果樹作を中心とした被覆不耕起栽培の評価

第2報 雑草植生および土壌動物相

山岸主門*・弦間 洋**

Assessment of a No-tillage and Mulching Farming System Incorporated with Fruit Cropping

(2) Weed Vegetation and Soil Fauna

Kazuto YAMAGISHI* and Hiroshi GEMMA**

1 緒 言

今後のわが国の農業は一部の専業農家による大規模な最大生産の方向と、小農による小規模な適量生産の方向とにさらに大きく二極化していくことが予想される。前報²²⁾では、比較的后者に適した作付体系のひとつとして、「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」を提示し、被覆不耕起栽培の生育量・収量面における有効性を土壌の物理・化学性との関連から考えた。

これからの農業の評価の際には、この生産性という「ものさし」に加えて、食品の安全性や自然・社会的環境の保全等の様々な公益的機能の側面からも評価する必要があると思われる¹³⁾。とくに耕作放棄地の増加が懸念される中山間地域の農業や、都市近郊の小規模な自給的農業では、より多面的に農業の役割を検討することが望まれる。その中で筆者は、農地の有する環境保全機能に注目し、さらに適切なバランスで生物相を保持することが、持続的な作物再生産を可能にすると考えた。

今日の農学研究では、作物・栽培学と有害生物を管理する作物保護学がそれぞれ別個に研究が進められてきたことが多かったように思われる。しかし農

生態系内の生物社会が、作物に加えて様々な動植物で構成されている以上、人間と作物の共生関係を考える上で、生物社会全体の構造や機能を理解する必要がある⁷⁾。

また農生態系の中で作物以外の動植物は農耕の歴史の中で人間と敵対する害虫・害草として捉えられることが多く、作物生産とともに多様な虫や草の生息環境を積極的に創出し、それらを調和させようとする視点は少ない。例えば雑草草生の果樹園の雑草管理においても、園地の熟畑化を促し、下草群落を良質の管理し易い種構成に維持することを前提とし^{8,17)}、あくまでも人間にとって都合の良い、人間中心の生物社会としての捉え方が一般的である。さらに環境問題のうち不適切な資源利用や環境汚染の重要性については社会的な認識も深まっているが、人為的攪乱の増大により帰化生物が侵入し、生態系の一員として定着することの問題については直接人の命や健康にかかわることではないため、認識が極めて乏しい²⁰⁾。

本試験は、農地への人為的な働きかけが、生物社会の構成にどのような影響を及ぼすかについて検討するために、数種の被覆および耕うん法の試験区を設定した。そしてまず、生物相の概要を把握するた

平成7年9月15日 受理

*島根大学生物資源科学部 〒690-11 島根県松江市上本庄町2059

Faculty of Life and Environmental Science, University of Shimane, Matsue, Shimane 690-11

**筑波大学農林学系 〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305

め、雑草植生と土壤動物相を取上げ、それらの種構成に及ぼす被覆および耕うん法の影響を調査し、また雑草植生についてはその季節性や種の多様性、帰化率についても注目した。

2 試験方法

1) 供試圃場の土壌とその開設：筑波大学農林技術センター内の面積21aの平坦地を供試した。土壌は火山灰土壌で土性は重塩土(HC)である。約10年間ツバキ・ツツジ等の花木見本園だったこの土地は、年数回の下草の刈取りが行われていた比較的粗放管理の状態だった。ここを1991年1月、パワーショベルにより既存の花木樹を抜根し、その後を整地し、前報に示すように、同年2月にウメとカキを2品種ずつ、350cm×175cmで栽植した。

2) 試験区の設定：表1に示すように、前報²²⁾同様、被覆および耕うん法の異なる試験区、①鋤込み耕起区(IRT)区、②被覆不耕起区(MNT)区、③クローバ草生(CS)区、④雑草草生(WS)区、⑤多被覆耕起(MMRT)区、⑥多被覆不耕起(MMNT)区を設置した。さらに本報では上記の6試験区に加えて、MMRT区とMMNT区に有機物を投入した、供試圃場に隣接するアカマツ・コナラの雑木林の林床を⑦隣接雑木林(AG)区として設けた。表2に示すように、IRT区とMMRT区の樹間を毎年7月上旬と10月下旬にロータリ耕し、IRT区、MNT区、MMRT区およびMMNT区の樹間には各種間作作物の作付を実施した。なお、試験区の配置を図1に示すが、試験区間の境界に、特別な障壁は設けなかった。また各試験区の面積はMMRT区とMMNT

表1 各試験区の概要説明

試験区名		処理方法			面積	設定開始
		被 覆	耕うん	作物栽培		
鋤込み耕起	IRT	無 被 覆	耕 起	条播栽培	1.4a	1991年4月
被覆不耕起	MNT	普通量被覆	不耕起	条播栽培	1.4a	1991年4月
クローバ草生	CS	普通量被覆	不耕起	散播栽培	1.4a	1991年4月
雑草草生	WS	普通量被覆	不耕起	無栽培	1.4a	1991年4月
多被覆耕起	MMRT	多量被覆	耕 起	条播栽培	0.7a	1993年10月
多被覆不耕起	MMNT	多量被覆	不耕起	条播栽培	0.7a	1993年10月
隣接雑木林	AG	普通量被覆	不耕起	無栽培	1.4a	1993年10月

被覆処理：普通被覆は作物・雑草を刈敷き、被覆した状態で、無被覆は耕うん時にその植物残差を鋤込み、さらに多量被覆はAG区の林床有機物を毎年12月に300kg/10a投入した。

耕うん処理：耕深15cm、果樹栽植列約60cm分は除く。

作物栽培：条播栽培は基本的に樹間350cm内に4条、条間60cmでイネ・マメ科の作物を中心に作付けた。散播栽培はクローバ2品種を適宜混播した。

MMRT・MMNT区は1993年10月以前はMNT区と同様な管理を行っていた。

表2 ウメ・カキ樹間内における主な間作作物の栽培期間(1991～1995年)

	2作目	3作目	4作目	5作目	6作目	7作目	8作目	9作目
作付作物	クロタリア	ライムギ	セスバニア	エンバク	クロタリア	ライムギ クリムソンクローバ	ヒマワリ マリーゴールド	エンバク コムギ
耕うん日	91.07.08	91.10.29	92.07.06	92.11.04	93.07.08	93.10.21	94.07.04	94.10.24
播種日	91.07.19	91.11.05	92.07.28	92.11.09	93.07.17	93.10.27	94.07.13	94.11.08
収穫日	91.10.10	92.06.12	92.10.28	93.06.22	93.10.13	94.06.16	94.09.21	95.06.19

耕うんはIRT(鋤込み耕起)区とMMRT(多被覆耕起)区のみ行った。

7作目以降は、350cmの樹間内に2種類の作物を同時に2条ずつ作付けた。

つまり、ウメ65エンバク60エンバク100コムギ60コムギ65カキ(数値は畝間を表す；cm)のような作付様式とした。

図1 被覆および耕うん法試験区の配置

○：‘白加賀’，●：‘梅郷’，△：‘富有’，▲：‘平核無’

□：耕うん処理

MMRT区とMMNT区は7×10m，他の試験区は14×10m，AG区は試験圃場の西方約10mの場所に位置する。

区は0.7aで他の5区は1.4aとし，AG区以外の試験区にはウメ・カキ計4品種が6樹ずつ含むようにした。

3) 栽培管理：果樹の栽植直後の1991年3月に，圃場全面に鶏糞主体の有機質肥料540kg/10aおよび粉末状の農業用炭素（(株)エレクトロン）200kg/10aを散布した。それ以後は無施肥，無農薬，無せん定で管理した。

雑草管理は，間作作物を作付した試験区では，開設当年のみ適宜丁寧な抜根除草を行い，雑草量の減少に努めた。翌1992年以降は間作作物の刈敷きと同時に，6月下旬と10月中旬の年2回の刈取りを実施し，間作作物栽培期間中は一切除草は行わなかった。刈取りはCS区とWS区は通常の草生果樹園で使われるハンマーナイフモアを，またIRT区も細断して鋤込みしやすくするために同機種を使用した。一方，刈敷き被覆MNT区，MMRT区およびMMNT区は肩掛式刈払い機の使用とした。ただし，樹の周囲半径約50cmの部分は，果樹との競合を避けるため，月に1回程度，手鎌で刈取りを行った。

4) 測定項目

(1) 雑草群落：植生調査は1992年5月から1995

年6月までの期間中，基本的に，春：5月上旬，夏：6月下旬（冬作物刈取り前），秋：9月中旬（夏作物刈取り前）および冬：12月下旬の年4回実施した。各試験区に1m×1mの方形枠を5個設置し，全出現種およびその草丈と被度を測定記録した。調査枠の設置方法は，全試験区について，樹の中心部からの距離が50cm以上離れるようにし，かつ間作作物の作付のあるIRT区，MNT区，MMRT区およびMMNT区では，その平均的に生育している間作作物の作付条が枠内に1条含むように配慮した。またCS区はクローバの，WS区は優占種の生育が平均的なところを選択したが，この両区については群落の相観により，その均質程度の低かった調査時には，ばらつきをなくす意味で調査枠を10個とした。

くわえて1995年6月にはコムギ生育量と雑草量の計測のため，50cm×50cmの方形枠を各試験区3個ずつ設け，地上部だけの乾物量を測定した。

(2) 土壤動物相：調査は1993年5月から1995年5月までの期間中，春：5月上旬，夏：7月下旬，秋：9月下旬および冬：12月下旬の年4回実施した。各試験区に50cm×50cmの方形枠3個ずつを，上記の雑草群落の調査と同様な点を配慮して設置した。そしてまず予備調査として，深度による土壤動物の存在位置をみるために，1993年5月のMNT区および1995年1月のMMNT区において，植物残渣および地表から4cmまで，1cmごとの層別に調査した。その結果をもとに以後の定期調査では，地表から1cm部分の土壌およびIRT区以外の区は植物残渣も採取し，シートの上に広げ，ハンドソーティング法で目の単位を基準にして種類ごとに個体数を計測した²¹⁾。調査対象とする土壤動物は体長2mm以上の大形土壤動物と限定した。ただし，採集に抽出装置を必要とするトビムシ目とグニ目は体長2mm以上であっても除外し，また，生活形などを考慮して一部は目以上の分類を用いた。なお，調査枠の設置場所は毎回異なる場所を選び，また雨天後2日間は調査を避けた。

3 結果および考察

1) 雑草植生

(1) 雑草乾物重および積算優占度による植生の概観：試験終了時の1995年6月における被覆および耕うん法の相違が草丈と積算優占度¹⁾（以下SDR）および雑草乾物重へ及ぼす影響を表3に示した。

表3 被覆および耕うん法の相違が主な雑草の草丈と SDR へ及ぼす影響 (1995年6月下旬)

科名	生活環	種名	IRT		MNT		MMRT		MMNT		CS		WS	
			草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR	草丈 (cm)	SDR
キク	多年	ヨモギ	12	8	43	84	12	17	40	47	44	48	22	27
	多年	ハルジョオン			63	64			52	48	65	67	53	42
	2年	ヒメジョオン			25	38			17	7	61	61	101	81
	多年	セイヨウタンポポ			17	27			30	50	26	18	14	16
	多年	セイタカアワダチソウ			29	9					79	73	74	91
ユリ	多年	ツルボ	13	42	18	68					24	50	19	44
マメ	2年	クリムソクローバ	9	40	24	60	3	23	12	37	46	70		
	多年	ムラサキツメクサ							52	10	69	96	65	13
イネ	1年	メヒシバ	4	40	5	25	9	37	3	38	2	32	4	17
	2年	ライムギ			117	50	96	48	155	71				
	多年	チガヤ			36	10	44	11			57	62	39	39
	1年	ケチヂミザサ					7	40	8	15				
	多年	メリケンカルカヤ											24	61
イネ	2年	コムギ	65	100	80	100	74	100	86	85				
ヒルガオ	多年	コヒルガオ	19	29	35	31					34	51	21	34
アカバナ	2年	アレチマツヨイグサ	5	23	88	53	11	42	78	57	78	82	82	69
ナデシコ	2年	オランダミナグサ			22	9					25	48	17	32
ゴマノハグサ	2年	タチイヌノフグリ			8	8					17	8	31	42
バラ	多年	ヘビイチゴ			4	7	6	8	8	8	14	16	22	44
総出現種数			8科	9種	11科	26種	9科	12種	8科	17種	12科	19種	13科	25種
雑草地上部乾物重			3 ± 1		65 ± 9		1 ± 0		33 ± 8		368 ± 40		243 ± 15	
コムギ地上部乾物重 (kg/10a)			110 ± 21		182 ± 27		234 ± 29		324 ± 22					

SDR (積算優占度) : 雑草の種類組成とその順位関係を示す度数。各草種ごとに草丈、被度および頻度の最高値に対する相対値を求め、次の式で表わした。 $SDR = (草丈相対値 + 被度相対値 + 頻度相対値) / 3$ 。空欄は雑草が出現しなかったことを示す。

アンダーライン : 前年秋に播種したもの。

地上部乾物重の値 : 各数値は平均値 ± S.E.。また CS 区の雑草乾物重にはクローバ類の乾物重も含む。

SDR の算出には作付作物 (コムギ) も含め、ここでは40以上の値を6試験区中、1区でも獲得した雑草種を代表して記した。まず10a当たりの雑草の地上部乾物重をみると、IRT区が3 kg、MMRT区が1 kgと他試験区に比べて極端に低かった。またIRT区よりMMRT区が少なく、MNT区よりMMNT区が少なかったことから、投入した林床有機物の被覆による雑草抑制効果と耕うんによる抑制効果が認められた。さらに不耕起管理であるMNT区・MMNT区とWS区との比較では、明らかにムギ類等の作付と林床有機物の被覆という人為的な働きかけを数年間継続したMNT区・MMNT区が雑草量を減少させた。穀粒収量とはほぼ同様な傾向を示した

コムギの地上部乾物重について、雑草と併せて考えると、IRT区とMNT区、MMRT区とMMNT区の各々の比較から、不耕起であるMNT区とMMNT区は耕うん処理区に対して、雑草量とコムギ生育量とも明らかに多い結果となった。

以上のような各試験期間の量的な相違に加えて、SDRで雑草の種類組成とその順位関係をつぎにみた。まず全6試験区すべてに出現した草種は、ヨモギ、メヒシバおよびアレチマツヨイグサの3種で、これらはみな未熟畑から熟畑にわたって広く優占する種であり¹⁶⁾、土壌管理法の影響も受けにくいことが考えられた。しかし、ヨモギのSDRはIRT区で8、MMRT区で17を示し、他の4試験区に比べて低

表4 被覆および耕うん法の相違が主な雑草の SDR へ及ぼす影響（1992～1994年）

	科名	生活環	種名	IRT	MNT	WS
				'92 '93 '94	'92 '93 '94	'92 '93 '94
5月 下旬	キク	多年	ヨモギ	4	15 37 55	17 28 26
		多年	オニタビラコ	7	17 20 36	17 12 12
		多年	ハルジョオン		30 25 44	100 88 71
		多年	セイタカアワダチソウ		13 8 23	48 90 66
		2年	ヒメジョオン		23 43	36 64 50
		2年	ハハコグサ		13 8 15	47 17 8
	ユリ	多年	ツルボ	42 43 41	13 45 47	75 47 58
	ヒルガオ	多年	コヒルガオ	12 25 27	8 25	44 50 42
	アカバナ	2年	アレチマツヨイグサ		21 25	75 9 92
9月 中旬	キク	多年	ヨモギ	20 19	16 37 41	18 27 21
		2年	ヒメジョオン		43 31	40 59 11
		多年	セイタカアワダチソウ		8 9 18	62 93 93
	ユリ	多年	ツルボ	17 38	42 49	27 57 49
	ヒルガオ	多年	コヒルガオ	13 23 21	12 15	15 17 30
	マメ	1年	セスバニア	29	39 34	
	アカバナ	2年	アレチマツヨイグサ	13 8	11 7	50 65 49
	トウダイグサ	1年	コニシキソウ	35 17	18 31	19 24
	イネ	1年	メヒシバ	81 68 87	73 63 90	54 51 68
		多年	メリケンカルカヤ			80 84 78
12月 下旬	キク	多年	ヨモギ	8 8	26 25 28	7 16 28
		多年	ハルジョオン		18 40 42	26 28 48
		多年	セイヨウタンポポ		15 33 17	27 43 10
	マメ	2年	クリムソクローバ	17	42	
	アカバナ	2年	アレチマツヨイグサ		4 16	83 36
	ゴマノハグサ	2年	タチイヌノフグリ		8 25	24 12 37
	ナデシコ	2年	オランダミミナグサ			46 24 47

い値だった。同様に、この両区は草丈も低く、この傾向はアレチマツヨイグサでもみられた。

さらに耕うん処理した IRT 区と MMRT 区では、共通してヨモギ以外のキク科の 2・多年生雑草が姿を消した。これらハルジョオンやヒメジョオン等は他の 4 試験区では比較的優占していたことから、とくに 10 月下旬の耕うんによってキク科の 2・多年生雑草の栄養繁殖器官が地表面に露出し、冬季の低温や乾燥で死滅したことが予想される。また MMRT 区と MMNT 区で確認されたケチヂミザサは AG 区の優占種であり、投入した林床有機物に種子が混入していたことが考えられた。

つづいて各出現雑草種について、1992 年から 3 年間の春、秋および冬季の IRT 区、MNT 区および WS 区の SDR の結果を表 4 に示した。まず各試験

区および季節ごとに主要雑草植生は、3 年間を通じて全般的に安定していた。通年観察された草種はヨモギとアレチマツヨイグサで、この 2 種は開設前から圃場全体にわたって優占種だった。

つぎに IRT 区については、冬季から夏季間では栄養繁殖の旺盛な多年生雑草、つまり、りん茎で繁殖するツルボと根茎片で繁殖するヨモギおよびコヒルガオが優占した。これらの地下器官は、ロータリ耕うんによって切断され、しかもその栄養繁殖体の拡散が助長されたと考えられる。一方、夏季から秋季の IRT 区は、1 年生雑草のメヒシバやコニシキソウも出現し、とくにメヒシバは秋季には最優占種だった。

つづいて各季節ごとに MNT 区と WS 区をみると、MNT 区には、92 年夏作セスバニアと 93 年冬作ク

リムソクローバから雑草化したと思われる自生種がみられたが、それ以外は全体的に両区の出現種は、そのSDRの大小に相違はあるものの、よく類似しており、とくに根茎や横走根の発達した多年生雑草が多いことがわかった。これらの多年生雑草の多くはチガヤやヘビイチゴ、チドメグサ等、一般的に原野や開墾地に多くみられる草種であり、全体的に未熟畑で優占するものが主要草種だと考えられた^{14),16)}。ただしこの両試験区では熟畑化に伴って現われるとされるノミノフスマやコハコベ、ホトケノザ、エノキグサ、ツユクサ等の1・2年生雑草がSDRが低いものの次第に出現を始め、4年間で草種の変遷が確認された。

(2) 出現種数と被度：SDRは各試験区についての植生の特徴を表すものであり、個々の雑草種のSDRを他の試験区と直接比較するのは適当でない。そこで雑草群落の出現種数と被度をここでは取り上げて考察する。まず図2に出現種数の経時的变化を生活環別に示した。全体的に冬季の出現種数が全試験区で共通して少なかったが、他の季節では一定の

傾向はみられなかった。試験区別では、明らかにIRT区とMMRT区の出現種数が少なく、とくにIRT区は各季節ごとに年々減少傾向が伺えた。以下順にMMNT区、CS区と続き、MNT区とWS区の出現種数が一番多く、25種以上を示す場合もあった。生活環については、1年生雑草に対して2・多年生雑草の割合が全試験区を通じて高く、とくに多年生雑草は全体の50%以上を占めることも多く、熟畑では30%以内とされている多年生雑草の割合をはるかに上回っていた¹⁶⁾。また、MNT区、CS区およびWS区においては、春季の2年生雑草が約10種、秋季の1年生雑草が5種前後発生しており、季節相を特徴づける種³⁾が比較的多く季節変化がより明瞭であるように思われた。

つづいて雑草に加えて作物も含めた被度の経時的变化を生活環別に図3に示した。全般的に季節間の特徴として、冬季が一番少なく、以下春、夏、秋季の順に被度は高くなり、その傾向は刈取り管理だけのWS区において4年間を通してよく現われていた。また出現種数でみた場合と同様に、被度につい

図2 被覆および耕うん法の相違が出現雑草種数へ及ぼす影響

(1992～1995年) N.D.: 調査記録なし。

図3 被覆および耕うん法の相違が作物と雑草の被度へ及ぼす影響 (1992～1995年) N.D.; 調査記録なし。作物の被度についてはIRT・MNT・MMRT・MMNT区はイネ・マメ科作物の、CS区はクローバの被度をそれぞれ示す。WS区は樹間内の作物栽培を行っていない。

でも多年生雑草の割合は比較的高かった。しかしWS区の多年生雑草は50%前後の被度を示したのに対し、作付作物の存在する他の試験区では作物の占める被度の分だけ相対的に多年生雑草の被度は減少した。例えばCS区は、クローバの被度が50%以上を占め、全体の被度がほぼ100%に達することの多い被覆度の高かった区だが、多年生雑草の被度は常に20%前後に抑えられた。IRT区とMMRT区は極端に雑草被度が少なく、その傾向は出現種数以上によく現れており、耕うんすると、たとえ数種の雑草が出現しても、大きく優占はしないことがわかった。また多被覆による雑草抑制効果をみるためにMNT区とMMNT区を比較すると、明らかにMMNT区の雑草被度は減少したが、依然として20%前後の被度を占めていた。作付作物の条列近くに発生する雑草の抑制は難しいにしても、その畝間におけるより高い抑草効果を期待するには、さらに投入被覆物量を増加し、被覆の厚みを増す必要があるであろう。

以上のように、耕うんや作物の栽培、そして被覆物の導入といった人為的な働きかけの程度が大きいほど、雑草被度は減少することが考えられた。

(3) SDRとその順位との関係からみた雑草群落の多様性：一般に、重要度、ここではSDRとその順位との関係から植物群落の多様性の評価ができる。IRT区、MNT区およびWS区におけるSDRとその順位との関係を、秋季および春季の代表として1994年9月と1995年5月について図4に示した。まずWS区は出現種数が多く、また少数種が極端に優占することなく、緩やかな傾きをもつ直線上に配置しており、生態的なニッチが比較的近接しているため、多様性の高い群落だと判断される。一方、IRT区は出現種数が少なく、SDR順位が1位から5位の間でSDRが急激に低下しており、群落の多様性は低いことがわかる。MNT区は上記2区の中庸な位置にあり、曲線状に配置した。参考として、種の豊富さを表すとされるSimpsonの多様性指数(1/d)¹⁵⁾を、重要度にSDRを用いて算出したが、IRT区が2.9、MNT区が11.4、そしてWS区が16.2の値を得た。この1/dの試験区間の傾向は全調査時期を通じても同様な値を示し、MNT区に対して明らかにIRT区の多様性の低いことが確認できた。なおCS区の1/dは14.1、MMRT区は3.9、MMNT区は

10.7だった。

大窪・前中¹²⁾は基盤整備が畦畔草地群落に及ぼす影響を調査し、とくに採草地・法面では、大規模な基盤整備を行うことにより群落の多様性が低下したことを報告している。また浅見ら³⁾は河川堤防植生の種多様性は年2回の刈取り条件で最も高くなり、それより高い刈取り頻度では減少したことを示した。これらは本試験結果と類似しており、耕うんや作物栽培等の人為的攪乱が群落の多様性を低くする働きをもつことが推察された。

(4) 帰化雑草：1994年秋から翌年夏までにおけ

る帰化雑草の出現種数と帰化率を図5に示した。ここで帰化率とは総出現数に対する帰化植物種数の割合で、帰化植物とは江戸末期以降に帰化したものとする。IRT区とMMRT区の出現帰化種数は2種以下で、帰化率も30%以下を示すことが多かったが、それに対し、他の4試験区は各々5種以上、50%前後を示した。図には省略したが、量的な指標として帰化雑草の被度についてみると、IRT区とMMRT区が1%前後の非常に低率で、以下MNT区とMMNT区が10%、CS区が20%、WS区が40%前後を推移し、種数による帰化率の各試験区間の特徴を

図4 被覆および耕うん法の相違が雑草のSDRとその順位の関係へ及ぼす影響 (1994～1995年)

図5 被覆および耕うん法の相違が帰化雑草の出現種数と帰化率へ及ぼす影響 (1994～1995年)

さらに明確に表した。これらの帰化雑草の出現種数と被度は、在来雑草も含めた全体の出現種数と被度にほぼ比例する結果となった。

帰化生物の増加は、環境が人間活動による大幅な改変を受け、本来そこに生息していた生物の生存・繁殖のための条件が失われ、攪乱地に適応した帰化生物の生息に適するようになったことを示していると考えられる²⁰⁾。一般的に、芝地や道路・鉄道敷といった非農耕地では、耕地に比べ帰化植物の割合が高いとされるが⁹⁾、大規模な基盤整備が行われた畦畔草地群落では未整備のそれに比べて帰化率が高いという報告¹²⁾や、地方河川と比較して都市河川群落は平均30%以上の高い帰化率を示すという調査結果のまとめ⁹⁾等があり、帰化率と人為による攪乱程度との関係は一概にはいえない。外来の作物も栽培した本試験圃場は、全体的に帰化雑草の侵入を大きく受けていたこと、また、MNT区では在来種のヨモギのSDRが高く、帰化種のセイタカアワダチソウのそれが低いのに対し、WS区では全く逆の傾向を表したように(表4)、人為的な攪乱の程度の相違による影響が草種ごとに異なることも考えられた。さらに、

例えばMNT区およびWS区のように、ただ総出現種数が多く、種の多様性も高い群落では自然性が豊かである、と単純に考えるのは不十分であることも示唆された。

2) 土壤動物相：豊かな生物相である森林土壤等では、ヤスデやダンゴムシ等の地表性動物が深さ10 cm以下の土壤にも生息し、さらにコガネムシやコメツキムシ等の地中性動物は深さ50 cmまで存在することが確認されている²¹⁾。しかし本供試圃場において予備調査として土壤動物の生息する深さを調べたが、地表の植物残渣および土壤表層1 cmに大部分の土壤動物が存在したことから、以下の調査は土壤表層1 cmまでを供試することにした。

表5に1993年春季～1994年夏季のIRT区とMNT区における主な土壤動物の個体数を示した。IRT区は甲虫類やクモ類、アリ類等がわずかにみられたが、広食性肉食者のムカデ類や腐植食者のヤスデ類、ワラジムシ類およびミミズ類はまったく確認できなかった。地表面に被覆物がないため、腐食性動物が存在せず、そのため肉食性動物も極めて少ないことが考えられた。一方、MNT区は各種土壤動物

表5 被覆および耕うん法の相違が主な大形土壤動物の個体数へ及ぼす影響（1993～1994年）

	個 体 数 /m ²							
	肉 食 性		雑 食 性		腐 食 性			その他
	クモ類	ムカデ類	甲虫類	アリ類	ヤスデ類	ワラジムシ類	ミミズ類	
93年5月								
IRT	0	0	0	0	0	0	0	0
MNT	24±9	0	0	20±7	0	9±3	0	11±2
93年7月								
IRT	0	0	0	19±15	0	0	0	0
MNT	23±5	2±1	23±3	69±17	3±2	0	7±3	7±5
93年9月								
IRT	4±2	0	5±5	24±14	0	0	0	0
MNT	80±31	7±3	35±9	180±95	12±5	9±1	3±1	16±7
93年12月								
IRT	0	0	0	0	0	0	0	3±1
MNT	120±6	3±1	24±10	7±4	6±1	0	27±3	55±7
94年5月								
IRT	5±5	0	0	1±1	0	0	0	0
MNT	55±9	7±2	53±5	317±61	8±3	29±19	1±1	172±23
94年7月								
IRT	1±1	0	0	9±4	0	0	0	0
MNT	94±21	2±1	21±8	197±42	6±2	20±6	1±1	24±9

地表下1 cm部分の土壤を供試した。MNTは地表の被覆物も含む。各数値は平均値±S.E.

験区における主な土壌動物の個体数を示した。なおCS区とWS区の調査は1995年春季のみとした。まず個体数が多く変動の大きいアリ類を除いた、その他の全種合計で1995年春季の結果を総じて比較すると、IRT区は7個体で極端に少なく、つづいてMMRT区が95個体、以下412~640個体の範囲でWS区、MNT区、MMNT区、CS区が順に続き、AG区が757個体で一番多く、他の調査時においてもほぼ同様な結果がみられた。適切な下草管理が続けられているAG区は樹冠がほぼうっ閉し林床堆積物の含水量が高く、そのため豊かな動物相を有したと考えられるが⁵⁾、そこからの有機物の投入によりMMRT区・MMNT区の土壌動物数が増加したことがわかる。林床有機物の投入の効果として、有機物とともに直接土壌動物も移入された点と、栄養価の高い有機物が土壌動物の食物となった点、さらに生息環境の作出・維持に落枝・落葉の間隙構造が役だった点等が考えられる。また以上のような被覆および不耕起管理の効果に加えて、全体的には圃場内

が比較的豊富にみられ、1994年の調査時は前年に比べて増加傾向も認められた。とくに、コモリグモ科（ウツキコモリグモ等）を主とする徘徊性のクモ類は常時高い個体数を維持し、第2次消費者（益虫）として、第1次消費者（害虫等）を安定して捕食していることが予想された。日鷹⁷⁾は被覆不耕起栽培の自然農法畑において大形土壌動物を調査し、不耕起実施年数の長い圃場では動物相は大変豊かで、遷移初期段階より進んだ場所に生息するようなイシムカデやカニムシ等もみられたこと、さらに耕うん機械のエンジン音を学習した鳥類が、それを目安に集し、クモ類を捕食していることを推察し、単純に耕起による物理的作用が天敵相の破壊をもたらすだけではないことを報告している。つまり土壌動物に対する耕うんの弊害としては、直接的な殺傷作用や耕うん後の捕食圧の一時的促進、また被覆物のない裸地状態であることによる生息環境の消失等が予測される。

つづいて表6に1994年秋季~1995年春季の全7試

表6 被覆および耕うん法の相違が主な大形土壌動物の個体数へ及ぼす影響（1994~1995年）

	個 体 数 /m ²							
	肉 食 性		雑 食 性		腐 食 性			その他
	クモ類	ムカデ類	甲虫類	アリ類	ヤスデ類	ワラジムシ類	ミミズ類	
94年9月								
IRT	1 ± 1	0	0	3 ± 1	0	0	0	0
MNT	64± 8	10± 7	88±14	55±15	10± 5	17± 7	0	75±29
MMRT	43±15	3 ± 1	77±15	36± 8	9 ± 4	16± 6	0	69±30
MMNT	63±13	4 ± 1	131± 5	91±15	16± 4	36±22	24±16	159±36
AG	164±70	10± 3	16± 4	267±135	19± 6	28±10	8 ± 6	211±62
94年12月								
IRT	0	0	0	0	0	0	0	0
MNT	140±56	0	81±16	0	0	3 ± 1	469±215	88±23
MMRT	13± 3	0	1 ± 1	0	1 ± 1	0	3 ± 3	1 ± 1
MMNT	188±42	6 ± 4	165±74	11± 6	17±13	69±58	763±69	83±10
AG	55±15	13± 1	12± 6	48±29	19± 1	4 ± 4	11±11	53±12
95年5月								
IRT	3 ± 1	0	1 ± 1	13± 6	0	0	0	3 ± 1
MNT	49± 7	45±35	120±24	896±284	100±87	39± 3	32± 2	140±10
MMRT	15± 4	5 ± 3	37±12	91±42	3 ± 2	0	3 ± 3	32±14
MMNT	63± 7	19± 5	132±13	607±94	34± 9	80±21	205±106	71± 5
AG	73±22	46±15	175±32	700±100	119±32	128±41	32± 2	184±52
CS	123±26	1 ± 1	261±54	1067±154	4 ± 3	57±21	47±17	147±28
WS	80±22	0	53± 5	239±52	0	3 ± 3	172±107	104±14

地表下1 cm 部分の土壌を供試した。IRT 以外は地表の被覆物も含む。各数値は平均値±S.E..

の果樹、とくに側枝の発生位置が低いウメの樹冠下は遮蔽率が高いため、微気象への少なからぬ影響があると思われる、土壤動物相の多様化への関与が推察される。

つぎに個々の動物種について表5も併せてみると、どの季節にも存在し、比較的個体数も多いクモ類やワラジムシ類は、全体的な試験区間の傾向もよく反映した。とくにクモ類は種類も豊富で地中性種や徘徊性種に加えて、ウメ樹の小枝の間に棚状の網を張る造網性種も圃場内に多く観察され、自然度を測る指標生物としても有望であると考えられた。また年々個体数の増加傾向のみられるミミズ類は、初期にはヒメミミズしか存在しなかったが、次第に大型ミミズも出現し、1995年5月には体長が10cmを超えるものもMMNT区で確認できた。中村¹⁰⁾はモル型からムル型への堆積腐植形の移行と土壤動物との関連において、土壤がムル型に近づき、土壤pHが酸性から中性に向かって改善されるに従い、ヒメミミズから大型ミミズへ重要性が変遷することを提示しているが、本圃場、とくに被覆不耕起管理下でも、土壤pHの適正值への移行²²⁾と大型ミミズの増加との関連性が考えられた。

1995年5月には自然度の高い、すなわち撓乱に対して敏感で、消滅しやすいとされるザトウムシや陸貝²⁾がMNT区等で初めて確認された。より高い自然度をもつ環境のみが、このような希少種を生存させる条件を備えているとすれば、被覆不耕起管理の継続がビオトープの創出に徐々に効果を示し始めたと考えられる。

農地には本来、原生動物のような微小動物や微生物が無数に生活を営み、多様な生物社会を構成している。揚妻³⁾は、食物連鎖における栄養段階の上位に位置することの多い大型動物が生息できる環境は、他の多くの動物種・植物種も十分に共存が可能で、その生態系が健全に機能していることを示すとし、大型動物の生息を環境保全目標として提唱している。本報では可視的に確認できる雑草植生と土壤動物相を生物相の代表としてみてきた。そして被覆および不耕起管理下で、比較的多様な生物相が維持されることが確認された。また、この雑草植生と土壤動物相との関連については、Booij・Noorlander⁴⁾は生育中の作物や雑草による土壤表面の被覆は雑食性補食昆虫の個体数や多様性を高めることを指摘している。本報でも同様に植物残渣による被覆に加えて、適度に雑草が存在することは土壤動物の生息環境の創出

にプラス効果をもたらしたことが予想された。

現在全国的な展開として環境保全型農業の推進がみられるが、その具体的な取組み方法のひとつとして辻¹⁹⁾は、従来のような生産力拡大路線上での生産システムだけを内容とする狭義の作付体系ではなく、生産システムと保全システムとを同時に組込んだ作付体系の確立が必要であるとしている。本報は、新たな作付体系として前報²²⁾で提示した「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」の生物相の保全効果に注目した。従来、農耕地生態系は撓乱後の遷移初期段階の生態系であるため生物相が貧弱でその社会は不安定だと理解されることが多い⁷⁾。しかし「不耕起」は非撓乱的な働きかけであり、適度の「被覆」は豊かな生物群集の形成を促進し、生物社会の安定を積極的に創造していくことが考えられた。そして前報²²⁾で、各種作物の生育量・収量が比較的被覆および不耕起栽培で高かった結果と併せて考えると、この適切な人間の働きかけによる生物相の保全が、生物社会の一員である作物の永続的な生産に寄与することが推察された。

4 摘 要

果樹作を中心とした被覆不耕起栽培の可能性を収量以外の面から検討するため、被覆および耕うん法の相違が雑草植生と土壤動物相へ及ぼす影響を調査した。

1) 耕うん処理により、ヨモギ以外のキク科の2・多年生雑草が消失したが、りん茎や根茎片で繁殖する種は優占した。被覆不耕起管理下では長い地下茎をもつ多年生雑草、とくに未熟畑で優占する種が多かった。

2) 出現種数、雑草被度および群落の多様性は、耕うんや作物栽培、被覆物の導入等の人為的な働きかけの程度が大きいくほど減少した。

3) 被覆不耕起管理では帰化雑草の侵入を大きく受けたが、帰化雑草種によって人為的な撓乱の程度の違いによる影響は異なった。

4) 耕うん処理とそれに伴う裸地条件は土壤動物の個体数とその種数を減少させた。また被覆不耕起管理の継続により構成種の変化や希少種の出現がみられた。

引用文献

- 1) 揚妻直樹(1995), 野生動物の生態情報に基づく環境計画, 環境計画, 98:118-124
- 2) 青木淳一(1985), 土壤動物, 252-257, (財)日本自然保護協会編, 指標生物, 思索社
- 3) 浅見佳世・服部保・赤松弘治(1995), 河川堤防植生の刈り取り管理に関する研究, ランドスケープ研究, 58(5):125-128
- 4) Booiij,C.J.H. and J.Noorlander(1992), Farming systems and insect predators, Agriculture, Ecosystems and Environment, 40:125-135
- 5) Fujita,M., Y.Nakamura and T.Fuikawa(1987), Soil fauna in the forest litter as materials introducing soil animals into crop field of Nayoro, Edaphologia, 37:9-16
- 6) 服部保(1988), 河川の雑草群落, 54-61, 矢野悟道編, 日本の植生, 東海大学出版会
- 7) 日鷹一雅(1990), 生物社会の一員, 人間の働きかけの影響/生物社会と人間の協働による未来型農法, 202-264, 中筋房夫編著, 自然・有機農法と害虫, 冬樹社
- 8) 伊藤操子(1988), 果樹園の雑草管理に関する基礎研究, 雑草研究, 33(2):82-88
- 9) 伊藤操子(1993), 雑草学総論, 27-34, 養賢堂
- 10) 中村好男(1980), 土壤における生物の役割, とくにミミズと土について, ペドロジスト, 24(1):43-50
- 11) 沼田真(1965), 草地の状態診断に関する研究 II—種類組成による診断, 日本草地学会誌, 12(1):29-36
- 12) 大窪久美子・前中久行(1995), 基盤整備が畦畔草地群落に及ぼす影響と農業生態系での畦畔草地の位置づけ, ランドスケープ研究, 58(5):109-112
- 13) 大内力(1990), 農業の基本的価値, 23-73, 家の光協会
- 14) 清水正元(1969), 熟畑に伴う雑草群落の遷移, 雑草研究, 8:10-19
- 15) Simpson,E.H.(1949), Measurement of diversity, Nature, 163:688
- 16) 菅原清康(1978), 熟畑化過程における雑草植生の変遷に関する研究(第6報), 雑草研究, 23:79

-85

- 17) 竹林晃男(1985), 柑橘園における雑草群落遷移の事例, 雑草研究, 30:237-244
- 18) Tivy,J.(1994), 農業生態学(小倉武一訳), 334-335, 養賢堂
- 19) 辻雅男(1995), 生物的環境保全システムとしての新たな作付方式の確立, 農業および園芸, 70(8):843-844
- 20) 鷺谷いづみ・森本信生(1993), 日本の帰化生物, 17-112, 保育社
- 21) 渡辺弘之監修(1973), 土壤動物の生態と観察, 6-59, 築地書館
- 22) 山岸主門・福島正幸・弦間洋(1996), 果樹作を中心とした被覆不耕起栽培の評価(第1報), 農作業研究, 31(2):103-116

Summary

In order to investigate a multi-sided efficacy of "A no-tillage and mulching farming system incorporated fruit cropping", this paper presents some influences of several mulch and tillage methods on weed vegetation and soil fauna.

1) In tillage treatments, perennial weeds with bulb and rhizome dominated, but biennial and perennial weeds of *Compositae* disappeared, while weed vegetation in no-tillage treatments was unripen farm type including many perennial weeds with long subterranean stem.

2) It seemed that the number of species, coverage and species diversity in weed decreased as the artificial effect of tillage treatment and the degree of the addition of mulch increased.

3) It was observed that many naturalized weeds invaded the fields in mulch and no-tillage treatments, but influences of artificial disturbance varied for individual species.

4) The individual numbers and numbers of species of macrofauna decreased by tillage treatments and the following bare ground condition. A maintaining the mulch and no-tillage management resulted in the change of species and appearance of several rare species.