

Besiedlung nachwachsender Rohstoffe durch Flora & Fauna

Andrea LIPS, Christophe JABERG, Gerhard FREI und David DUBOIS, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich
 Auskünfte: Andrea Lips, e-mail: andrea.lips@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 10, Tel. + 41 (0)1 377 72 31

Von 1993 bis 1996 wurde abgeklärt, welche ökologischen Auswirkungen der Anbau nachwachsender Rohstoffe hat. Neben Stoff- und Energiebilanzen wurden erstmals auch Auswirkungen auf die belebte Umwelt berücksichtigt. In Felderhebungen wurde abgeklärt, wie die einheimische Flora und Fauna auf die zum Teil «exotischen» Kulturen reagieren. Dabei zeigte sich, dass der Anbau nachwachsender Rohstoffe weder eine weitere Verarmung der Kulturlandschaft noch eine Erhöhung der Artenvielfalt mit sich bringt.

Als produktionslenkende Massnahme unterstützt der Bund seit 1996 den Anbau nachwachsender Rohstoffe. Neben bekannten Arten wie Raps und Sonnenblumen wurden auch bisher wenig bekannte Kulturpflanzen wie Chinaschilf und Kenaf oder halbvergessene wie Hanf ins Förderungsprogramm aufgenommen. Kritische Stimmen befürchteten, dass der Anbau von «standortfremden» Kulturen wie Chinaschilf und Kenaf zu einem weiteren Rückgang der Artenvielfalt in der ohnehin schon verarmten Agrarlandschaft führen könnte. Auf der anderen Seite erhoffte man sich durch die neuen Kulturen eine Bereicherung der Fruchtfolgen und dadurch eine Erhöhung der Vielfalt der Lebensräume (Habitate). Obwohl nachwachsende Rohstoffe auch in der EU gefördert werden, existierten bisher kaum Untersuchungen über den Einfluss dieser Kulturen auf Flora und Fauna. Deshalb untersuchte die Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau diese Fragestellung in Zusammenarbeit mit dem Zoologischen Institut der Universität Bern.

Vorgehen

Das vollständige Erfassen sämtlicher Pflanzen und Tiere in einer Kultur ist aus zeitlichen und technisch-wissenschaftlichen Gründen nicht möglich. Deshalb wendeten wir in dieser Untersuchung das Prinzip der Indikation (Blab 1988) an. Anhand ausgewählter floristischer und faunistischer Indikatorgruppen wurde versucht, die Qualität des von der Kultur zur Verfügung gestellten Lebensraums zu beschreiben. Wir berücksichtigten die drei Indikatorgruppen Begleitflora (Artenvielfalt), Laufkäfer und epigäische Spinnen (je Ar-

ten- und Individuenzahlen). Die Zusammensetzung der Begleitflora gibt Auskunft über Habitatsigenschaften wie Licht- und Bodenverhältnisse im Bestand, über Intensität der Düngung sowie über die Unkrautbekämpfung in einer Kultur. Die Laufkäfer und Spinnen sind taxonomisch und ökologisch gut erforscht. Sie können mit einfachen und wiederholbaren Methoden gefangen werden. Ihre differenzierte Lebensweise - es gibt zum Beispiel pflanzenfressende und räuberisch lebende Laufkäferarten - und die verschiedenen Habitatansprüche lassen Aussagen über die Vielfältigkeit der Nischen zu, die in einer Kultur zur Verfügung stehen (Luka 1996; Steinborn und Heydemann 1990).

Die drei Indikatorgruppen wurden während drei Jahren auf je acht Parzellen in den nachwachsenden Rohstoffen Faserhanf, Kenaf, Chinaschilf und Raps untersucht. Die Anbautechnik entsprach dem Praxisanbau der Jahre 1993 bis 1996.

Zur Beurteilung der Resultate wurde ein Vergleich mit den herkömmlichen Kulturen Mais und Winterweizen sowie mit verschieden bewirtschafteten Wiesen auf stillgelegtem Ackerland durchgeführt. Die Standorte lagen in Belp (BE), Möhlin (AG), Mägenwil (AG) und Bürglen (TG), in Aesch (BL), Zunzgen (BL), Pratteln (BL), Derendingen (BE), Affoltern am Albis und in Zürich-Reckenholz.

Für die floristischen Aufnahmen wurden in jedem Feld auf einer Fläche von 100 m x 50 m alle Arten bestimmt und auf 10 m² ihr Deckungsgrad erhoben. Die Aufnahmen wurden je nach Anbauzeitpunkt der Kultur ab Mai einmal monatlich bis zur Ernte durchgeführt. Es wurde eine Artenliste aus allen Aufnahmen zusammengestellt. Die faunistischen Parameter wurden

gleichzeitig mit fünf regelmässig im Feld verteilten Insektenfallen (Typ Barber Bodenfallen) erhoben. Eine monatliche Sammelperiode dauerte jeweils zwei Wochen.

Auswertung

Für jede Indikatorgruppe wurden die Artenzahlen in den untersuchten Kulturen mit Einweg-Varianzanalysen verglichen. Als Vergleichsmonat für die faunistischen Indikatoren diente der Juli, in welchem alle Kulturen im Feld vorhanden waren. Die Ähnlichkeit der Kulturen hinsichtlich ihrer Besiedlung durch die drei Indikatoren wurde mit Clusteranalysen im «complete linkage»-Verfahren ermittelt. Für die quantitativen faunistischen Daten wurde eine Ähnlichkeitsmatrix nach Steinhaus benutzt, für die Präsenz/Absenz-Daten der Flora eine Ähnlichkeitsmatrix nach Jaccard (Magurran 1988). Mit Hilfe einer Serie partieller kanonischer Korrespondenzanalysen (Ter Braak 1992; Borcard 1992) wurde der Einfluss der Kultur, des Standortes, des Erhebungsmonats und des Erhebungsjahres auf die Artenzusammensetzung quantifiziert. Dabei konnte die Variabilität der Datensätze den oben genannten Faktoren zugewiesen werden. Mit Monte Carlo-Tests (Borcard *et al.* 1992) wurde jeder Einflussfaktor auf seine Signifikanz hin geprüft (Verdonschot und Ter Braak 1994).

Vielfalt der Begleitflora

Die mittlere Artenzahl der Begleitflora einjähriger Kulturen liegt sowohl in nachwachsenden Rohstoffen als auch in den Vergleichskulturen mit 10 bis 40 Arten im üblichen Bereich von Ackerkulturen. Faserhanf wies eine signifikant artenreichere Begleitflora auf als die anderen Kulturen. In den Maisparzellen wurden die vergleichsweise tiefsten Artenzahlen gemessen (Abb. 1a). Dies ist auf Unterschiede im Entwicklungsverlauf der Kulturen und der Unkrautbekämpfung zurückzuführen. Während in den anderen Kulturen minde-

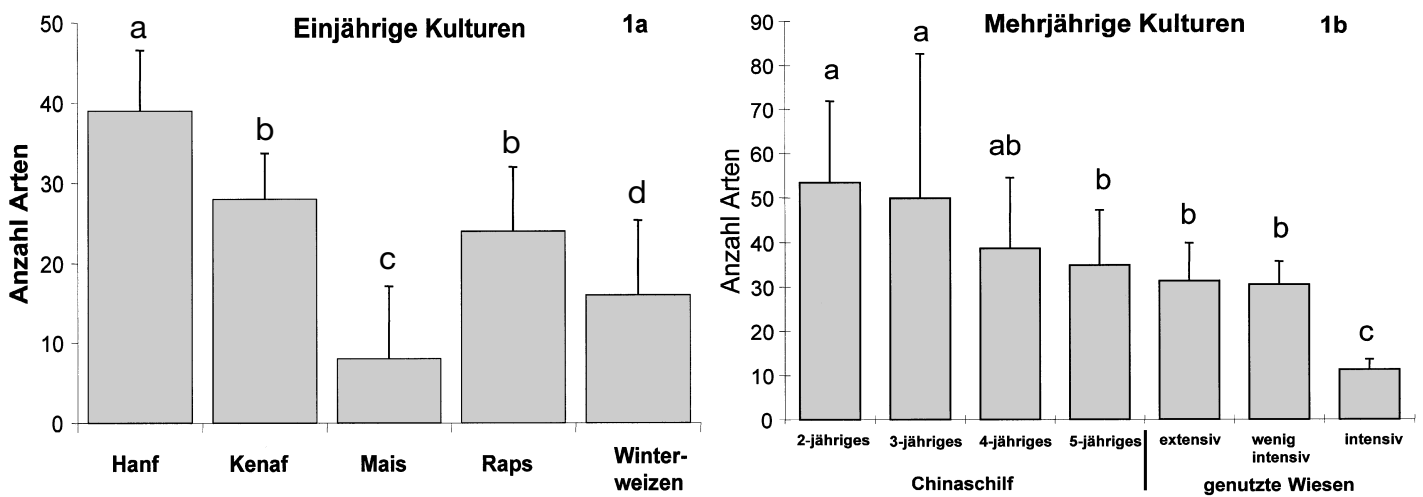


Abb. 1a, b. Anzahl gefundener Arten der Begleitflora in einjährigen (a) und mehrjährigen (b) Kulturen. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung. Pro Kultur wurden acht Felder untersucht.

stens eine Bekämpfung stattfindet, bleibt der Hanf ohne Eingriffe, da die Pflanzen bei der üblichen Saattiefe für Faserhanf den Boden sehr schnell vollständig decken (Abb. 2). In allen untersuchten Parzellen waren die gefundenen Artengemeinschaften Fragmente typischer Ackerkrautgesellschaften und es wurden vor allem häufige Arten gefunden. Nur vereinzelt traten Arten der Roten Liste (Landolt 1991) auf. Es handelte sich um die Kornrade *Agrostemma githago* und das Sumpfruhrkraut *Gnaphalium uliginosum*. Dabei zeigte sich allerdings kein Zusammenhang mit der jeweiligen Kultur sondern eher ein Bezug zum Standort.

Die Varianzanalyse der Begleitflora mehrjähriger Kulturen unterscheidet drei leicht verschiedene Gruppen (Abb. 1b). Die grösste Artenvielfalt findet man in den zwei- bis dreijährigen Chinaschilfkulturen, wobei mit fortschreitendem Alter eine Abnahme der Vielfalt zu beobachten ist. In den ersten Jahren sind die relativ weit auseinander gepflanzten Chinaschilfsetzlinge (1 Pflanze/m²) noch klein und lassen vor allem im Frühling viel Platz für das Aufkommen der Begleitflora. Ausserdem wird die Kultur das ganze Jahr über kaum durch Bewirtschaftungsmassnahmen gestört. Häufig wurden randständige, wenig ertragfähige Standorte für die Pflanzung von Chinaschilf gewählt, weshalb das Potenzial für eine reiche Begleitflora höher war als auf besser intensivierbaren Flächen. Die im Vergleich mit extensiv genutzten Wiesen auf Ackerland höhere Artenzahl kann dadurch erklärt werden, dass sich in jungen Chinaschilfkulturen Mischgesellschaften aus Wiesenarten und Arten der Ackerbegleitflora etablieren. Mit zunehmendem Alter der Bestände verschwinden die vorwiegend einjährigen Arten der Ackerbe-

gleitflora (Loeffel und Nentwig 1997). Arten der Roten Liste (Landolt 1991) wurden nur wenige gefunden. Es waren dies: Kronblattloses Mastkraut *Sagina apetala*, Akkergipskraut *Gypsophila muralis* und Hainsegge *Carex nemorosa*.

Vielfalt der Fauna

Die Vielfalt der Laufkäfer im Untersuchungsmonat Juli war in Raps mit durchschnittlich 17 Arten am höchsten (Abb. 3a). Auch ihre Aktivitätsdichte war in Raps zwei- bis fünfmal höher als in den anderen Kulturen. Dies bestätigt Resultate anderer Autoren über eine vergleichsweise reiche Laufkäferfauna in Raps. Die Vielfalt der Spinnen war in Kunstwiesen und Raps mit 14, sowie in Winterweizen mit 12 Arten am grössten (Abb. 3b). Die Aktivitätsdichte der Spinnen war mit durchschnittlich 900 gefangenen Individuen in Kunstwiesen deutlich am höchsten. Im Chinaschilf war die Vielfalt der Lauf-

käfer und Spinnen im Monat Juli tief. Über die ganze Vegetationsperiode betrachtet zeichnet sich Chinaschilf jedoch als vielfältiges Habitat aus. Es bietet vor allem im Herbst und Winter eine Rückzugsmöglichkeit für die untersuchten faunistischen Gruppen. Die im Frühling gesäten Kulturen Hanf und Kenaf wiesen ähnliche Arten- und Individuenzahlen auf wie die Referenzkulturen.

Welche typischen Arten treten auf?

Ein Teil der Gliederfüsslerarten war in den meisten Kulturen sehr zahlreich. Diese Arten sind Ubiquisten, das heisst sie haben wenig spezifische Ansprüche und/oder ein grosses Verbreitungsvermögen. Bei den Laufkäfer sind dies die Arten *Poecilus cupreus*, *Platynus dorsalis*, *Agonum mülleri* und *Pterostichus melanarius*. Bei den Spinnen handelt es sich um die Arten *Oedothorax apicatus*, *Erigone dentipalpis*,



Abb. 2. Unterschiedliche Anfangsentwicklung in Hanf (links im Bild) und Mais, ein wichtiger Einflussfaktor für Begleitflora und Fauna.

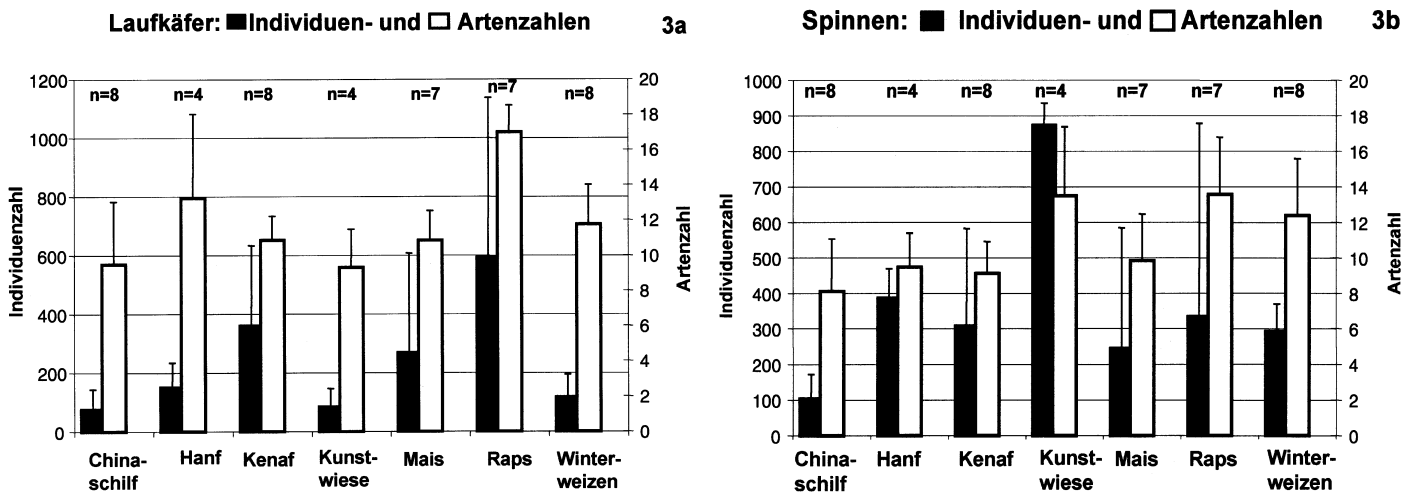


Abb. 3a, b: Anzahl gefundener Laufkäfer- (a) und Spinnenarten (b) und Individuen in den sieben Kulturen im Monat Juli. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung. Die Anzahl untersuchter Parzellen n ist jeweils oberhalb der Säule angegeben.

Erigone atra und *Meioneta*. Letztere sind in fast allen Habitaten vorhanden, weil sie sich über weite Distanzen mit dem Wind verfrachten lassen (Blandenier und Fürst 1998). Diese weitverbreiteten Arten bieten kaum interessante Informationen bezüglich der Ökologie eines Habitats. Mehr Aufschluss liefern seltener vorkommende Arten, welche signifikant an eine der untersuchten Kulturen gebunden sind. Ihre ökologischen Ansprüche geben uns Auskunft über den Lebensraum, den eine Kultur zur Verfügung stellt.

Im Chinaschilf stellten wir eine ganz andere Artengemeinschaft als in den anderen Kulturen fest. So traten zum Beispiel einige Spinnenarten auf, die man sonst eher an Waldrändern, in Hecken und Gehölzen antrifft (*Diplostyla concolor*, *Trochosa terricola*, *Phrurolitus festivus*, *Neriene chlatrata*). Auch die an das Chinaschilf gebundenen Laufkäferarten waren Waldarten wie *Platynus assimilis*, *Carabus nemoralis* und *Nothiophilus palustris*. Dies lässt sich durch die örtliche Situation der Chinaschilffelder erklären, die sehr oft an Waldrändern angepflanzt werden. Zudem entsteht durch den grossen Deckungsgrad der Kultur eine starke Beschattung. Der Raps bietet ebenfalls besondere Bedingungen für Laufkäfer. Neben der höchsten Artenzahl und hohen Individuenzahlen werden in Raps auch seltenere Arten wie *Amara simulata* und *Amara ovata* mit grossen Abundanzen gefunden. Diese Arten ernähren sich ausschliesslich von Kreuzblütlern, sei es von Raps selbst oder zum Beispiel von Hirtentäschchen *Capsella bursa-pastoris*, einer häufigen Begleitart in dieser Kultur (Derron und Goy 1996). Zusammen mit den pflanzenfressenden Arten findet man im Raps auch noch einige licht- und wärmeliebende Ar-

ten, die die unbedeckten Stellen zwischen der Vegetation bevorzugen (*Harpalus destinguendus* und *Brachinus explodeus*). Die Artengemeinschaften in Hanf, Kenaf und Mais lassen sich nicht klar voneinander abgrenzen. Man findet hauptsächlich Arten, die keine speziellen Ansprüche an das Habitat stellen, ausser dass sie waldähnliche Umgebungen meiden.

Artenzusammensetzung unterschiedlicher Kulturen

Um die neueren Kulturen einzuschätzen, war es wichtig, die mengenmässige Zusammensetzung der Populationen in den verschiedenen Kulturen zu vergleichen. Diese mittels Clusteranalyse ermittelten Vergleiche sind in den Abbildungen 4a-c in Form von Dendrogrammen dargestellt. Zusätzlich wurde bei dieser Analyse die Kultur Zuckerrübe miteinbezogen.

Ein solches Dendogramm ist wie ein Stammbaum zu lesen. Je näher zwei Glieder nebeneinander zu liegen kommen, desto ähnlicher sind sie sich in der mengenmässigen Artenzusammensetzung. Die horizontale Achse gibt die berechnete Distanz an. Ein Wert von eins bedeutet, dass keine Gemeinsamkeit zwischen den untersuchten Artengemeinschaften zweier Kulturen besteht.

Bei der Flora trennen sich erwartungsgemäss zuerst die verschiedenen Wiesentypen von den übrigen Kulturen ab (Abb. 4a). Die gefundenen Pflanzen entsprechen zwei völlig verschiedenen Gesellschaftstypen. Die einen sind typische Wiesengesellschaften mit fast ausschliesslich mehrjährigen Arten, die anderen sind Fragmente von Ackerunkrautgesellschaften. Die Wiesen bilden dann wiederum zwei Gruppen. Die eine enthält die extensiv und

wenig intensiv genutzten, die zweite die intensiv genutzten Wiesentypen. Bei letzteren findet die Trennung auf einem Distanzniveau von 0,45 statt. Dies bedeutet, dass die beiden intensiv genutzten Wiesentypen unterschiedlicher zusammengesetzt sind als die extensiveren Nutzungstypen, die sich bereits bei 0,3 relativer Distanz aufteilen. Beim Zweig der Ackerkulturen bilden sich verschiedene Untergruppen. Zuerst spaltet sich, durch die Bewirtschaftung bedingt das mehrjährige Chinaschilf von den einjährigen Kulturen ab. Bei den einjährigen Kulturen erkennt man eine weitere Aufteilung in Winter- (Raps und Winterweizen) und Sommerkulturen (Mais, Hanf und Kenaf). Die Unterschiede hinsichtlich Zusammensetzung der Begleitflora der Ackerkulturen lassen sich damit weitgehend durch den Einfluss von Anlagedauer und Saatzeitpunkt der Kultur erklären.

Relativ ähnlich sehen die Dendogramme der anderen beiden Indikatoren aus. Bei den Laufkäfern trennen sich ebenfalls zuerst die Wiesen von den Ackerkulturen, dann aber zeigt sich ein leicht anderer Verlauf der Stammbaumlinien als bei der Vegetation (Abb 4b). Der Einfluss des Saattermins scheint grösser zu sein als derjenige der Anlagedauer. Dies lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass die im Boden lebenden Laufkäferlarven sehr empfindlich auf Bodenbearbeitung sind. Deshalb ist es nicht erstaunlich, dass diejenigen Kulturen ähnliche Arten beherbergen, in welchen die Bodenbearbeitung ungefähr zum gleichen Zeitpunkt stattfindet. Auch Unterschiede im Verlauf der Beschattung mögen dazu beitragen.

Bei den Spinnen unterscheidet sich das Chinaschilf deutlich von den anderen Kulturen (Abb 4c). Dies hängt mit dessen

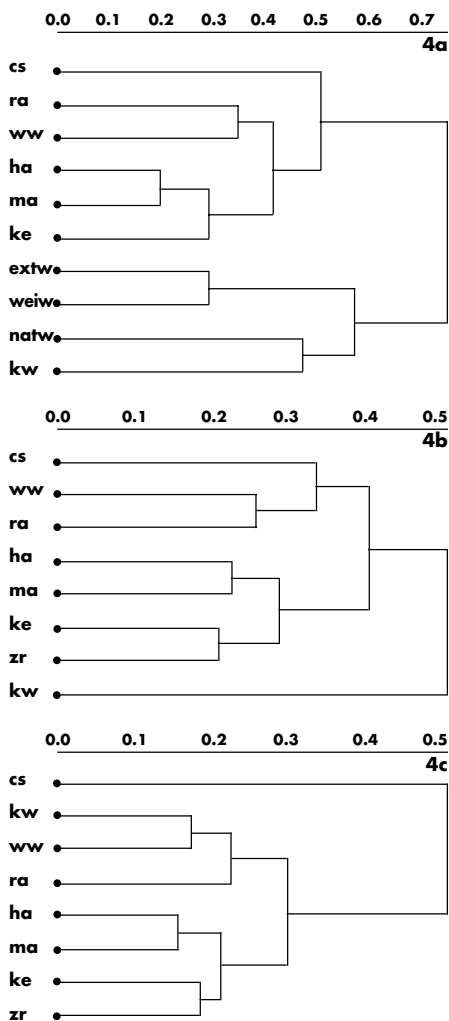


Abb. 4a, b, c. Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung in den untersuchten Kulturen. Dendrogramme einer Clusteranalyse, die auf der Basis einer Ähnlichkeitsmatrix (Jaccard-Index und Steinhaus-Index) zwischen den Kulturen für die Begleitflora (a), die Laufkäfer (b) und die bodenlebenden Spinnen (c) durchgeführt wurde. (cs = Chinaschilf, kw = Kunstwiese, ww = Winterweizen, ra = Raps, ha = Hanf, ma = Mais, ke = Kenaf, zr = Zuckerrübe, extw = extensive Wiese, weiw = wenig extensive Wiese, natw = Naturwiese). Je näher zwei Glieder nebeneinander zu liegen kommen, desto ähnlicher sind sie sich in der mengenmässigen Artenzusammensetzung.

speziellen Vegetationsstruktur zusammen. Chinaschilfkulturen besitzen eine Mulchdecke und sehr grosse Horste. Damit ergibt sich für die Spinnen eine ganz andere räumliche und mikroklimatische Struktur als in anderen Kulturen. Die Winterkulturen Raps und Winterweizen bilden mit den Kunstwiesen eine Gruppe und die drei Sommerkulturen eine andere.

Einfluss der Kultur und anderer Faktoren

Mit einer Serie partieller kanonischer Korrespondenzanalysen und Monte Carlo-Tests wurde quantifiziert, wie gross der Einfluss der jeweils angebauten Kultur,

des Standorts, des Erhebungsmonats und -jahres auf die Artenzusammensetzung ist. Für alle drei Gruppen hat sich klar gezeigt, dass der Einfluss der Kultur sowie des Standortes am grössten ist. Er liegt für beide Faktoren zwischen 11 bis 14 %. Die Wirkung des Erhebungsjahres ist vernachlässigbar gering und der Beprobungsmonat hat vor allem auf die faunistischen Parameter einen Einfluss.

Fazit

Die floristische Vielfalt in den untersuchten Kulturen ist primär abhängig von der Bewirtschaftung, besonders von der Art der Unkrautbekämpfung sowie dem Wachstumsverlauf der Kultur. Deshalb kann eine vielfältige Begleitflora eher durch eine extensivere Bewirtschaftung als durch den Anbau eines speziellen nachwachsenden Rohstoffs erreicht werden. Gerade Faserhanf und junges Chinaschilf scheinen aufgrund ihrer Wachstumseigenschaften besonders geeignet für eine solche extensive Bewirtschaftung zu sein. Die Bewertung der Kulturen mit Hilfe der Indikatorgruppen Laufkäfer und bodenlebende Spinnen ist aufgrund der zeitlichen Dynamik der Populationen stark vom untersuchten Zeitraum abhängig. Im Hochsommer lässt sich feststellen, dass Raps als nachwachsender Rohstoff sowohl für Laufkäfer als auch für bodenlebende Spinnen einen interessanten Lebensraum darstellt. Dies gilt allerdings nur unter der Bedingung, dass der Hilfsstoffeinsatz im Rapsanbau gering bleibt. Hohe Aktivitätsdichten wurden im Juli auch in Kunstwiesen beobachtet. Ansonst unterschieden sich die zu vergleichenden Kulturen wenig. Bei ganzjähriger Betrachtung muss Chinaschilf favorisiert werden, da es für Laufkäfer und Spinnen auch dann noch einen geeigneten Lebensraum bietet, wenn alle anderen Kulturen abgeerntet sind.

Die Analyse der mengenmässigen Artenzusammensetzung ergab für alle drei Indikatorgruppen eine deutliche Auftrennung in mehr- und einjährige Kulturen sowie eine klare Trennung von Sommer- und Winterkulturen. Innerhalb dieser Gruppen bedeutet der Anbau nachwachsender Rohstoffe weder eine weitere Verarmung der Kulturlandschaft noch eine Erhöhung der Artenvielfalt.

LITERATUR

Eine vollständige Literaturliste ist bei der Autorin oder den Autoren erhältlich.

RÉSUMÉ

Flore et faune dans les matières premières renouvelables

De 1993 à 1996 nous avons étudié les trois indicateurs flore adventice, carabes et araignées dans les matières premières renouvelables chanvre, kenaf, colza et roseau de Chine. Afin d'apprécier les résultats, des cultures de référence (différents types de prairies sur terres assolées gelées, blé d'hiver et maïs) ont été considérées dans l'étude.

Le nombre d'espèces et le taux de recouvrement des espèces adventices les plus élevés ont été observés dans le chanvre et le roseau de Chine de 2-3 ans. Pour les indicateurs fauniques, en particulier pour les carabes, le colza s'est révélé être la culture la plus intéressante. Mais une grande densité d'activité des araignées a également été observée dans les prairies artificielles.

Les analyses de la composition quantitative en espèces des trois indicateurs étudiés ont montré une différenciation entre les cultures pérennes et les cultures annuelles, de même qu'entre les cultures d'été et celles d'hiver. Il semble que pour les trois indicateurs, la durée de la culture et le moment du semis soient décisifs. L'analyse de l'influence du type de culture, du lieu, du mois d'observation et de l'année d'étude sur la composition en espèces des indicateurs utilisés a révélé que le lieu et le type de culture avaient distinctement un plus grand impact que les paramètres temporels.

SUMMARY

Flora and Fauna in industrial crops

In a three year project segetal plants, ground beetles and spiders were studied for their presence in fields of industrial crops, fibre hemp, kenaf, oilseed rape, and miscanthus. To compare the results reference cultures (different meadow types on arable land, winter wheat and maize) were also integrated into the study. The aim of the project was to explain the effects of these partially unknown cultures on the flora and fauna.

The highest number and coverage of segetal flora was found in fibre hemp and miscanthus fields of 2-3 years. Concerning faunistic indicators, in particular ground beetles, oilseed rape appeared to be the most interesting culture. Nevertheless high densities of activity of soil bound spiders were also found in artificial meadows. The analysis of the quantitative composition of species of the three chosen parameters showed a difference between annual and perennial crops as well as a clear difference between summer and winter cultures. Therefore the length of presence as well as the date of sowing appear to be decisive factors for all three groups of organisms. An analysis of the influence of the culture, the location, the month of the data collection and the year of the data collection on the species composition of the chosen parameters shows that the influence of location and culture is significantly higher than the influence of temporal parameters.

KEY WORDS: energy and row material crops, ecology, biodiversity, beetles, spiders, segetal plants