

Untersuchungen zum Kohlenstoffwechsel einiger Pleurotus-Arten

Autor(en): **Rimóczi, Imre / Vetter, János**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie**

Band (Jahr): **58 (1980)**

Heft 7

PDF erstellt am: **26.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-937274>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Untersuchungen zum Kohlenstoffwechsel einiger *Pleurotus*-Arten

Von Imre Rimóczi und János Vetter, Budapest

Einleitung und Zielsetzung

Die Entwicklung des Pflanzenbaues, die Erhöhung der Produktivität von Kulturpflanzen und der Anbau neuer Arten ist nur dann möglich, wenn die Lebensvorgänge und die Umweltansprüche der Pflanzen erforscht werden.

Neue Pilzarten werden im allgemeinen aufgrund von Naturbeobachtungen kultiviert. Das zeigt sich auch in der Geschichte der Seitlingskultur. Die Erforschung der grundlegenden physiologischen, besonders der stoffwechselphysiologischen Eigenschaften der Seitlinge darf heutzutage bei der Ausarbeitung von sicheren Kulturtechnologien nicht unterlassen werden.

In der Landwirtschaft und Holzindustrie sowie in vielen Gebieten der Leichtindustrie kommen immer mehr Abfallstoffe vor, die wegen ihres hohen Zellulose- und Ligningehaltes als Kohlenstoffquelle für Seitlinge geeignet wären. Die Qualifizierung der Substrate, die für die Pilzkultur in Betracht gezogen werden können, kann aufgrund der Kenntnis des Kohlenstoff-, Stickstoff- und Mineralstoffwechsels der Seitlingsarten und anderer Kulturpilzarten durchgeführt werden. Das Ziel unserer Arbeit ist die Untersuchung der Verwertung von Kohlenstoffquellen durch drei *Pleurotus*-Arten: *Pleurotus ostreatus* Jacq. ex Fr., *Pleurotus florida* Eger (= *pulmonarius* Fr.?) und *Pleurotus cornucopiae* Paul. ex Fr., wobei Gersten-, Hirse- und Maisstroh, Maiskolben, Pappelsägemehl beziehungsweise eine Mischung von Maiskolben und Stroh im Verhältnis 7:3 verwendet wurden.

Kulturversuche auf solchen Abfallsubstraten wurden zwar verschiedentlich durchgeführt (Kalberer, 1974; Gramss, 1977), doch wurden bei diesen Versuchen nur indirekte Parameter des Kohlenstoffwechsels untersucht, wie die Geschwindigkeit der Myzelentwicklung oder die Produktionsmenge (Omori, 1974). Eine Ausnahme bildet die Arbeit Zadrazils (1974), in welcher die Verwertung von Glukose, Lignin und Zellulose sowie von anorganischen Komponenten studiert wurde, während des Durchwachsens von Stroh mit Seitlingsmyzelium und während der Fruchtkörperbildung.

In unseren Versuchen wurde die Veränderung des Gehaltes an wasserlöslichen Zuckern, Zellulose und Lignin in den Substraten vor der Impfung, während des Durchwachsens, beim Erscheinen der Fruchtkörperprimordien und nach der Ernte untersucht.

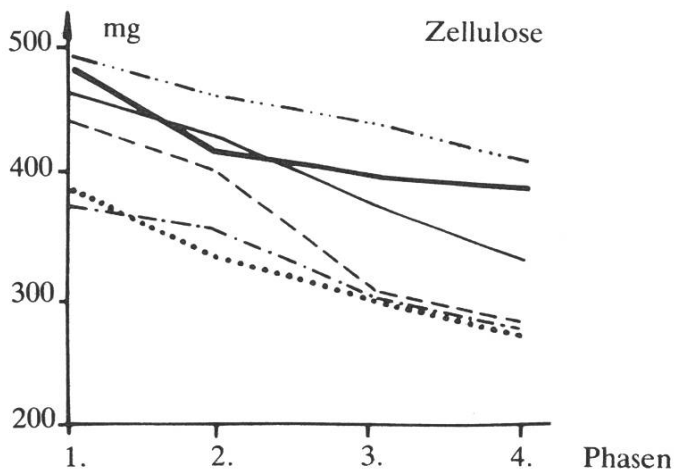
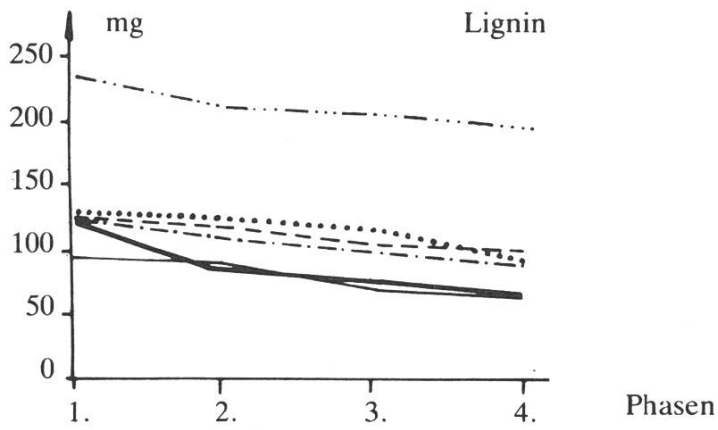
Substrat und Methode

Die Seitlingsarten wurden auf folgenden Substraten getestet:

1. Maiskolben und Weizenstroh in einer Mischung von 7:3, was den Substraten der Grossbetriebe entspricht (= Betriebsmischung).
2. Maiskolben.
3. Maisstroh.
4. Pappelsägemehl.
5. Hirsestroh.
6. Gerstenstroh.

Alle Substrate waren frisch, schimmelpilzfrei, das Pappelsägemehl rein, von der Verarbeitung des letzten Winterholzschlages stammend. Die Maiskolben-Stroh-Mischung wurde aus dem Kompostbetrieb der landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaft «Duna» geliefert.

Abb. 1: Die Wachstumsgeschwindigkeit des Myzels von *Pleurotus ostreatus* auf verschiedenen Substraten.



- Betriebsmischung
- Maiskolben
- - - Maisstroh
- · - Gerstenstroh
- Hirsestroh
- · - Pappelsägemehl

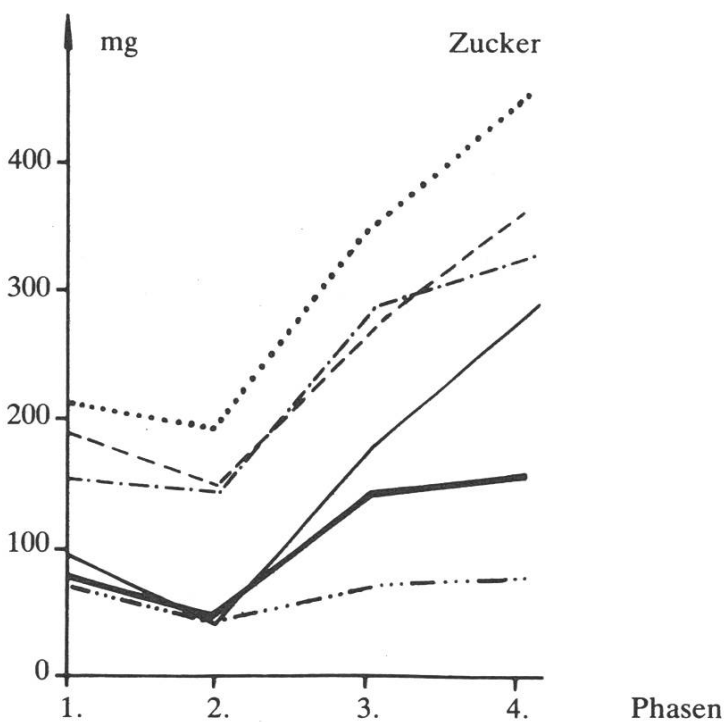


Abb. 2: Die Wachstumsgeschwindigkeit des Myzels von *Pleurotus florida* auf verschiedenen Substraten.

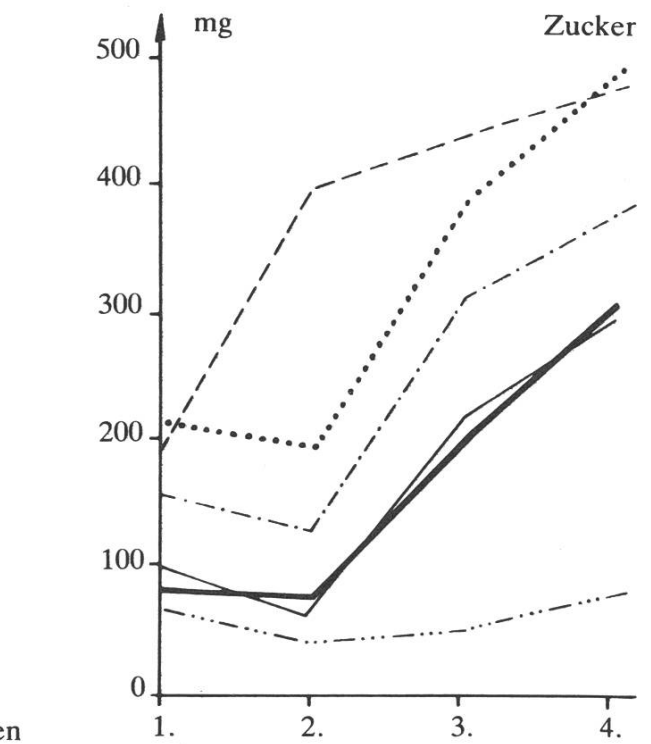
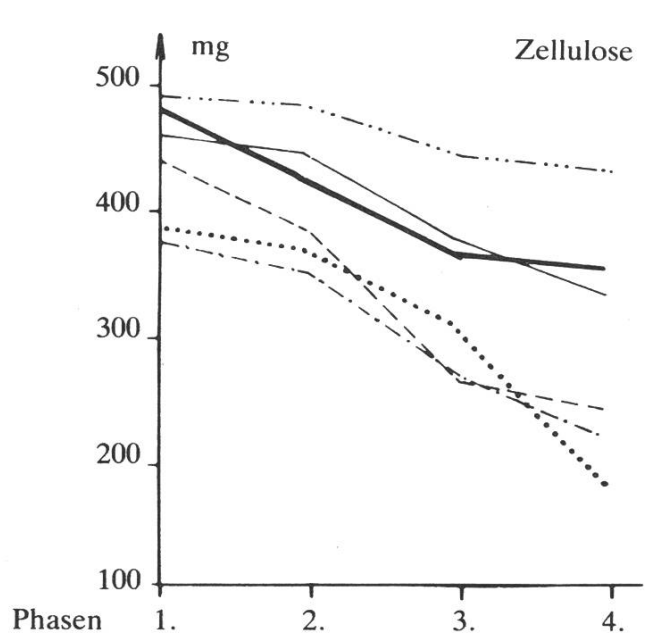
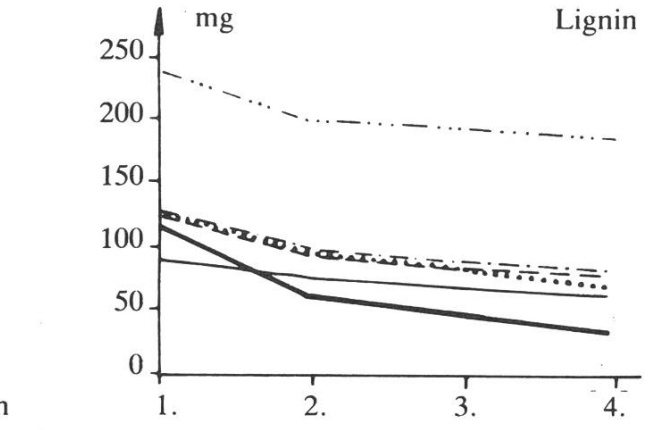


Tabelle: Glukose-, Lignin- und Zelluloseverwertung auf verschiedenen Nährböden, Veränderung ihr Ernte von *Pleurotus ostreatus*, *P. florida* und *P. cornucopiae*.

Probe	mg/l g	Betriebmischung			Maiskolben			Maisstro		
vor Impfung	Lignin	95,6			122,0			123,9		
	Zellulose	463,4			480,9			442,6		
	Zucker	99,3			78,6			193,0		
Seitlingen	P l e u r o t u s									
			ostre- atus	flo- rida	cornu- copiae	ostre- atus	flo- rida	cornu- copiae	ostre- atus	flo- rid
beim Durchwachsen	Lignin	Σ	88,7	76,7	62,0	87,0	64,1	57,6	121,2	9
		Δ	- 6,9	- 18,9	- 33,6	- 35,0	- 57,9	- 64,4	- 2,7	- 2
	Zellulose	Σ	428,7	453,0	438,3	420,7	428,1	439,3	406,6	38
		Δ	- 34,7	- 10,4	- 25,1	- 60,2	- 52,8	- 41,6	- 36,0	- 5
	Zucker	Σ	45,0	66,3	58,3	46,3	76,0	70,0	134,0	39
		Δ	- 54,3	- 33,0	- 41,0	- 32,3	- 2,6	- 8,6	- 59,0	+ 20
beim Erscheinen der Primordien	Lignin	Σ	75,6	72,3		84,4	52,2		113,5	9
		Δ	- 13,1	- 4,4		- 2,6	- 11,9		- 7,7	-
	Zellulose	Σ	381,0	377,6		406,2	374,8		315,8	27
		Δ	- 47,7	- 75,4		- 14,5	- 53,3		- 90,8	- 11
	Zucker	Σ	182,6	218,6		144,3	202,3		279,0	44
		Δ	+ 137,6	+ 152,3		+ 98,0	+ 126,3		+ 145,0	+ 4
nach der Ernte	Lignin	Σ	71,5	68,0		71,7	43,1		105,1	9
		Δ	- 4,1	- 4,3		- 12,7	- 9,1		- 8,4	-
	Zellulose	Σ	339,2	339,0		402,1	364,2		290,5	24
		Δ	- 41,8	- 38,6		- 4,1	- 10,6		- 25,3	- 2
	Zucker	Σ	284,3	299,3		156,6	303,0		371,0	48
		Δ	+ 101,7	+ 80,7		+ 12,3	+ 100,7		+ 92,0	+ 3

altes nach dem Durchwachsen, beim Erscheinen der Fruchtkörperprimordien und nach der

Nährboden									
	Gerstenstroh			Hirsestroh			Pappelsägemehl		
	126,2			130,4			238,4		
	377,2			386,5			495,3		
	155,6			212,0			75,3		
us	P l e u r o t u s			P l e u r o t u s			P l e u r o t u s		
ornu- opiae	ostre- atus	flo- rida	cornu- copiae	ostre- atus	flo- rida	cornu- copiae	ostre- atus	flo- rida	cornu- copiae
92,0	113,0	100,8	86,9	127,8	102,2	81,9	218,4	205,6	201,2
31,9	- 13,2	- 25,4	- 39,3	- 2,6	- 28,2	- 48,5	- 20,0	- 32,8	- 37,2
397,7	366,5	355,3	361,0	334,5	367,4	323,5	464,2	485,5	458,0
44,9	- 10,7	- 21,9	- 16,2	- 52,0	- 19,1	- 63,0	- 31,1	- 9,8	- 37,3
267,6	145,0	133,0	94,0	195,6	190,3	257,6	44,0	43,3	53,0
74,6	- 10,6	- 22,6	- 61,6	- 16,4	- 21,7	+ 45,6	- 29,3	- 30,0	- 20,3
	107,7	98,2		120,4	94,0		216,4	203,2	
	- 5,3	- 2,6		- 7,4	- 8,2		- 2,0	- 2,4	
	307,9	279,4		305,9	304,3		444,1	455,1	
	- 58,6	- 75,9		- 28,6	- 63,1		- 20,1	- 30,4	
	286,5	310,6		350,0	386,6		71,0	49,6	
	+ 141,5	+ 177,6		+ 154,4	+ 196,3		+ 27,0	+ 6,3	
	104,5	94,0		97,5	70,3		204,5	198,9	
	- 3,2	- 4,2		- 22,9	- 23,7		- 11,9	- 4,3	
	281,7	233,4		277,7	183,0		417,3	437,2	
	- 26,2	- 46,0		- 28,2	- 121,3		- 26,8	- 17,9	
	329,2	377,0		461,2	494,3		79,0	80,0	
	+ 42,7	+ 66,4		+ 111,2	+ 107,7		+ 8,0	+ 30,4	

Das Material wurde in 1–2 cm grosse Stücke geschnitten (die Feuchtigkeit wurde auf 70–75% geregelt), in 150 × 20 mm grosse Petrischalen gefüllt und bei 1 atü Druck eine Stunde lang sterilisiert. Die Kulturen wurden nach der Impfung bei 22 °C inkubiert.

Nach dem vollständigen Durchwachsen wurden die *P. ostreatus*-Kulturen drei Tage lang bei 5 °C gehalten. Dadurch wurde der für die Fruchtkörperbildung nötige Kälteeffekt erzielt.

Wir haben von *P. ostreatus* den auch im Grossbetrieb verwendeten Stamm Pl-5 benützt, die Kulturstämme von *P. florida* und *P. cornucopiae* wurden uns von Herrn Pál Gyurkó (Sopron) zur Verfügung gestellt, wofür wir ihm auch diesmal danken.

Zur Bestimmung der wasserlöslichen Zucker, der Zellulose und des Lignins wurden vor der Impfung, zum Zeitpunkt des völligen Durchwachsens, nach der Bildung des flauschigen Myzels, beim Auftreten der ersten Fruchtkörperprimordien und nach der Ernte jeweils mehrere Proben genommen und gemischt, getrocknet und gemahlen. Aus je 3 g Mischprobe haben wir durch 30 Minuten langes Kochen in 50 ml Wasser die löslichen Zucker extrahiert und deren Menge mittels der Antron-Methode bestimmt. Den Zellulose- und Ligningehalt haben wir nach Edwards (1973) gemessen. Unsere Angaben sind Durchschnittswerte aus fünf Wiederholungen.

Ergebnisse

P. ostreatus verwertet am meisten Lignin auf Betriebsmischung und Maisstroh während der Bildung des flauschigen Myzels. Die Ligninverwertung ist geringer während des Durchwachsens bzw. während der Fruchtkörperbildung. Auf Maiskolben, Gerstenstroh und Sägemehl ist hingegen der Ligninverbrauch am Anfang charakteristisch hoch, während er sich später verringert. Der Zelluloseverbrauch ist auf Maiskolben, Sägemehl und Hirsestroh während des Durchwachsens, auf Gerstenstroh erst bei der Bildung des flauschigen Myzels am grössten. Auf Hirsestroh haben wir den starken Zelluloseabbau neben einem relativ hohen Zuckergehalt beobachtet.

In den meisten Fällen verwertet der Pilz die Zucker des Substrates am Anfang der Myzelentwicklung und erst später die Zellulose.

P. florida ist während des Durchwachsens der intensivste Ligninzer-setzer. Der Ligningehalt vermindert sich pro Gramm Maisstroh bis zum völligen Durchwachsen von 112 mg auf 43,1 mg. Bedeutenden Ligninabbau während der Fruchtkörperbildung haben wir nur bei Hirsestroh beobachtet.

Dieser *Pleurotus*-Stamm ist ebenso wie oft auch *P. ostreatus* nach anfangs geringem Zelluloseabbau während der Bildung des flauschigen Myzels ein intensiver Zelluloseverbraucher auf allen Substraten. Während der Fruchtkörperbildung vermindert sich die Zelluloseverwertung ähnlich wie der Ligninabbau.

Verglichen mit *P. ostreatus* ist der Zelluloseabbau von *P. florida* auf allen Substraten in der Phase der Bildung der Myzelstränge viel grösser.

Aus dem mit *P. cornucopiae* beimpften Material konnten wir nur nach dem Durchwachsen Proben nehmen und analysieren. In dieser Phase zeigt sich ein Ligninabbau von allen drei Arten als am intensivsten, und auch seine Zelluloseverwertung war erheblich.

Der Zuckergehalt zeigte bei allen drei Arten im allgemeinen anfangs eine Verminderung, dann während der Bildung des flauschigen Myzels starke, bei der Fruchtkörperbildung mässige Steigerung. Zadrazil (1974) hat die Erhöhung des Zuckerspiegels ebenso bei der Kultur von *P. florida* auf Stroh festgestellt. Es ist offensichtlich, dass die Pilze während des Durchwachsens zuerst Monosaccharide aufnehmen (Vetter, 1975; Hashimoto-Takahashi, 1974). Ihre Verminderung kann die Synthese oder Aktivierung der zellulolytischen Enzyme anregen, dadurch tritt in der Folge durch deren Tätigkeit wieder eine Erhöhung des Monosaccharidgehaltes des Mediums ein. Daher ist es verständlich, dass der Rückgang des Zelluloseabbaues während der Fruchtkörperbildung auch keine bedeutende Erhöhung des Zuckergehaltes zulässt.

Wenn wir die einzelnen Substrate vergleichen, können wir feststellen, dass der Grad ihrer Verwertung einerseits von den Hauptkomponenten (Menge von Lignin, Zellulose und Zucker am Beginn), andererseits von der Beschaffenheit ihrer Struktur (Korngrösse, Dichte) bestimmt wird. Obwohl das Sägemehl über sehr hohen Lignin- und Zellulosegehalt verfügt, ist es als Substrat infolge seiner dichten Struktur nicht so geeignet wie zum Beispiel das Maisstroh mit seiner lockeren Faserung. Die Geschwindigkeit des Myzelwachstums, während der Kultur einer der wichtigsten Faktoren im Kampf gegen Konkurrenten, ist vorwiegend vom Zuckergehalt des Substrates und weniger von Lignin und Zellulose beeinflusst.

Wir möchten Herrn Professor M. Moser für wertvolle Beihilfe zu dieser Arbeit unseren Dank auch an dieser Stelle ausdrücken.

Zusammenfassung

Wir haben die Verwertung von Monosacchariden, Zellulose und Lignin durch *Pleurotus ostreatus*, *P. florida* und *P. cornucopiae* beim Durchwachsen des Substrates, bei der Bildung des flauschigen Myzels und bei der Ernte untersucht. Die Kultursubstrate waren: Mischung 7:3 aus Maiskolben und Gerstenstroh, Maiskolben, Maisstroh, Pappelsägemehl, Hirse- und Gerstenstroh.

Im Verlauf unserer Untersuchungen konnte festgestellt werden:

1. Die Mengenverhältnisse der Mono- und Polysaccharidkomponenten des Ausgangssubstrates vor der Impfung.
2. Alle drei Seitlingsarten verwerten die löslichen Zucker des Substrates beim Beginn des Durchwachsens in Abhängigkeit von der Ausgangszusammensetzung des Substrates.
3. Im Substrat kann, unabhängig von seiner sonstigen Zusammensetzung, beim Erscheinen der Primordien und nach der Kultur ein erheblicher Monosaccharidgehalt festgestellt werden.
4. Neben morphologischen Unterschieden und Differenzen hinsichtlich der ökologischen Ansprüche können bei *P. ostreatus* und *P. florida* deutliche Stammspezifitäten auf dem Gebiet des Kohlenstoffwechsels beobachtet werden.
Bei *P. ostreatus* wird der Grad des Abbaues von Zellulose und Lignin stärker vom Verhältnis der Komponenten des Ausgangsmaterials beeinflusst als bei *P. florida*.
5. Der Ligninabbau ist bei *P. florida* immer während der Phase des Durchwachsens am grössten, später verringert er sich stufenweise. Die Ligninverwertung von *P. ostreatus* ist auf den meisten Substraten ähnlich jener von *P. florida*, aber auf Hirsestroh kann ein höherer Ligninverbrauch auch während der Fruchtkörperbildung festgestellt werden.
6. Der Zelluloseabbau ist bei *P. florida* direkt vor der Fruchtkörperbildung sehr intensiv und unabhängig vom Substrat. *P. ostreatus* ist auf Hirsestroh und Maiskolben während des Durchwachsens der grösste Zelluloseverbraucher.
7. *P. cornucopiae* weicht von den beiden anderen Arten durch den stärksten anfänglichen Ligninverbrauch ab. Gleichzeitig ist diese Art hinsichtlich des Zelluloseabbaus *P. ostreatus* sehr ähnlich.

Aufgrund des sich aus der Verwertung der Kohlenstoffquellen des Ausgangsmaterials ergebenden Bildes lassen sich Aussagen machen über die Myzelentwicklung auf diesen Substraten, über die Fruchtkörperbildung und Produktion. Damit kann man eine Wertung der landwirtschaftlichen Abfallstoffe treffen für die Verwendung im Speisepilzanbau.

Résumé

Nous avons étudié l'utilisation par *Pleurotus ostreatus*, *P.florida* et *P.cornucopiae* des monosaccharides, cellulose et lignine lors de la croissance au travers du substrat, à la formation du mycélium et à la récolte. Les substrats de culture étaient: mélange 7:3 d'épis de maïs et paille de millet, épis de maïs, paille de maïs, sciure de peuplier, pailles de millet et d'orge.

Au cours de nos recherches nous pûmes constater:

1. La composition quantitative des mono- et polysaccharides du substrat avant l'inoculation.
2. Toutes les espèces de pleurotes utilisent le sucre soluble du substrat dès le début de la croissance en dépendance de la composition initiale du substrat.
3. Dans le substrat, indépendamment de sa composition initiale, on a pu constater, dès l'apparition des premiers corps reproducteurs et après la récolte, une considérable teneur en monosaccharides.
4. Outre des nuances morphologiques et des différences dans les prétentions écologiques, on peut observer chez *P.ostreatus* et *P.florida* de distinctes spécificités de souches dans le domaine de l'assimilation du carbone.

Chez *P.ostreatus*, le degré de décomposition de cellulose et de lignine est plus fortement influencé par la composition du substrat initial que chez *P.florida*.

5. Chez *P.ostreatus*, la décomposition de la lignine est toujours plus forte pendant la croissance au travers du substrat pour diminuer progressivement par la suite. L'utilisation de lignine de *P.ostreatus* est égale à celle de *P.florida* dans la plupart des substrats; cependant, sur la paille de millet, une plus forte utilisation de lignine peut être constatée également pendant la formation des corps reproducteurs.

6. L'utilisation de cellulose chez *P.florida* est très intense immédiatement avant la formation du corps reproducteur et indépendamment du substrat.

P.ostreatus est le plus grand consommateur de cellulose pendant la percée sur paille de millet et épis de maïs.

7. *P.cornucopiae* diverge des deux autres espèces par sa forte utilisation de lignine. Dans le même temps, cette espèce ressemble fort à *P.ostreatus* dans l'utilisation de cellulose.

Sur la base de l'image donnée par l'utilisation des sources de carbone du matériel de départ, on peut tirer des conclusions en ce qui concerne le développement du mycélium sur ces substrats, la formation du champignon et la culture. On peut ainsi obtenir une valorisation des déchets de l'agriculture par leur utilisation en cultures de champignons. (Traduit par M. Meizoz)

Riassunto

Abbiamo studiato come il *Pleurotus ostreatus*, il *Pleurotus florida* e il *Pleurotus cornucopiae* utilizzano i monosaccaridi, la cellulosa e la lignina al momento della crescita attraverso il substrato, alla formazione del micelio e alla raccolta.

I substrati di coltura erano: miscuglio 7:3 di spighe di granoturco e paglia di miglio, spighe di granoturco, paglia di granoturco, segatura di pioppo, paglia di miglio e di orzo.

Nel corso delle ricerche potremmo costatare:

1. La composizione quantitativa dei mono - e polisaccaridi del substrato prima dell'inoculazione.
2. Ogni specie di *Pleurotus* utilizza lo zucchero solubile del substrato fin dall'inizio della crescita a dipendenza della composizione iniziale del substrato.

3. Nel substrato, indipendentemente dalla sua composizione iniziale, si può constatare, fin dall'apparizione dei primi carpofori e dopo la raccolta, un notevole tenore di monosaccaridi.

4. Oltre a sfumature morfologiche e a differenti esigenze ecologiche, si è potuto osservare una distinta specificità dei ceppi di *P. ostreatus* e *P. florida* per quanto riguarda l'assimilazione del carbonio.

Nel *P. ostreatus*, il grado di decomposizione di cellulosa e di lignina è maggiormente influenzato dalla composizione iniziale del substrato che non nel *P. florida*.

5. Nel *P. ostreatus*, la decomposizione della lignina è sempre più forte durante la crescita attraverso il substrato mentre diminuisce progressivamente in seguito. L'utilizzazione della lignina del *P. ostreatus* è identica a quella del *P. florida* nella maggior parte dei substrati; invece, sulla paglia di miglio, anche durante la formazione dei corpi fruttiferi, si può constatare una più forte utilizzazione di lignina.

6. *P. florida* utilizza molto intensamente la cellulosa subito prima della formazione del carpoforo e indipendentemente dal substrato. *P. ostreatus* è quello che consuma una maggior quantità di cellulosa durante la penetrazione su paglia di miglio e spighe di granturco.

7. *P. cornucopiae* si distingue dalle altre due specie per la sua forte utilizzazione di lignina, mentre si avvicina fortemente a *P. ostreatus* per quanto riguarda l'utilizzazione di cellulosa.

Sulla base del quadro derivante dall'uso delle fonti di carbonio del materiale iniziale, si possono trarre delle conclusioni per quanto riguarda lo sviluppo del micelio su questi substrati, la formazione del fungo e la sua coltura. Si può così ottenere una valorizzazione degli scarti dell'agricoltura mediante la loro utilizzazione nella coltivazione dei funghi.

(Tradotto da Gianfelice Lucchini)

Literatur

Edwards, C.S. (1973): Determination of Lignin and Cellulose in Forages by Extraction with Triethylene Glycol. J. Sci. Fd. Agric. 24, S. 381-388.

Grames, G. (1977): Das Sterilblock-Verfahren im *Pleurotus*-Anbau. Der Champignon, 192, S. 18-29.

Hashimoto, K., Takahashi, Z. (1974): Studies on the growth of *Pleurotus ostreatus*. Mushroom Sci. IX, S. 585-593.

Kalberer, P.P. (1974): The cultivation of *Pleurotus ostreatus*: experiments to elucidate the influence of different culture conditions on the crop yield. Mushroom Sci. IX, S. 653-661.

Omori, S. (1974): Some discussion about the cultivation of *Pleurotus ostreatus* on sawdust bed. Mushroom Sci. IX, S. 663-666.

Vetter, J. (1975): Cukrok hatása a *Pleurotus ostreatus* micéliumtenyészetének sulygyarapodására, nukleinsav-, fehérje-, és nitrogéntartalmára. Bot. Közlem. 62., 2., S. 89-93.

Zadrazil, F. (1974): The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus cornucopiae* and *Pleurotus eryngii*. Mushroom Sci. IX, S. 621-652.