1981. The effects of seed crop husbandry and storage conditions on physiological age. 8th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, München, 1981. Abstracts of Conference Papers, p. 78-80.

- Koda, Y. & Y. Okazawa, 1983. Influence of environmental hormonal and nutritional factors on potato tuberisation in vitro. *Japanese Journal of Crop Science, Tokyo* 52: 582-591.
- Lindblom, H., 1968. Sprouting behaviour in relation to storage conditions and to indole-3-acetic acid, gibberellins and inhibitor β in seed potato tubers. *Acta Agricultura Scandinavica* 18: 178-195.
- Moorby, J. & F. L. Milthorpe, 1975. Potato. In: L. T. Eveans (Ed.), *Crop Physiology*. University Press, Cambridge, p. 225-257.
- Moorby, J., 1978. The physiology of growth and tuber yield. In: P. M. Harris (Ed.), *The potato crop: the scientific basis of improvement*. Chapman and Hall, London, p. 153-194.
- O'Brien, P. J. & E. J. Allen, 1978. The relationships between storage temperature of seed tubers and tuber yields. 7th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Warsaw, 1978. Abstracts of Conference Papers, p. 18-19.
- O'Brien, P. J. & E. J. Allen, 1984. Some effects of desprouting on growth and yields of contrasting varieties. 9th Triennial Conference of European Association for Potato Research, Interlaken, 1984. Abstracts of Conference Papers, p. 303-304.
- O'Brien, P. J., E. J. Allen, J. N. Bean, R. L. Griffith, S. A. Jones & J. L. Jones, 1983. Accumulated day-degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. *Journal of Agricultural Sciences, Cambridge* 101: 613-631.
- Ulrich, G. & A. Bergschicker, 1963. Die Probleme der Pflanzkartoffelerzeugung bei grossknolligen Sorten. Ein Beitrag zur Erhöhung der Vermehrungsrate im Pflanzkartoffelbau. *Albrecht Thaer Archiv* 2: 152-183.
- Wurr, D. C. E., 1980. Physiological quality of potato seed tubers. *ADAS Quarterly Review, London* 36: 27-39.
- Zaag, D. E. van der, 1973. Requirements of the user of seed potatoes. Standards of health, grading, physiological age, time, and mode of delivery, price. Proceedings of the 5th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Norwich, 1972, p. 38-46.
- Zaag, D. E. van der, 1981. Aspects and preliminary results of physiological ageing. 8th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, München, 1981. Abstracts of Conference Papers, p. 67.
- Zaag, D. E. van der, 1982. Seed potatoes, sources of supply and treatment. Netherlands Potato Consultative Institute, The Hague, Netherlands.