

Über die Zusammensetzung und biochemische Aktivität von Darmstreptomycceten-Gemeinschaften einiger Regenwurm-Arten

Von

E. A. HOSSEIN*, A. ZICSI**, E. CONTRERAS* und I. M. SZABÓ*

Abstract. In the fresh faecal matter of the studied litter consuming *Fitzingeria platyura montana* specimens streptomycetes formed a large and dense but completely cellulose-negative population dominated by *Streptomyces lavendulae*. In the faeces of *Dendrobaena veneta*, *D. hortensis* and *Eudrilus eugeniae* feeded on organic waste materials, numerically smaller but physiologically more active, e. g. cellulose intensively decomposing fractions of *Streptomyces* were detected. These fractions were also dominated, at all of these three earthworm species, by one *Streptomyces* species only: *S. aburaviensis* in the faeces of *D. veneta* and *E. eugeniae*, furthermore *S. kanamyceticus* in that of *D. hortensis*. Otherwise the species-composition of streptomycete communities of the three organic waste material consuming earthworm species proved to be very similar and sharply different from that of the litter-consuming earthworm species.

In den 50-er und 60-er Jahren befassten sich zahlreiche Arbeiten mit der Mikrobiologie des Regenwurmdarmes (SCHÜTZ und FELBER, 1956; BRÜSEWITZ, 1959; PARLE, 1963 usw.). Die quantitativen Untersuchungen haben erwiesen, dass im Darm dieser Tiere die Gesamtkeimzahl bedeutend höher ist als im Boden oder als in der konsumierten Nahrung. Ausserdem vermehren sich einige Bodenmikroben im Darm der Regenwürmer besonders schnell, und die Darmpopulationen einiger Bakterien-Arten können eine höhere Densität erreichen als im Boden selbst. Es sind besonders die Actinomyceten und innerhalb dieser die Streptomycceten, denen der Darm der Regenwürmer als wahrhaftiger Brutschrank dienen kann. Leider sind in den 70-er Jahren die diesbezüglichen intensiven Forschungen zurückgefallen, und auch später erschienen nur spärliche Angaben auf diesem Gebiet. Ganz besonders zu bedauern ist dies auch deswegen schon, da gerade in der jüngsten Zeit der Regenwurm-Humus in der landwirtschaftlichen Praxis und im Handel sowie der Abbau von Abfallstoffen solche Untersuchungen in den Fordergrund des Interesses stellen.

Seit einigen Jahren sind schon vom Tiersystematischen und Ökologischen sowie Mikrobiologischen Lehrstuhl der Eötvös-Loránd-Universität in Budapest gemeinsame, eingehende, die Darmmikrobiota verschiedener Regenwurm-Arten studierende Untersuchungen in Gang gesetzt worden. Die vorliegende Arbeit wurde ebenfalls im Rahmen dieser Zielsetzungen durchgeführt, wobei die Isolate der Darm-Strepto-

* *Estan Ahmed Hossein, Dr. Enrique Contreras, Dr. István Mihály Szabó*, ELTE Mikrobiológiai Tanszék (Lehrstuhl für Mikrobiologie der Eötvös-Loránd-Universität), 1088 Budapest, Múzeum körút 4/a, Ungarn.

** *Dr. András Zicsi*, ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, MTA Talajzoológiai Kutatócsoport (Lehrstuhl für Tiersystematik und Ökologie der Eötvös-Loránd-Universität, Bodenzoologische Forschungsgruppe der Ungarischen Akademie der Wissenschaften), 1088 Budapest, Puskin u. 3, Ungarn.

myces-Populationen einer laubstreubewohnenden Regenwurm-Art mit denen von drei Kompost bewohnenden Arten verglichen werden soll. Die jetzt erzielten Analyseergebnisse von Darm-Streptomyceten-Gemeinschaften werden ausserdem noch mit Angaben der von uns früher aus dem Darm von im morschen Holz lebendenden und im Boden selbst vorkommenden Regenwurm-Arten nachgewiesenen Streptomyceten verglichen und gewertet.

Untersuchungsmaterial und Methode

Für die bakteriologischen Analysen sind einerseits homogenisierte frische Darminhalt-Proben von 6 Exemplaren der Art *Fitzingeria platyura montana*, die mit verschiedenem Fallaub gefüttert wurden, gewonnen worden. Ähnlicherweise wurden Darminhalt-Proben auch von je 5 Exemplaren der Art *Dendrobaena veneta* und *D. hortensis* und aus 3 Exemplaren von *Eudrilus eugeniae* genommen. Die drei letzteren Arten lebten auf verschiedenen sich in Zersetzung befindlichen Haushaltsabfällen, die mit Hasenmist vermischt waren.

Aus den homogenisierten Darminhalt-Proben sind Verdünnungsserien hergestellt worden, die auf Nutrient- und Stärke-Kaseine Agarplatten geimpft wurden. Nach 5- bzw. 14-tägiger Bebrütung im Thermostat bei 28 °C wurden Keimzahlbestimmungen durchgeführt. Dann wurden die gewachsenen Kolonien ohne Selektion auf Schrägagar überimpft, deren Zusammensetzung mit der zur Impfung angewandten Platten übereinstimmte. Auf diese Weise sind neben tausenden von Bakterien-Isolaten insgesamt 514 *Streptomyces*-Isolate gewonnen worden, die zuerst aufgrund ihrer wichtigsten kulturellen und morphologischen Eigenschaften — auch den einzelnen Regenwurm-Arten entsprechend — grob gruppiert wurden. Dann wurden von allen *Streptomyces*-Isolatengruppen repräsentative Stämme für weitere detaillierte Untersuchungen ausgewählt und einem Reinigungsverfahren unterworfen. Nachher wurden sie nach den standardisierten Methoden des „International *Streptomyces* Project“ (SZABÓ et al., 1975; SZABÓ und MARTON, 1976) studiert. Bei diesen Stämmen (105) wurde geprüft, ob sie mit dem PRIDHAM-GOTTLIEB'schen synthetischen Medium folgende Kohlenstoff-Quellen wie: Glukose, Arabinose, Saccharose, Fruktose, Xylose, Raffinose, Rhamnose, Galaktose, Mannit, i-Inosit und Zellulose verwerten können. Die Fähigkeit zur Bildung melanoider Pigmente wurde auf Eisen-Pepton-Agar und Tyrosin-Agar geprüft. Die Typen der Sporophoren, die Zahl der Sporen in Sporenketten, die elektronenmikroskopische Morphologie der Sporenoberfläche, die mit Hilfe der TRESNER-BACKUS-Farbenrädern bestimmte Farbe der Sporenmasse, die Farbe des Substratmycels und die der diffundierenden Exopigmente wurde auf Haferflocken-Agar, Glycerin-Asparagin-Agar, anorganischem Salz-Stärke-Agar und Hefeextrakt-Malzextrakt-Agar studiert und determiniert. Zur systematischen Bestimmung der einzelnen Stämme wurden die ISP-Neubeschreibungen der Typenstämme anerkannter *Streptomyces*-Arten, die Monographie von HÜTTER (1967) weiterhin der Bestimmungsschlüssel von SZABÓ und Mitarbeitern (1975) angewandt. Die verschiedenen physiologischen und biochemischen Merkmale wurden mit Hilfe von Methoden getestet, die von uns routinemässig angewandt werden (SZABÓ, 1974; RAVASZ et al., 1986, etc.)

Tabelle 1. Zahl und Verteilung von 105 taxonomisch identifizierten Streptomyces-Stämmen, die aus 514 Regenwurm-Fäzes-Isolaten, als repräsentative Organismen selektiert und studiert wurden

| Regenwurm-Arten, deren Kotmaterial zum Isolieren angewandt wurde | Gesamtzahl der Streptomyceten-Isolate | Zahl der selektierten repräsentativen Streptomycetes-Stämme | Zahl der repräsentativen Stämme, identifiziert als: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|------------------|------------|
| | | | <i>S. cyanogenus</i> | <i>S. xanthophaeus</i> | <i>S. viridifaciens</i> | <i>S. omiyensis</i> | <i>S. aburavensis</i> | <i>S. griseoaurantiacus</i> | <i>S. melanosporofaciens</i> | <i>S. nigelus</i> | <i>S. hydrogenans</i> | <i>S. ostreogriseus</i> | <i>S. salmoticida</i> | <i>S. toxytricini</i> | <i>S. roseo-luteus</i> | <i>S. avidinus</i> | <i>S. lavenderulae</i> | <i>S. lipmanii</i> | <i>S. kanamyceticus</i> | <i>S. puniceus?</i> | <i>S. galbus</i> | Unbestimmt |
| <i>Fitzingeria platyura montana</i> | 267 | 46 | — | 3 | 1 | 5 | — | — | — | — | — | 1 | 3 | — | 2 | 22 | 2 | — | 2 | 1 | 2 | — |
| <i>Dendrobaena veneta</i> | 72 | 25 | 4 | — | — | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | — | — | — | 1 | — | — | — | 2 | — | — | — | — |
| <i>Dendrobaena hortensis</i> | 30 | 10 | — | — | — | — | 2 | — | — | — | — | — | — | 2 | — | — | — | 5 | — | — | 1 | — |
| <i>Eudrilus eugeniae</i> | 145 | 24 | — | — | — | — | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Zusammen | 514 | 105 | 4 | 3 | 1 | 6 | 30 | 5 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 5 | 22 | 2 | 7 | 2 | 1 | 3 | — |

Ergebnisse und Diskussion

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, unterscheidet sich die Darm- bzw. Fäzes-*Streptomyces*-Population von *F. p. montana* grundsätzlich von der der 3 anderen Arten, die jedoch untereinander eine grosse Ähnlichkeit aufweisen. *Streptomyces xanthophaeus*, *S. viridifaciens*, *S. salmonicida*, *S. toxytricini* und weitere 5 Arten sind nur in *F. p. montana* vorgekommen. Von den 11 bestimmten Streptomycceten-Arten von *F. p. montana* kam bloss eine massenhaft vor, u. zw. *S. lavendulae*. Ausser ihr zeigte nur *S. omiyaensis* noch eine erwähnenswerte Häufigkeit, die übrigen kamen nur spärlich vor. Wie aus der Tabelle weiter noch zu ersehen ist, sind die einzelnen Streptomycceten-Arten zahlenmässig von verschiedenen repräsentativen Stämmen vertreten. Dies deswegen, da die Zahl der repräsentativen Stämme aufgrund der Grösse der einzelnen *Streptomyces*-Isolatengruppen (Zahl der Isolate) selektiert wurde. Die Zahl der Stämme widerspiegelt gewissermassen auch die Häufigkeit der Art. Übereinstimmend mit unseren früheren Beobachtungen konnte auch im Falle von *F. p. montana* erwiesen werden, dass in den gemischten Darm-Streptomycceten-Populationen nur eine Art dominant ist.

Im grundgenommen sind wir, die Zusammensetzung der Streptomycceten-Populationen betreffend, auch bei den anderen 3 Regenwurm-Arten zu gleichen Folgerungen gekommen, wenn auch mit ganz anderen dominanten Arten. *Streptomyces aburaviensis* oder eine sehr nahe Form von dieser kam in den 3 Kompost-bewohnenden vor, in zwei von ihnen, bei *D. veneta* und *E. eugeniae* war sie absolut dominant, in *D. hortensis* konnte sie häufig nachgewiesen werden, aber in Häufigkeit immer der *S. kanamyceticus* oder einer dieser sehr nahen Form, nachstehend. Interessant ist es, dass die Streptomycceten-Gemeinschaft von *D. veneta* artenreicher war als die der beiden anderen Arten. Aufgrund unserer vorsichtigen quantitativen Schätzungen kann nur soviel ausgesagt werden, dass im Darm von *F. p. montana* die Keimzahl der Streptomycceten-Fraktion sehr gross ist, während bei den Kompostbewohnern diese eine relativ niedrigere Densität erreicht. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden nicht nur Streptomycceten, sondern auch Nocardioform-Actinomyceten und andere Bakterien in sehr grosser Zahl isoliert. Über diese soll an einer anderen Stelle berichtet werden. An dieser Stelle sei bloss hervorgehoben, dass die zahlreichen Nocardioform-Isolate davon zeugen, dass bei den Kompostbewohnern die Zahl der Streptomycceten zwar abnimmt, dagegen die Keimzahl der Nocardioformen zunimmt, was im allgemeinen für die bodenbewohnenden oder sich von Streu ernährenden Regenwürmer nicht kennzeichnend war.

Das Eigenschaftsspektrum der Darm-*Streptomyces*-Stämme von *F. p. montana* (Tabelle 2) betrachtend, kann folgendes ausgesagt werden. *S. toxytricini* und *S. avidinii* sind der vorherrschenden *S. lavendulae* sehr nahe stehende, vielleicht artlich auch vereinbare Organismen. Leider sind unsere Kenntnisse über die Ökologie und systematischen Verwandtschaftsverhältnisse dieser Arten noch viel zu bescheiden. Aufgrund unserer Analysen kann nicht ausgeschlossen werden, dass die nachgewiesenen *S. toxytricini*- und *S. avidinii*-Stämme nur lokale Varianten der dominanten *S. lavendulae*-Population sind. Übrigens kann dies auch bei natürlichen Bodenpopulationen von *S. lavendulae* der Fall sein. Interessant ist die Tatsache, dass aus *F. p. montana* kein einziger Zellulose zersetzender Stamm isoliert werden konnte. Unseren Beobachtungen und Untersuchungen nach konnten zellulosezersetzende Streptomycceten bei den im Boden lebenden Regenwurm-Arten nur selten nachgewiesen werden. Die Gründe sind unbekannt.

Tabelle 2. Ein Vergleich der aus Fäzes von Laubstreu konsumierenden *F. platoryza montana*-Exemplaren selektierte und identifizierte 46 repräsentative *Sreptomyces*-Stämme auf Grund der ISP diagnostischen Merkmale und selektierter biochemischer Eigenschaften. (Es wird die Zahl der positiven Stämme angegeben)

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------|------------|
| | <i>S. xanthophaeus</i> | <i>S. viridifaciens</i> | <i>S. omiyuensis</i> | <i>S. nigelus</i> | <i>S. salmonicida</i> | <i>S. soxytricens</i> | <i>S. avidinus</i> | <i>S. lavenderulae</i> | <i>S. lipmanii</i> | <i>S. puniceus?</i> | <i>S. galbus</i> | Unbestimmt |
| Gesamtzahl der repräsentativen Stämme | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Farbe der Sporen | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — | — | 1 |
| Gelb | 2 | — | — | — | 1 | 3 | 2 | 22 | — | — | — | — |
| Rot | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Grau | 1 | 1 | 5 | 2 | — | — | — | — | — | 2 | 1 | — |
| Farbe des Substratmycelium | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 22 | 2 | — | 1 | 2 |
| Gelb-braun | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — | — |
| G-b+bluealk. -rot.-acid. | 1 | — | — | — | — | 3 | 2 | 11 | — | 2 | 1 | 2 |
| Melanoid Pigmente | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Med. 6. | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Med. 7. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| Sporenkette-Morphologie | 3 | — | 5 | — | 1 | — | — | — | 2 | 2 | — | — |
| Rectus flexibilis | — | 1 | — | 2 | — | 3 | 2 | 22 | — | — | 1 | 2 |
| Spiral und Ret. apertum | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Zahl der Sporen in Ketten | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| < 10 | — | — | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 1 |
| 10—50 | 3 | 1 | 5 | — | — | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | — | — |
| > 50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Sporenoberfläche | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Glat | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Ornamentiert | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Kohlenstoff-Quellen | — | (1) | 5 | 2 | — | — | — | — | 2 | 2 | — | — |
| Verwertung | — | (1) | 1 | 2 | — | 1 | — | 3 | — | 2 | — | — |
| Xilose | — | 1 | 5 | 2 | — | — | — | — | 2 | 2 | 1 | — |
| Arabinose | — | 1 | — | 2 | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| Galaktose | 3 | 1 | 5 | 2 | — | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | 1 | — |
| Mannit | — | — | — | 2 | — | — | — | — | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Inosit | — | — | — | 2 | — | — | — | — | — | 2 | 1 | — |
| Saccharose | — | 1 | — | 2 | — | — | 2 | — | — | — | 1 | (1) |
| Glukose | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Fruktose | — | 1 | — | 2 | 1 | — | 2 | 5 | 2 | 2 | 1 | 1 |

Tabelle 2. Fortsetzung

| | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|------------------|------------|
| | <i>S. xanthophaeus</i> | <i>S. viridifaciens</i> | <i>S. ornithensis</i> | <i>S. nigeillus</i> | <i>S. salmonicida</i> | <i>S. loxytricens</i> | <i>S. avidinii</i> | <i>S. laevendulae</i> | <i>S. lipmannii</i> | <i>S. puniceus?</i> | <i>S. galbus</i> | Unbestimmt |
| Gesamtzahl der repräsentativen Stämme | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Antibiotische Aktivität gegen <i>E. coli</i> | — | — | 1 | — | — | 1 | — | 1 | — | 1 | 1 | 1 |
| <i>B. subtilis</i> | — | 1 | 4 | — | — | 1 | — | 6 | 2 | 2 | — | 1 |
| Zelluloseabbau | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Stärkehydrolyse | 3 | 1 | 5 | 2 | — | 3 | 2 | 20 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| DNA-ase | 2 | — | 2 | — | — | 2 | 2 | 14 | — | 2 | — | 2 |
| RNA-ase | — | — | 4 | — | — | 1 | — | — | — | 2 | — | 1 |
| Tween-60-Abbau | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 | 2 | 2 | — | 1 |
| Kaseinase | — | 1 | 5 | 2 | — | 1 | 1 | 10 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Tributyryl-Abbau | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Urease | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Xanthin-Abbau | — | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | — | 3 | 2 | 1 | 1 | — |
| Hypoxanthin-Abbau | 3 | 1 | 5 | 1 | 1 | 3 | 2 | 22 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Ei-Albumin-Abbau | 1 | — | 5 | 1 | — | — | — | 1 | — | 1 | — | 1 |
| Hyppurat-Abbau | 1 | 1 | 3 | — | — | 1 | 1 | 9 | 1 | — | — | 1 |
| Aeskulin-Abbau | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 21 | 2 | — | 1 | 2 |
| H ₂ S-Produktion aus Peptone | — | — | — | 1 | — | — | — | 8 | — | 1 | — | — |
| Wachstum bei 42°C | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Toleranz gegen 60%/10 Min. | 1 | — | 3 | 2 | — | — | 1 | 9 | 2 | 2 | — | 1 |
| Wachstum bei pH 10 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — | — | — |
| Wachstum in 6% NaCl | 1 | 1 | 5 | 1 | — | 1 | — | 1 | 2 | 2 | — | 1 |
| Citratverwertung | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — | — | — |
| Oxalatverwertung | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Resistenz gegen Lysozym | 3 | ? | 4 | — | — | 3 | 1 | 21 | — | 2 | — | — |

Das Eigenschaftsspektrum der *Streptomyces*-Stämme von *D. veneta* (Tabelle 3) zeigt im Gegensatz zur vorherigen Regenwurm-Art und deren Streptomyceten, dass nur ein Stamm melanoid Pigmente erzeugen kann, obwohl diese Eigenschaft mit dem die Humifikationsprozesse fördernden Enzymreichtum in Zusammenhang gebracht wird. Interessant ist ferner noch, dass alle repräsentativen Stämme der dominanten *S. aburaviensis* und auch Stämme anderer Arten sich als sehr intensive Zellulosezerersetzer erwiesen. Wie bei der Erörterung der beiden anderen Kompostwürmer noch bekannt gegeben wird, waren die Zellulose zersetzenden Stämme in den Kotballen aller drei Arten sehr gewöhnlich (Tabelle 4). Wichtig ist noch die Tatsache, dass *S. omiyaensis* als Art der *S. aburaviensis* nahe steht (Tabelle 3), sie kann weder Zellulose zersetzen, noch zeigt sie antibiotische Aktivität. Die *S. aburaviensis*-Stämme sind aber aktive Antagonisten, und diese Eigenschaft kann bei Zersetzungsprozessen reicher organischer Substanzen, wo genügend leichtverwertbare Kohlenstoff-Quellen zur Erzeugung von Antibiotika zur Verfügung stehen, sehr wichtig sein.

Aus *D. hortensis* und *E. eugeniae* isolierten *S. aburaviensis*-Stämme (Tabelle 4) waren mit Ausnahme von 2 alle Zellulosezerersetzer und 8 von ihnen erzeugten gegen Gram-positive Bakterien wirkende Antibiotika. Die Fähigkeit zur Zellulosezerersetzung scheint im Darm der im Kompost lebenden Würmer unter den Streptomyceten sehr häufig zu sein.

An dieser Stelle sei noch erwähnt, dass *Streptomyces*-Stämme, die bei 42 °C und in Medien von einem pH-Wert 10,0 gedeihen können, ausschliesslich bzw. hauptsächlich nur aus dem Fäzes von Hausabfälle konsumierenden Arten isoliert werden konnten. Citrat als C-Quelle haben 37 repräsentative Stämme verwertet aber nur 3 von diesen Stämmen aus dem Fäzes von Laubstreu-bewohnenden Arten. Auch die RNA-ase-Aktivität war häufiger im Falle von *Streptomyces*-Stämmen der Hausabfälle-konsumierenden Regenwurm-Arten.

Abschliessend werden in Tabelle 5 — auch die Ergebnisse vorausgehender Untersuchungen berücksichtigend — die im Darm bzw. in Kotballen dominierenden bzw. häufig vorkommenden Streptomyceten-Arten der Boden-bewohnenden, der im Holz lebenden und im Kompost vorkommenden Regenwurm-Arten verglichen. Wie zu ersehen, kann aufgrund unserer Untersuchungen kaum von einer Kodominanz zweier Streptomyceten-Arten gesprochen werden. In den Kotballen ist zugleich immer nur eine *Streptomyces*-Art dominant und im allgemeinen noch eine, aber diese ist weitaus nicht so häufig. Einige *Streptomyces*-Arten können auch im Darm von mehreren Regenwurm-Arten dominant sein, so war z. B. *S. olivaceus* in vier Regenwurm-Arten, *S. aburaviensis* in 2 dominant.

In der Zukunft wollen wir unsere Untersuchungen auf weitere Regenwurm-Arten erweitern, aber vor allem wollen wir Exemplare von gleichen Arten aus verschiedenen Umgebungsverhältnissen untersuchen.

Tabelle 3. Ein Vergleich der aus Fäzes von Hausabfälle-konsumierenden *D. veneta*-Exemplaren isolierte, selektierte und identifizierte 25 repräsentative Streptomyces-Stämme auf Grund der ISP diagnostischen Merkmale und selektierter biochemischer Eigenschaften. (Es wird die Zahl der positiven Stämme angegeben)

| | <i>S. cynogemus</i> | <i>S. omiyensis</i> | <i>S. aburviensis</i> | <i>S. griseoaurum-tlacus</i> | <i>S. melanosporeifaciens</i> | <i>S. nigelus</i> | <i>S. hydrogenans</i> | <i>S. ostrogriseus</i> | <i>S. roseolentus</i> | <i>S. karumyceticus?</i> |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Gesamtzahl der repräsentativen Stämme | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Farbe der Sporen | | | | | | | | | | |
| Gelb | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| Rot | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| Grau | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | — |
| Farbe der Substratmycelium | | | | | | | | | | |
| Gelb-braun | — | 1 | 8 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| G-b+blau,alk.-rot,acid. | — | — | — | 5 | — | — | — | — | — | — |
| Melanoid Pigmente | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Med. 6. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Med. 7. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Sporenkette-Morphologie | | | | | | | | | | |
| Rectus flexibilis | — | 1 | 8 | — | — | — | 1 | 1 | — | 2 |
| Spiral und Ret. apertum | 4 | — | — | 5 | 1 | 1 | — | — | 1 | — |
| Zahl der Sporen in Ketten | | | | | | | | | | |
| <10 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — |
| 10—50 | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — |
| >50 | 4 | 1 | 8 | 5 | — | — | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Sporenoberfläche | | | | | | | | | | |
| Glatt | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Ornamentiert | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Kohlenstoff-Quellen | | | | | | | | | | |
| Rhamnose | 4 | 1 | — | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | — |
| Raffinose | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Xilose | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Arabinose | 4 | — | — | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | — |
| Galaktose | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Mannit | 4 | — | — | 5 | 1 | 1 | — | — | 1 | 2 |
| Inosit | 4 | — | — | 5 | 1 | 1 | — | — | — | — |
| Saccharose | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | — | — |
| Glukose | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Fruktose | 4 | — | — | 5 | 1 | 1 | — | — | — | 2 |

Tabelle 3. Fortsetzung

| | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|
| | <i>S. cynogenus</i> | <i>S. ornithinensis</i> | <i>S. aburviensis</i> | <i>S. griseoaurum-riacus</i> | <i>S. melanosporifaciens</i> | <i>S. nigelus</i> | <i>S. hydrogenans</i> | <i>S. ostrogrzens</i> | <i>S. roseolus</i> | <i>S. karanamyceticus?</i> |
| Gesamtzahl der repräsentativen Stämme | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Antibiotische Aktivität gegen <i>E. coli</i> | 1 | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — |
| <i>B. subtilis</i> | 2 | — | 8 | 4 | — | — | — | 1 | 1 | — |
| Zelluloseabbau | 2 | — | 8 | 4 | — | — | 1 | — | 1 | — |
| Stärkehydrolyse | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | 2 |
| DNA-ase | 1 | 1 | 3 | 1 | — | — | 1 | — | — | 1 |
| RNA-ase | 1 | 1 | 8 | 5 | 1 | — | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tween-60-Abbau | 1 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kaseinase | 4 | 1 | 8 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Tributylin-Abbau | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Urease | 4 | 1 | 8 | 2 | 1 | — | 1 | 1 | 1 | — |
| Xanthin-Abbau | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | 1 |
| Hypoanthin-Abbau | 4 | 1 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Ei-Albumin-Abbau | — | — | 5 | — | — | — | — | — | — | 2 |
| Hypopurat-Abbau | — | — | 4 | 4 | — | — | — | 1 | — | 1 |
| Askulin-Abbau | — | 1 | 8 | 3 | — | — | 1 | 1 | 1 | — |
| H ₂ S-Produktion aus Pepton | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — |
| Wachstum bei 42°C | 4 | — | 7 | 3 | — | — | — | — | — | — |
| Toleranz gegen 60°/10 Min. | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | — | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Wachstum bei pH 10 | 2 | — | 1 | 2 | — | — | — | — | — | 2 |
| Wachstum in 6% NaCl | 4 | 1 | 8 | 5 | — | 1 | — | 1 | — | 2 |
| Citratverwertung | 4 | — | — | 2 | 1 | 1 | — | — | — | 1 |
| Oxalatverwertung | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Resistenz gegen Lysozym | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | 1 | 2 |

Tabelle 4. Ein Vergleich der aus Fäzes von Hausabfälle-konsumierendem *D. horrensis* und *E. eugeniace*-Exemplaren isolierte, selektierte und identifizierte 34 repräsentative *Streptomyces*-Stämme auf Grund der ISP diagnostischen Merkmale und selektierter biochemischer Eigenschaften. (Die Zahl der positiven Stämme wird angegeben)

| | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------|
| | <i>S. abnormans</i> | <i>S. ostreogriseus</i> | <i>S. roseofluvus</i> | <i>S. karomyces</i> | Unbestimmt |
| Gesamtzahl der repräsentativen Stämme | 22 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Farbe der Sporen | | | | | |
| Gelb | — | — | — | 5 | — |
| Rot | — | — | 4 | — | — |
| Grau | 22 | 2 | — | — | 1 |
| Farbe der Substratmycelium Gelb-braun | 22 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Melanoid Pigmente | | | | | |
| Med. 6. | — | — | — | — | — |
| Med. 7. | — | — | — | — | — |
| Sporenkette-Morphologie | 22 | 2 | — | 5 | 1 |
| Rectus flexibilis | — | — | — | — | — |
| Spiral und Rect. apertum | — | — | 4 | — | — |
| Zahl der Sporen in Ketten | | | | | |
| <10 | — | — | — | — | — |
| 10–50 | — | — | — | — | 1 |
| >50 | 22 | 2 | 4 | 5 | — |
| Sporenoberfläche | 22 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Ornamentiert | — | — | — | — | — |
| Kohlenstoff-Quellen | | | | | |
| Rhamnose | — | 2 | — | — | — |
| Raffinose | 22 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Xilose | 22 | 2 | 4 | 5 | — |
| Arabinose | — | 2 | — | — | — |
| Galaktose | 22 | 2 | 4 | 5 | — |
| Mannit | 8 | — | 4 | 5 | 1 |
| Inosit | — | — | — | — | — |
| Saccharose | — | 2 | — | — | — |
| Glukose | 22 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Fruktose | 20 | 2 | 4 | 5 | 1 |

Tabelle 4. Fortsetzung

| | | | | | |
|---|----|---|---|---|------------|
| Gesamtzahl der repräsentativen Stämme | 22 | 2 | 4 | 5 | Unbestimmt |
| Antibiotische Aktivität: gegen <i>E. coli</i> | — | 1 | 1 | 1 | — |
| <i>B. subtilis</i> | 8 | — | 1 | 5 | — |
| Zelluloseabbau | 20 | 2 | 2 | 1 | — |
| Stärkehydrolyse | 20 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| DNA-ase | 14 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| RNA-ase | 19 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Tween-60-Abbau | 20 | 2 | 2 | 5 | 1 |
| Kaseinase | 22 | 2 | 3 | 5 | 1 |
| Tributyryl-Abbau | 21 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Urease | 22 | 2 | 4 | 3 | — |
| Xanthin-Abbau | 21 | 1 | 2 | 5 | 1 |
| Hypoxanthin-Abbau | 20 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| Ei-Albumin-Abbau | 22 | 2 | 1 | 5 | 1 |
| Hyppurat-Abbau | 10 | 1 | 2 | 1 | — |
| Aeskulin-Abbau | 22 | 2 | 3 | 1 | — |
| H ₂ S-Produktion aus Pepton | — | — | — | — | — |
| Wachstum bei 42°C | 2 | — | — | — | — |
| Toleranz gegen 60°/10 Min. | 21 | 2 | 3 | 5 | 1 |
| Wachstum bei pH 10 | 9 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Wachstum in 6% NaCl | 22 | 2 | 3 | 5 | 1 |
| Citratverwertung | 20 | 2 | 2 | 1 | — |
| Oxalatverwertung | — | 1 | — | — | — |
| Resistenz gegen Lysozym | 4 | — | 3 | — | — |

Tabelle 5. Dominierende (mit + bezeichnet) und noch relative häufig vorkommende (mit + in Klammern bezeichnet)
 Streptomyces-Arten im Darm verschiedener Regenwurm-Arten

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|------------|--------------------------|------------------|-----------------|---------------|----------------|------------------|--------------------------|----------------|
| <i>Eisenia lucens</i> | S. olivaceus | S. levoris | S. longisporo- flavus | S. violaceoruber | S. antibioticus | S. lavendulae | S. aburavensis | S. kanamyceticus | S. griseoauran- tacus | S. omiyacensis |
| <i>Octolasion montanum</i> | + | (+) | (+) | | | | | | | |
| <i>Lumbricus polyphemus</i> | + | | | | (+) | | | | | |
| <i>Fitzingeria plat. depressa</i> | (+) | | | + | (+) | | | | | (+) |
| <i>Fitzingeria plat. montana</i> | | | | | | + | | | | |
| <i>Allolobopora rosea</i> | + | | | (+) | | | | | (+) | |
| <i>Dendrobaena veneta</i> | | | | | | | + | | | |
| <i>Dendrobaena hortensis</i> | | | | | | | (+) | + | | |
| <i>Eudrilus eugeniae</i> | | | | | | | | | | |

Zusammenfassung

1. In der Fäzes-Mikrobiota der Laubstreu-konsumierenden *Fitzingeria platyura montana* wurde das Vorhandensein einer grossen *Streptomyces*-Fraktion nachgewiesen, in welcher eine Art — *Streptomyces lavendulae* — absolute Dominanz zeigte.

2. Die Zahl der *Streptomyces* in der Fäzes-Mikrobiota von *Dendrobaena veneta*, *D. hortensis* und *Eudrilus eugeniae*, die sich von Hausabfällen ernährten, war relativ niedriger, obwohl auch bei ihnen nur je eine Strahlenpilz-Art dominierte. Im Fäzes von *D. veneta* und *E. eugeniae* dominierte *Streptomyces aburaviensis*, bei *D. hortensis* *Streptomyces kanamyceticus*.

3. Die artenmässige Zusammensetzung der *Streptomyces*-Gemeinschaften im Fäzes der drei Hausabfälle-konsumierenden Arten zeigte eine sehr grosse Ähnlichkeit, war jedoch fast vollständig abweichend von der der Fallaub-konsumierenden Regenwurm-Art.

4. Ein Vergleich der Zusammensetzung der *Streptomyces*-Fraktionen im Fäzes von *F. p. montana* mit den von anderen früher studierten Laubfall-konsumierenden Regenwürmer (*Octolasion montanum*, *Lumbricus polyphemus* und *Fitzingeria platyura depressa*) zeigt, dass die artenmässige Zusammensetzung sowie selbst die dominierende Art unter anderem von den lokalen Bodenverhältnissen und von der Gross-Mikrobiota des jeweiligen Standortes abhängt.

5. Die *Streptomyces*-Stämme vergleichend, die aus dem Fäzes von *F. p. montana* einerseits und aus denen der drei Hausabfälle-konsumierenden Arten andererseits isoliert und studiert wurden, konnte ein bedeutender Unterschied bezüglich des Zellulose-Abbauvermögens nachgewiesen werden. Die *Streptomyces*-Stämme — unabhängig von deren taxonomischen Positionen — die aus Hausabfälle-fressenden Regenwürmern gewonnen wurden, erwiesen sich meistens als sehr aktive Zellulosezerersetzer. Alle Stämme aus dem Fäzes von *F. p. montana* waren zellulosenegativ.

6. *Streptomyces*-Arten, die stachlige oder haarige Sporen produzieren, sind unfähig sich im Darmtrakt von Regenwürmern zu vermehren. Die Ursache ist unbekannt.

7. Nach unseren bisherigen Beobachtungen dominieren die *Streptomyces* vorherrschend im Darm von Boden- und Laubfall-konsumierenden Regenwürmern. Im frisch gesammelten Fäzes von Hausabfällen-konsumierenden Tieren wurde eine viel grössere Zahl von *Nocardia*- und *Nocardioform*-Actinomyceten nachgewiesen. Es besteht jedoch eine Ausnahme: eine *Nocardioform*-Population wurde von uns früher auch im Fäzes von *Lumbricus polyphemus* nachgewiesen.

SCHRIFTTUM

- BRÜSEWITZ, G., 1959: Untersuchungen über den Einfluss des Regenwurms auf Zahl, Art und Leistungen von Mikroorganismen im Boden. — Arch. Mikrobiol., 33: 52—82. Heidelberg.
- FLACK, F. M. & HARTENSTEIN, R., 1984: Growth of the earthworm *Eisenia foetida* on microorganisms and cellulose. — Soil Biol. Biochem., 16: 491—495. Oxford.
- HÜTTER, R., 1967: Systematik der *Streptomyces*. — Bibl. Microbiol., 6: 1—382. Basel—New York.
- PARLE, J. N., 1963: Micro-organisms in the intestines of earthworms. — J. Gen. Microbiol., 31: 1—11. Reading.
- RAVASZ, K., ZICSI, A., CONTRERAS, E., SZÉLL, V., SZABÓ, I. M., 1986: Über die Darmaktinomyceten-Gemeinschaften einiger Regenwurm-Arten. — Opusc. Zool., 22: 85—102. Budapest.
- SCHÜTZ, W. & FELBER, E., 1956: Welche Mikroorganismen spielen im Regenwurmdarm bei der Bildung von Bodenkrümeln eine Rolle? — Z. f. Acker- und Pflanzenbau, 101: 471—476.
- SZABÓ, I. M., 1974: Microbial communities in a forestrendzina ecosystem. — Akad. Kiadó, 1—415. Budapest.
- SZABÓ, I. M. & MARTON, M., 1976: Evaluation of criteria used in the ISP cooperative description of type strains of *Streptomyces* and *Streptoverticillium*. — Int. J. Syst. Bact., 26: 105—110. Washington.
- SZABÓ, I. M., MARTON, M., BUTI, I. & FERNANDES, C., 1975: A diagnostic key for the identification of "species" of *Streptomyces* and *Streptoverticillium* included in the International *Streptomyces* Project. — Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 21: 387—418. Budapest.