

Die Hohlherzigkeit, eine physiologische Störung von Samen der Gemüseerbse (*Pisum sativum* L.)

Von P. Mattusch

Eine in Deutschland bisher wenig beachtete, die Saatgutqualität beeinflussende und den Feldaufgang um bis zu 15% vermindernde physiologische Störung von Erbsensamen ist die sogenannte Hohlherzigkeit (engl. hollow heart oder cavitation). Diese Erscheinung wurde erstmals von MYERS (1947) beschrieben und war seither Anlaß zu verschiedenen Untersuchungen – vor allem in Großbritannien.

Die Symptome der Hohlherzigkeit zeigen sich an den Innenseiten der Kotyledonen keimender Erbsensamen als deutlich begrenzte, eingesunkene Zone weißlichen, abgestorbenen Gewebes im Zentrum des Samens. Der Grad der Symptomausprägung variiert stark von ganz schwachen Vertiefungen bis zu recht deutlicher Hohlraumbildung, die dann oftmals noch mit Rissen im Keimblattgewebe, die bis unter die Samenschale reichen können, gekoppelt ist (HARRISON 1972, PERRY und HARRISON 1973) (Abb. 1 und 2).

Der Unterschied zwischen der Hohlherzigkeit und einer anderen bekannten physiologischen Störung von Erbsensamen, dem Manganmangel (engl. marsh spot), besteht im Fehlen der für diesen Nährstoffmangel typischen braunen Verfärbung der Innenseiten der Keimblätter (NOBLE 1960, ALLEN 1961, HARRISON 1972). Die Symptome der Hohlherzigkeit können zudem erst beim Quellen und Keimen reifer Samen durch Trennung der beiden Keimblätter festgestellt werden, während der Manganmangel bereits in früheren Entwicklungsstadien der Samen sichtbar wird.

Das Gewebe der Befallsstelle enthält erheblich mehr Stärke als die umliegenden, nicht gestörten Gewebepartien oder als das Keimblattgewebe normaler, gesunder Samen (HARRISON 1972), wobei der Gesamtstärkegehalt der Samen nicht höher liegt als bei den „normalen“ Samen. Dies ergab die Untersuchung von je zwei unterschiedlich stark mit Hohlherzigkeit befallenen Saatgutpartien von 5 Erbsensorten (RICHTER 1973). Die den Stärkehaushalt steuernden Stoffwechselläufe scheinen also in den befallenen Gewebepartien gestört zu sein.

Auch bei anderen Bestandteilen des Keimblattgewebes wie Rohprotein, Zucker oder Amylose in der Stärke zeigten sich keine eindeutigen Differenzen der Werte für die stark hohlherzigkeitsbefallenen Partien zu den schwächer befallenen (RICHTER 1973).

Der Hohlherzigkeitsbefall vermindert die Keimrate sowie das Keimlingswachstum unter Umständen erheblich. Sowohl Sproß- als auch Keimwurzelstreckung werden verzögert. Interessanterweise konnte jedoch festgestellt werden, daß das Trockengewicht der Kotyledonen hohlherziger Samen 7 Tage nach der Aussaat höher lag als bei den Samen ohne Hohlherzigkeit. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die im zentralen Bereich der Samen eingelagerten Reservestoffe auf Grund des Absterbens der Zellen nicht mobilisiert werden (HARRISON 1972).

Letzteres kann aber nicht allein der auslösende Faktor für das verminderte Wachstum der Keimlinge aus hohlherzigen Saatgutpartien sein. So erbrachte erst die Entnahme von ca. 40% des Keimblattgewebes gesunder Samen mit Hilfe eines Bohrers eine Verringerung von Keimwurzel- und Sproßlänge sowie des Trockenstoffgehaltes des gesamten Keimlings. Bereits ein durchschnittlicher Anteil von 13,2% hohlherzigen Gewebes pro Samenkorn genügte hingegen, sowohl Keimwurzel- als auch Sproßwachstum deutlich zu hemmen (HARRISON und PERRY 1973).

Es muß also eine Art Keim- und Wachstumshemmmechanismus bei den hohlherzigen Samen vermutet werden. HARRISON (1972) konnte auch tatsächlich nachweisen, daß ein wäßriger Extrakt von Hohlherzigkeits-

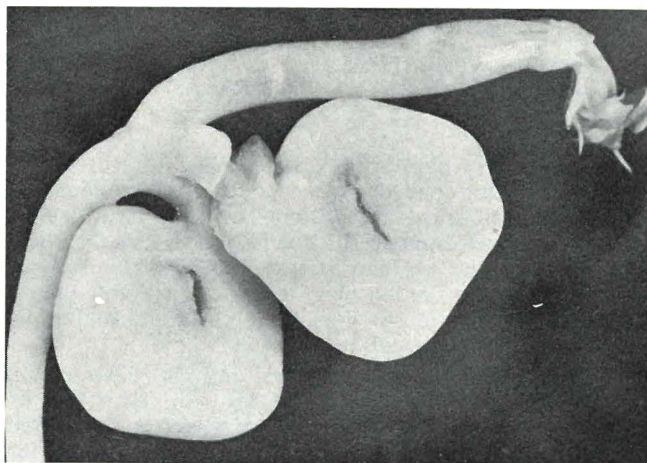


Abb. 1. Erbsenkeimling mit Hohlherzigkeitsbefall der Keimblätter.

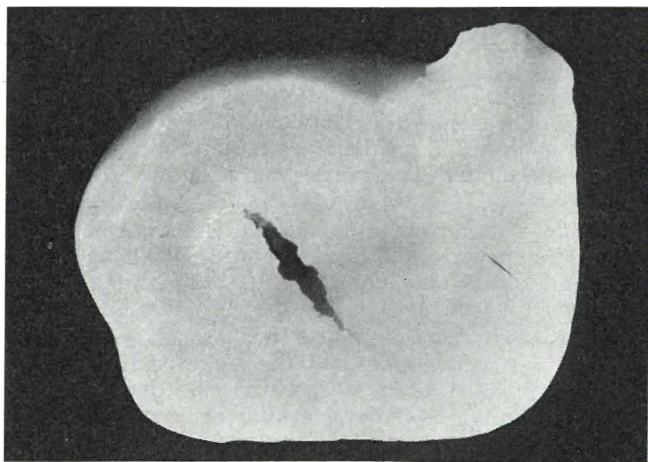


Abb. 2. Erbsenkeimblatt mit Hohlherzigkeitsbefall.

gewebe das Sproß- und Keimwurzelwachstum von Sämlingen aus Saatgut ohne Hohlherzigkeit negativ beeinflusste, wohingegen der Wasserextrakt gesunden Keimblattgewebes dies nur in ganz geringem Ausmaß bewirkte.

Über die Wirkungsweise dieses Hemmstoffmechanismus bzw. des ihn auslösenden Hemmstoffes ist noch wenig bekannt. Erste Tests von HARRISON (1972) lassen vermuten, daß niedermolekulare und hitzeunbeständige Substanzen beteiligt sind.

Die Ergebnisse eigener Versuche zur Ermittlung der Keimlingswachstumsverminderung durch die Hohlherzigkeit sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1. Wachstumsverlauf von Keimwurzel und Sproß während der Keim- und Auflaufphase von drei unterschiedlich stark mit Hohlherzigkeit befallenen Saatgutpartien der Erbsensorte Senator

Tage nach der Aussaat	Keimwurzel in mm			Sproß in mm		
	Herkunft			Herkunft		
	1	2	3	1	2	3
3	12	16	14	—*)	—	—
4	19	32	29	7	11	9
6	48	61	42	23	24	19
7	53	71	58	32	35	25
9	80	79	72	58	55	43

*) noch nicht auswertbar

Hohlherzigkeitsbefall: Herkunft 1 6,0%, Herkunft 2 14,0% und Herkunft 3 33,0%

Drei Partien der Sorte 'Senator' unterschiedlicher Provenienz und mit deutlich verschiedenem Hohlherzigkeitsniveau wurden in 12-cm-Tontöpfe zu je 5 Korn in sterilisierte Komposterde ausgelegt und im Gewächshaus aufgestellt. Ab dem dritten Tag nach der Aussaat wuschen wir die Samen bzw. die Sämlinge von jeweils 7 Töpfen pro Partie aus dem Boden aus und maßen die Sproß- und Keimwurzellänge.

Das unterschiedliche Verhalten der drei Partien wird vor allem bei der Sproßlänge deutlich. Hier lag die Herkunft 3 (über 30% Hohlherzigkeit) 9 Tage nach der Aussaat im Mittel von 35 Messungen um 15 mm unter dem entsprechenden Wert der Herkunft 1 (6% Hohlherzigkeit). Nicht direkt meßbar war das Ausmaß der Seitenwurzelbildung. Es war jedoch zu beobachten, daß die Seitenwurzelbildung bei der Herkunft 1 früher einsetzte und die Zahl der angelegten Seitenwurzeln größer war als bei den Herkünften 2 und 3. Dies erklärt auch die Tatsache, daß die Keimwurzellängenmessungen, die sich nur auf die Hauptwurzel beschränkten, keine wesentlichen Unterschiede ergaben, da mit Einsetzen der Seitenwurzelbildung die Wachstumsgeschwindigkeit der Hauptwurzel zurückgeht.

Eine Auswertung des Versuches über den 9. Tag nach der Aussaat hinaus war nicht möglich, da die Kotyledonen vor allem der Herkunft 3 stark in Fäulnis übergingen und eine Bonitur auf Hohlherzigkeit somit verhindert wurde.

Die Erscheinung, daß die Kotyledonen von Samen aus Partien mit hohm Hohlherzigkeitsbefall relativ rasch in Fäulnis oder Verrottung übergehen — über 50% der Keimblätter der Herkunft 3 waren nach dem 9. Tag nach der Aussaat in Zersetzung übergegangen — hat ebenfalls Bedeutung für die Auswirkung des Hohlherzigkeitsbefalls auf die Erbsenpflanzen.

Das Keimblattgewebe dieser Samen bietet offenbar sowohl pilzlichen als auch bakteriellen Krankheitserregern ein rasch aufschließbares Nährmedium, wodurch vermutlich auch weniger aggressive Pathogene im weiteren Verlauf kurzfristig auf den Sämling übergreifen und diesen zum Absterben bringen können. Selbst wenn letzteres infolge des Fehlens entsprechender Auflaufkrankheitserreger nicht eintreten sollte, so dürfte doch durch die rasche Zerstörung des Keimblattgewebes durch die Fäulnisverursacher den in ihrer Anfangsentwicklung auf die Reservestoffe der Keimblätter angewiesenen Sämlingen die Versorgungsbasis entzogen werden, was sich selbstverständlich ebenfalls in einer Wachstumshemmung äußert.

Das Zusammenspiel des direkten Einflusses des befallenen Gewebes und der in ihm eventuell enthaltenen Hemmstoffe auf die Keimlingsentwicklung, der Verrottungsgeschwindigkeit der Kotyledonen sowie der raschen Besiedelung der Keimblätter durch die Krankheitserreger bewirkt somit zum einen die Schwächung der Erbsenjungepflanzen und zum anderen im Extremfall die Verhinderung des Auflaufens.

Dabei ist herauszustellen, daß auch dann, wenn nur eine Schwächung der Keimlinge erfolgt, diese verzögerte Anfangsentwicklung von den Pflanzen im Laufe der weiteren Entwicklung bis zur Ernte niemals ausgeglichen wird. Nach englischen Untersuchungen setzten Aussaaten hohlherziger Saatgutpartien später mit der Blüte ein, zeigten ein um 20–25% reduziertes Sproßwachstum und erbrachten einen über 30% niedrigeren Ertrag, wobei vor allem die Zahl der Samen pro Pflanze, weniger dagegen das Einzelkorngewicht, niedriger lag als bei den vergleichbaren Partien aus gesundem Saatgut (PERRY und HARRISON 1973).

Eigene Ertragsermittlungen scheinen dieses Ergebnis zu bestätigen. Die Ertragsminderung lag bei der Partie mit dem höchsten Anteil hohlherziger Samen im verwendeten Saatgut bei nahezu 40% gegenüber der Partie mit dem niedrigsten Hohlherzigkeitsbefall.

Die Arbeiten von PERRY und HOWELL (1965), HEYDECKER und KOHISTANI (1969), HARRISON (1972), PERRY und HARRISON (1973) konnten Hinweise auf die Ursachen der Hohlherzigkeit geben. Es wurde ermittelt, daß die Prädisposition der Samen für die spätere Ausprägung der Hohlherzigkeit während einer etwa 10 Tage dauernden Periode nach Einsetzen des Hülsenschwümpfens stattfindet. Hohe Außentemperaturen und starke Sonneneinstrahlung wurden als auslösende Faktoren nachgewiesen, wobei bisher noch nicht feststeht, ob es eine bestimmte Temperaturschwelle gibt, die überschritten werden muß, um die Hohlherzigkeit zu bewirken. So ergab sich der höchste festgestellte Hohlherzigkeitsanteil bei einer Saatgutpartie, die während der erwähnten Periode den höchsten Luft- und Hülsentemperaturen ausgesetzt war. In diesem Zusammenhang konnten PERRY und HARRISON (1973) deutlich machen, daß die Temperaturen in den Hülsen der Erbsenpflanzen bei hoher Sonnenstrahlungsintensität um etwa 4 °C über der Temperatur der umgebenden Luft lagen (Hülsentemperatur 28,6 °C, Lufttemperatur 24,4 °C).

Es liegt auf der Hand, daß die Auslösung der Hohlherzigkeitsprädisposition unter praktischen Verhältnissen selbstverständlich auch durch künstliche Trocknung zu früh oder nicht im optimalen Reifestadium geernteten Saatgutes auf einen für die Lagerhaltung geeigneten Feuchtegehalt erfolgen kann. Tatsächlich lag der Anteil hohlherziger Samen bei einer Partie Erbsen, die zum Zeitpunkt des beginnenden Hülsenschwümpfens gedroschen und bei 35 °C getrocknet worden war, bei 23,5%, während der Prozentsatz bei Erbsen aus

bereits gelbverfärbten, ausgereiften Hülsen der gleichen Sorte nur 1,5% erreichte. Höhere Trocknungstemperaturen brachten noch größere Unterschiede.

Die Hohlherzigkeit muß demnach mit der Rate der Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes der Erbsensamen während ihrer Ausreife und mit Permeabilitätsverlusten der Zellmembranen der Zellen im Sameninneren zusammenhängen, d. h. die Zellen der beeinträchtigten Gewebepartien sind bei der Keimung nicht mehr in der Lage Wasser aufzunehmen. Dies führt dazu, daß diese Gewebepartien zusammenbrechen, und die Wasseraufnahmerate zum Zeitpunkt der Aussaat und der Keimung über das Ausmaß des Sichtbarwerdens der Hohlherzigkeit entscheidet. Je rascher und vollständiger die Wasseraufnahme des Samens – etwa bei hoher Wassersättigung des Keimmediums – abläuft, um so höher liegt der Anteil der Samen, die die Hohlherzigkeitssymptome zeigen. Ist die Imbibierungsrate dagegen geringer, so wird sich die Symptomausprägung vermindern, obwohl die Hohlherzigkeitsprädisposition latent vorhanden ist. Dies geht sowohl aus Arbeiten von HARRISON (1972) als auch aus eigenen Versuchen hervor.

So zeigten Saatgutpartien, die 24 Stunden lang vor dem Auslegen in die mit feuchtem Filterpapier (Macherey und Nagel Typ MN 605) ausgelegten Keimschalen in destilliertem Wasser vorgequollen wurden (Methode 1) den wesentlich höheren Hohlherzigkeitsbefall gegenüber Partien, die ohne Vorquellen in die Keimschalen gelegt wurden (Methode 2). Die Auswertung erfolgte nach 5–6 Tagen durch Ablösen der Samenschale und Trennung der beiden Keimlappen. Tabelle 2 gibt das Verhalten von 5 Sorten bei Anwendung dieser beiden Methoden wieder.

Aus den aufgeführten Werten darf nicht auf eine spezielle Anfälligkeit der genannten Sorten geschlossen werden. Soweit bisher ersichtlich, können die Werte einer Sorte von Partie zu Partie stärker schwanken als zwischen zwei verschiedenen Sorten (siehe auch Tab. 3).

Die Methode 1 stellt natürlich ein Extrem im Ausmaß der Wassersättigung des Keimmediums und des in ihm keimenden Samens dar. Ihr sollte jedoch bei einer eventuell vorzunehmenden Prüfung gegenüber der Methode 2 der Vorzug gegeben werden, da man mit ihr eine Aussage darüber erhält, zu welcher Symptomausprägungsrate die zu prüfende Saatgutpartie befähigt ist.

Die Ursachen der Prädisposition der Erbsensamen für die Hohlherzigkeit lassen es naheliegend erscheinen, daß es bei ein und derselben Sorte in Abhängigkeit vom Vermehrungsort des Saatgutes zu recht großen Unterschieden im Auftreten der Hohlherzigkeit kommen kann. Dies erklärt sich unter Umständen daraus, daß die induzierenden Faktoren während der Induktionsphase recht unterschiedlich sein können. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die bei verschiedenen Erbsensorten von verschiedenen Vermehrungsorten ermittelten Hohlherzigkeitswerte.

Aus den aufgeführten Werten kann jedoch nicht ohne weiteres der Schluß gezogen werden, daß allgemein in Regionen bzw. Ländern mit wärmeren Klimabedingungen die Hohlherzigkeitsprädisposition gefördert wird. Dies würde eventuell erklären, weshalb dieser nichtparasitären Krankheit in den wichtigsten Erbsenanbauländern in jüngster Zeit offensichtlich zunehmende Beachtung geschenkt wird, da die Vermehrung des Leguminosensaatgutes heutzutage vorwiegend in wärmeren Ländern vorgenommen wird. Um zu einer solchen Aussage zu kommen, wäre die nähere Kenntnis der am jeweiligen Standort während der Induktionsphase herrschenden Klimabedingungen erforderlich.

Tab. 2. Vergleich zweier Methoden zur Ermittlung des Hohlherzigkeitsbefalls von 5 Erbsensorten

Sorte	Methode 1*)	Methode 2*)
'Dart'	12,1	5,0
'Nugget'	47,3	21,4
'Sprite'	22,0	6,1
'W. v. Kelvedon'	18,2	8,7
'Mignon'	21,3	9,0

*) Werte in v. H. der gekeimten Samenkörner

Tab. 3. Anteil hohlherziger Samen in Saatgutpartien unterschiedlicher Provenienz bei einigen Erbsensorten

Sorte	Herkunft	Vermehrungsjahr	Anteil hohlherziger Samen in v. H. der Zahl gekeimter Samenkörner (nach Methode 1)
Senator	N'Deutschland	1971	12,2
		1969	28,8
		1972	33,7
		1969	76,5
Avanta	S'Deutschland	1971	18,5
		1971	19,5
		1971	25,0
Wunder von Kelvedon	N'Deutschland	1970	16,0
		1971	16,9
		1969	28,4
Juwel	Frankreich	1971	7,1
		1971	8,2
		1971	29,3
		1971	35,8
		1971	36,8
		1971	71,8
Lancet	Marokko	1971	2,0
		1971	10,5
		1971	21,7
		1971	30,7
		1971	30,8
		1971	45,7
	Neuseeland	1971	51,7

Tab. 4. Anteil hohlherziger Samen in Saatgutpartien mehrerer Erbsensorten von zwei im Temperaturverlauf kaum verschiedenen Standorten

Sorte	Standort 1 (Rheinebene) Durchschnittstemperatur 17,8 °C	Standort 2 (Mittelgebirgsrandlage) Durchschnittstemperatur 16,7 °C
Nugget	2,2*)	25,8
Sprite	4,0	30,4
Earl	8,0	19,7
Mars	1,0	12,2
Mini	1,0	18,0
Charger	3,0	64,1
Progress	3,0	71,1
Champ	1,0	37,4
DSP	1,0	41,1

*) Werte in v. H. der Zahl gekeimter Samenkörner
Prüfung durch Methode 2

Daß in der Beurteilung der Bedeutung des Standortinflusses wahrscheinlich sehr spezielle, den Reifeablauf beeinträchtigende Faktoren eine Rolle spielen, sei an Hand der Ergebnisse des Hohlherzigkeitstests von 9 Erbsensorten dargestellt. Das Saatgut dieser Sorten stammte von zwei räumlich nicht sehr weit auseinanderliegenden, topographisch hingegen recht unterschiedlichen Standorten. Wie aus Tab. 4 zu ersehen ist, lag der Hohlherzigkeitsbefall beim Standort 1 mit der geringfügig höheren Durchschnittstemperatur wesentlich niedriger als bei Standort 2. Die Partien vom Standort 2 wiesen einen niedrigeren Rohproteingehalt auf, was eventuell auf eine Reifeablaufstörung schließen lassen könnte (RICHTER 1973), deren Ursache bisher jedoch nicht ermittelt werden konnte.

Wie bereits erwähnt, kann die Frage, ob eine sortentypische Veranlagung für die Hohlherzigkeit existiert, heute noch nicht schlüssig beantwortet werden. Unter entsprechenden, den Schaden beeinflussenden Faktoren muß jedoch wohl bei allen derzeit im Handel befindlichen Sorten mit einem mehr oder weniger hohen Hohlherzigkeitsbefall gerechnet werden. Obwohl die Hohlherzigkeit bisher vorwiegend bei Markerbsensorten beschrieben wurde, zeigten auch Palerbsensorten (rundsamig, glatte Kornoberfläche) Befall durch diese Krankheit. Eine routinemäßige Überprüfung von Handelssaatgutpartien auf Hohlherzigkeit – etwa im Rahmen der Keimfähigkeitsprüfung – wäre aus diesem Grund höchst wünschenswert. Die Prüfung hätte kurz vor der endgültigen Verwendung des Saatgutes zu erfolgen, da nach Untersuchungen von GANE und BIDDLE (1973) sich der Hohlherzigkeitsanteil während der Lagerhaltung verändern kann.

Welches Ausmaß der schädigende Einfluß der Hohlherzigkeit dann tatsächlich bei der geprüften Sorte unter Freilandbedingungen erreicht, hängt natürlich von den verschiedensten Faktoren ab. Eine Grenze anzugeben, bis zu welchem Hohlherzigkeitsbefall eine Saatgutpartie für die Aussaat empfohlen werden kann, erscheint nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse über dieses Problem noch nicht möglich. In Großbritannien geht man jedoch bisweilen schon so weit, daß Saatgutpartien mit einem Hohlherzigkeitsprozentsatz von über 10% nicht für die Aussaat im Erwerbsanbau empfohlen werden.

Die Hohlherzigkeit muß man als einen wesentlichen Faktor im Gesamtkomplex der Saatgutqualität und des Feldaufgangsverhaltens betrachten. Bei der qualitativen Einstufung des Erbsensaatgutes sollte ihr erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Zusammenfassung

Die Hohlherzigkeit ist eine physiologische Störung von Erbsensamen, die bei der Quellung und Keimung der Samen in den zentralen Gewebepartien in Form einer mehr oder weniger stark ausgeprägten, teilweise aufgerissenen Vertiefung an den Innenseiten der Keimblätter sichtbar wird.

Aus hohlherzigen Saatgutpartien aufwachsende Erbsenbestände zeigen vielfach vermindertes Wachstum und Ertragseinbußen bis zu 30 oder 40%. Das Auflaufverhalten wird durch einen in den befallenen Samen gebildeten Hemmstoff sowie die beschleunigte Verrötung hohlherziger Samen im Boden erheblich beeinträchtigt. Bodenbürtige Auflaufkrankheitserreger be-

siedeln befallene Samen wesentlich rascher als gesunde, da das Keimblattgewebe ein offensichtlich leicht aufschließbares Nährmedium zu sein scheint.

Die Prädisposition der Samen für die später sichtbar werdende Hohlherzigkeit findet in einer etwa 10 Tage dauernden Periode nach Beginn des Hülsenschlumpfens statt. Hohe Luft- und Hülsentemperaturen wurden als auslösende Faktoren ermittelt.

Sortentypische Widerstandsfähigkeit scheint nicht zu existieren, jedoch schwankt die Befallshöhe bei einer Sorte je nach Vermehrungsort und Erntebedingungen. Eine im Rahmen der Prüfung von Handelssaatgutpartien vorzunehmende Ermittlung des Hohlherzigkeitsbefalls erscheint wünschenswert.

Summary

Hollow heart or cavitation is a physiological disorder of pea seeds, which becomes apparent during water imbibition and germination in the central parts of the seed tissue as a more or less visible hollow at the inner surfaces of the cotyledons. The hollow offently shows traverse cracks.

Field plots of peas which were grown from hollow hearted seeds showed a delayed growth rate and decreased yields of about 30 or 40%. Germination and field emergence are decreased by a growth inhibitor in the hollow hearted seeds and by quick rotting of the cotyledons in the soil. In the rotting process mostly soil borne pathogens are involved because the cotyledons from hollow heart seeds seem to be a good medium for those organisms.

The seeds become predisposed for hollow heart during a 10 days period after the pods have started to wrinkle. High air and pod temperatures were stated as inducing factors.

A varietal resistance against hollow heart doesn't exist. But there are great differences between seed lots of the same cultivar in depending on the seed producing area and harvesting conditions. For all seed lots which are going to be sold a hollow heart test together with the germination test seems to be desirable.

Literatur

1. ALLEN, J. D.: Hollow heart of pea seeds. New Zealand J. agric. Res. **4**. 1961, 286–288.
2. GANE, A. J. and BIDDLE, A. J.: Hollow heart of pea (*Pisum sativum*). Ann. appl. Biol. **74**. 1973, 239–247.
3. HARRISON, J. G.: Studies on hollow heart of peas (*Pisum sativum* L.). Ph. D. Thesis. Univ. of Dundee 1972.
4. HARRISON, J. G. and PERRY, D. A.: Effects of hollow heart on growth of peas. Ann. appl. Biol. **73**. 1973, 103–109.
5. HEYDECKER, W. and FEAST, PATRICIA M.: Studies on the hollow heart condition of pea (*Pisum sativum* L.) seeds. Proc. Int. Seed Test. Assoc. **34**. 1969, 319–328.
6. HEYDECKER, W. and KOHISTANI, M. R.: Hollow heart and poor stands of peas (*Pisum sativum* L.). Ann. appl. Biol. **64**. 1969, 153–160.
7. MYERS, AMY: "Hollow heart": An abnormal condition of the cotyledons of *Pisum sativum* L. J. austr. Inst. agric. Sci. **13**. 1947, 76–77.
8. NOBLE, MARY: Marsh spot and hollow heart in peas. Proc. Int. Seed Test. Assoc. **25**. 1960, 536–538.
9. PERRY, D. A. and HARRISON, J. G.: Causes and development of hollow heart in pea seed. Ann. appl. Biol. **73**. 1973, 95–101.
10. PERRY, D. A. and HOWELL, P. J.: Symptoms and nature of hollow heart in pea seed. Plant Path. Harpenden. **14**. 1965, 111–116.
11. RICHTER, ERNA: Persönliche Mitteilung 1973.