Effet de différentes méthodes de désherbage sur les adventices d'un verger d'agrumes

Bensellam E.H.[1] et Bouhache M.[2]

[1] Institut National de la Recherche Agronomique, Centre Régional de la Recherche Agronomique Kénitra
[2] Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

Résumé

L'objectif de cette étude est d'étudier l'effet de différentes méthodes de désherbage sur la flore adventice associée aux agrumes. Cette étude a été menée entre 2000 et 2001 dans des vergers d'agrumes du Domaine Expérimental d'El Menzeh à Kénitra. Trente espèces adventices appartenant à 17 familles botaniques ont été identifiées en 2000 et 16 espèces appartenant à 10 familles ont été inventoriées en 2001. Cette flore a été caractérisée par la dominance des dicotylédones (73-75%) et les annuelles (80-88%). La combinaison du bromacile et du diuron a assuré une excellente maîtrise des espèces rencontrées alors que le sulfosate a montré une efficacité moyenne avec 73,4% de réduction de la biomasse sèche des dicotylédones et 69,1% de celle des monocotylédones. Durant la première année, la succession du paraquat et d'oxadiazon ainsi que celle du paraquat et du glyphosate ont assuré une bonne efficacité sur la biomasse des dicotylédones et une efficacité faible sur celle des monocotylédones. L'utilisation du glyphosate en deux applications espacées de deux mois s'est montrée très efficace sur les adventices inventoriés. Durant la deuxième année, l'utilisation du glyphosate et du sulfosate en été s'est montrée efficace sur le chiendent et le souchet et sans effet sur les autres espèces 240 jours après traitement.

Mots clés : *Adventices, agrumes, herbicides, désherbage.*

فعالية مختلف طرق المكافحة على الأعشاب الضارة ببساتين الحوامض

بنسلام الحسن و بوهاش محمد

ملخص

الأهداف المسطرة لهذه الدراسة هي تجربة العديد من طرق المكافحة على الأعشاب الضارة المصاحبة للحوامض ما بين سنتي 2000 و2001. هذه الدراسة قد تمت ببساتين الحوامض بمحطة التجارب للمنزه بالقنيطرة.

ثلاثون نوعا من الأعشاب تنتمي إلى 17 فصيلة قد أحصيت في سنة 2000 و 16 نوعا تنتمي إلى 10 فصيلة قد تم إحصائها في سنة 2001. تتميز هذه الأعشاب بسيادة الأنواع ذات الفلقتين (73–75%) والحولية (80–88%). خليط البروماصيل (bromacile) والديورو (diuron) أعطى نتائج جيدة لمكافحة الأعشاب المضرة فيما أن السيلفوزات (sulfosate) بين على فعالية معتدلة ب 73% من إضعاف المادة الجافة للأعشاب ذات الفلقتين و69% بالنسبة للأعشاب ذات الفلقة الواحدة. خلال السنة الأولى، تبين أن تتابع البركوات (paraquat) والأكساديازون (oxadiazon) وكذلك تتابع البركوات والكليفوزات (glyphosate) أدى إلى نتائج حسنة بالنسبة للمادة الجافة لذوات الفلقتين وفعالية ضعيفة بالنسبة لذوات الفلقة الواحدة. ان استعمال الكليفوزات لفترتين متباعدتين بشهرين قد أظهر فعالية جيدة لمحاربة الأعشاب المضرة المحصاة. خلال السنة الثانية، استعمال الكليفوزات والسيلفوزات في فصل الصيف كان فعالا على عشبتي السعد و الأفار وبدون فعالية 240 يوما بعد الإستعمال على الأعشاب الأخرى.

كلمات المفتاح : الأعشاب الضارة، الحوامض، المبيدات، التعزيق.

Effect of different weed control methods in citrus orchards

Abstract :

The objective of this study was to test different weed control methods on the flora associated to citrus orchards between 2000 and 2001. This study was conducted in citrus orchards in the experimental station of El Menzeh in Kenitra. Thirty weed species belonging to 17 botanical families were recorded in 2000 and 16 species belonging to 10 families were found in 2001. This flora was dominated by broadleaves (73-75%) and annual species (80-88%). During the first year, the herbicide bromacile combined to diuron were efficient in controlling weed species. Sulfosate showed a moderate efficacy on weed species by reducing the biomass of broadleaves by 73.4% and that of grass by 69.1%. The succession of paraquat and oxadiazon or that of paraquat and glyphosate had a good and low control of broadleaves and grass respectively. The use of two applications of glyphosate was more efficient on weeds. During the second year, the application of glyphosate and sulfosate, in summer, showed a good control of purple nutsedge and bermudagrass but they had no effect on annual species at 240 days after treatment.

Key words: ***Weeds, citrus, herbicides, weed control.***

Introduction

Les mauvaises herbes par leur nuisibilité indirecte, diminuent l'état sanitaire des arbres d'agrumes et gênent la réalisation de certains travaux culturaux (Bah Thierno, 1982; Ouguas, 1991; Boulfekhar, 1987; Valentin *et al.*, 1989; Kreiter *et al.*, 1989). Par le phénomène de compétition, elles concurrencent les arbres pour les facteurs de croissance et de développement (Takaqi *et al.*, 1985; El Antri et Bouraga, 1986). Les espèces habituellement, associées aux agrumes appartiennent à différentes familles botaniques dont les Poaceae, les Asteraceae, les Fabaceae, les Brassicaceae et les Boraginaceae sont les plus importantes (Bah Thierno, 1982; Wahbi et Taleb, 1995; Hilali, 1995; Taleb *et al.*, 1996; Bensellam *et al.*, 1997; Talibi, 1999). La classe qui pose de sérieux problèmes aux agrumes est celle des monocotylédones, constituée le plus souvent par des espèces vivaces telles que le chiendent, le sorgho d'Alep, les digitaires, les panics et le souchet. Parmi les dicotylédones, les espèces les plus redoutables sont représentées le plus souvent par les amarantes, les chénopodes et les liserons (El Antri et Bouraga, 1986).

Différentes méthodes de lutte contre les mauvaises herbes sont envisagées pour les vergers d'agrumes : mécanique par covercropage ou fauchage, chimique et autre technique. Au terme des essais d'efficacité de différentes méthodes de lutte nous pouvons conclure que les labours à la charrue à disque et les fauchages successifs conduisent à une prolifération des espèces vivaces telles que le chiendent et le souchet (Vanderweyen *et al.* 1981; Protopapadakis 1989). D'une manière générale, le désherbage chimique, comparé au fauchage et au covercropage, a réalisé les meilleurs résultats et la recolonisation du sol par les adventices est plus lente (Lello 1983; Singh et Tucker 1983, 1984 et 1985 ; Baird *et al.* 1983; Torres *et al.* 1983); Paspatis 1987; Suziki *et al.* 1988a ; Pohlan *et al.* 1989; Abu-Irmaileh et Fucik 1989). Toutefois, la réussite d'un désherbage chimique est tributaire de la nature des herbicides utilisés et de la flore adventice à combattre. Cette étude a pour objectif la recherche des herbicides ou la combinaison d'herbicides qui permettent de contrôler efficacement les adventices associés aux vergers d'agrumes.

Matériel et méthodes

1. Traitements herbicides

Deux essais de désherbage ont été installés et conduits dans le verger d'agrumes durant les années 2000 et 2001.

a) Année 2000

Deux types de traitements ont été utilisés selon la période de leur utilisation : traitements de pré-émergence et les traitements de post-émergence. Les traitements sont appliqués en fin avril après fauchage pour le diuron et le bromacil et fin mai pour les autres herbicides. La deuxième application du glyphosate a été faite en juillet (T6, Tableau 1). Les différents produits et leurs doses utilisés sont consignés dans le tableau 1. Deux fauchages (T8) ont été appliqués aux mois de mai et juillet moyennant un géro-broyeur.

Pour juger l'efficacité d'une méthode de désherbage, une parcelle a été laissée infestée de mauvaises herbes (T10) et une parcelle a été maintenue propre (T9) durant l'expérimentation.

Tableau 1. Traitements herbicides étudiés en 2000 dans un verger d'agrumes dans le Gharb

Traitement	Matière active	Dose matière active (g/ha)
T1: Gluf. am.	Glufosinate ammonium	750
T2: Par. Oxa.	Paraquate + Oxadiazon	800 + 2000
T3: Sulfosate	Sulfosate	
T4: Diu. + Par.	Diuron + Paraquate	3000 + 1000
T5: Diu. + Bro.	Diuron + Bromacile	3200 + 4800
T6: 2 x Glyp. + SA*	2 x Glyphosate + SA	2 x 1080 + 2,5% SA*
T7: Par. + Glyp.	Paraquate +Glyphosate	800 + 2160
T8: F	-	-
T9: Pr	-	-
T10: SD	-	-

* SA : Sulfate d'ammonium

b) Année 2001

Les traitements qui ont montré une efficacité non négligeable durant l'année 2000 ont été retenus en 2001 et d'autres traitements ont été ajoutés pour comparer leurs efficacités respectives.

Les traitements utilisés durant cette année sont reportés dans le tableau 2.

Tableau 2. Description des traitements étudiés en 2001 dans un verger d'agrumes dans le Gharb

Traitement	Matière active	Dose matière active (g/ha)
T1 : Pr	-	-
T2 : SD	-	-
T3 : F	-	-
T4 : B + D	Bromacile + Diuron	4800 + 3200
T5 : P + Su	Paraquate + Sulfosate	1500 + 2880
T6 : F + Su	Sulfosate	2880
T7 : F + Gl	Glyphosate	2160
T8 : Si + Su	Simazine+ Sulfosate	3000 + 2880
T9 : L	-	-

Le fauchage (T3) a été appliqué en mi-avril et en fin juin. La bromacil et le diuron (T4) et la simazine ont été utilisés en mi-avril après fauchage. Le paraquat a été appliqué en juin avec le fauchage du T6 et T7. Le sulfosate et le glyphosate ont été utilisés en août. La luzerne a été semée en mai.

L'application des herbicides a été faite au moyen d'un pulvérisateur à dos doté d'une buse à fente et à pression constante de l'ordre de 2,5 bars. Les bouillies herbicides pulvérisées ont été de 400 l/ha.

2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est en Blocs Aléatoires Complets avec quatre répétitions. Les parcelles élémentaires comportent deux arbres 7x14 m (98 m^2).

3. Observations et mesures

Les observations et mesures de la densité (pieds/m^2), la biomasse sèche (g/m^2) et le recouvrement (par notation visuelle) des mauvaises herbes ont été effectuées à 0, 60 et 120 jours après traitement (JAT) la première année et à 240 JAT la deuxième année pour juger la durabilité de l'efficacité des traitements en question.

L'estimation de la densité et de la biomasse des plantes coupées au ras du sol a été effectuée dans des placettes de 0,25 m^2 à l'intérieur de chaque parcelle élémentaire. Les échantillons collectés sont mis séparément dans des sachets en plastique et ramenés au laboratoire. Ils ont été séchés à l'étuve à 70°C pendant 48 heures pour la détermination de leurs biomasses sèches.

L'évaluation de l'efficacité de différents traitements sur la biomasse sèche des adventices est jugée selon l'échelle de la commission des Essais Biologiques de la Société Française de Phytiatrie et de Phytopharmacie (CEB) :

95 à 100% = très bonne efficacité

80 à 95% = bonne efficacité

60 à 80% = efficacité moyenne

40 à 60% = efficacité faible

< à 40% = efficacité sans intérêt pratique

Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction des mauvaises herbes par rapport au témoin non désherbé selon la formule suivante :

$[(T0 - Th) / T0] \times 100$

avec : T0 : témoin non désherbé

Th : traitement herbicide

4. Analyse statistique

Une transformation Arcsin de la racine carrée des données a été adoptée avant de soumettre les données à une analyse de la variance. La comparaison des moyennes a été faite avec le test de Student-Nwman & Keuls à une probabilité de 5 %. Le programme statistique utilisé est le SAS.

Résultats

I. Caractérisation de la flore adventice

1. Inventaire des espèces recensées dans la parcelle d'essai

La flore adventice rencontrée, durant la première année, est constituée de 30 espèces (Tableau 3). Cette flore est caractérisée par la dominance des dicotylédones (73,3%) et les annuelles (80%). La flore adventice recensée, dans la parcelle expérimentale de la deuxième année, est constituée de 16 espèces adventices appartenant à 10 familles botaniques, les mieux représentées sont les *Asteraceae* (31,2%) et les *Poaceae* (18,7%) (Tableau 4). Les autres familles sont représentées chacune par une espèce. Les dicotylédones représentent 75% et les monocotylédones 25% de l'effectif spécifique total. Le spectre éthologique est dominé par les annuelles avec 87,5%. Les vivaces sont représentées par deux espèces à savoir le *Cynodon dactylon* (L.) *Pers* et le *Cyperus rotundus* (L.). La première se multiplie par les rhizomes et la deuxième par les tubercules.

2. Familles botaniques et leur contribution relative

Les espèces rencontrées durant la première année appartiennent à 30 genres et à 17 familles botaniques. La répartition par famille est résumée dans le tableau 6. Selon leur contribution relative, les *Poaceae* et les *Asteraceae* détiennent à elles seules, environ 43% de l'ensemble des espèces adventices rencontrées. Les *Apiaceae* et les *Caryophylaceae* détiennent deux espèces par famille et les autres sont représentées par une espèce chacune et représentent 43% de l'ensemble des espèces.

Tableau 3. Inventaire des espèces rencontrées dans l'essai de 2000

Espèce	Famille	Classe	Biologie
Amaranthus retroflexus L.	Amaranthaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Thapsia garganica L.	Apiaceae	Dicotylédone	Géophyte
Torilis nodosa (L.)Gaertner	Apiaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Arisarum vulgare Targ.-Tozz.	Araceae	Monocotylédone	Géophyte
Bidens pilosus L.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Chrysanthemum sp.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Erigeron canadensis L.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Hedypnois cretica (L.)Dum-Cour.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Leontodon hispidulus (Del.)Boiss.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Sonchus oleraceus L.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Silene gallica L.	Caryophyllaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Spergula arvensis L.	Caryophyllaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Chenopodium murale L.	Chenopodiaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Medicago polymorpha L.	Fabaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Geranium sp.	Geraniaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Malva parviflora L.	Malvaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Oxalis cernua Thunb.	Oxalidaceae	Dicotylédone	Géophyte
Fumaria parviflora Lamk.	Papaveraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Plantago coronopusL.	Plantaginaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Bromus rigidus Roth.	Poaceae	Monocotylédone	Thérophyte
Conydon dactylon (L.)Pers	Poaceae	Monocotylédone	Géophyte
Digitaria sanguinalis (L.)Scop.	Poaceae	Monocotylédone	Thérophyte
Hordeum murinum L.	Poaceae	Monocotylédone	Thérophyte
Lolium rigidum Gaud.	Poaceae	Monocotylédone	Thérophyte
Panicum repens L.	Poaceae	Monocotylédone	Géophyte
Paspalum paspalodes (Mich.)Scr.	Poaceae	Monocotylédone	Thérophyte
Emex spinosa (L.)Campd	Polygonaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Portulaca oleracea L.	Portulacaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Anagallis foemina L.	Primulaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Solanum nigrum L.	Solanaceae	Dicotylédone	Thérophyte

Tableau 4. Inventaire des espèces rencontrées dans la parcelle expérimentale de 2001

Espèce	Famille	Classe	Biologie
Cynodon dactylon (L.)Pers	Poaceae	Monocotylédone	Géophyte
Bromus rigidus Roth.	Poaceae	Monocotylédone	Thérophyte
Cyperus rotundus L.	Cyperaceae	Monocotylédone	Géophyte
Lolium rigidum Gaud.	Poaceae	Monocotylédone	Thérophyte
Anagalis foemina L.	Primulaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Bidens pilosus L.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Veronica polita L.	Scrophulariaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Melilotus sulcata L.	Fabaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Erigeron canadensis L.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Emex spinosa (L.)Campd	Polygonaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Sonchus oleraceus L.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Cichorium endivia L.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte
Ranunculus sardous Crantz	Ranunculaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Urtica urens L.	Urticaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Sinapis arvensis L.	Brassicaceae	Dicotylédone	Thérophyte
Picris echioidis L.	Asteraceae	Dicotylédone	Thérophyte

Tableau 5. Familles botaniques et leur contribution relative de l'année 2000

Famille	Nombre d'espèces	Contribution (%)
Poaceae	7	23,33
Asteraceae	6	20.00
Apiaceae	2	6,67
Caryophyllaceae	2	6,67
Plantaginaceae	1	3,34
Fabaceae	1	3,34
Geraniaceae	1	3,34
Oxlidaceae	1	3,34
Polygonaceae	1	3,33
Chenopodiaceae	1	3,33
Primulaceae	1	3,33
Malvaceae	1	3,33
Solanaceae	1	3,33
Amaranthaceae	1	3,33
Portulacaceae	1	3,33
Araceae	1	3,33
Papaveraceae	1	3,33
Total	30	100,00

3. Types éthologiques

Le spectre éthologique des adventices rencontrées durant la première année est indiqué dans le tableau 6. Il ressort de ce tableau que la plupart des espèces rencontrées, plus de 80%, sont des thérophytes. Les géophytes sont moins fréquentes et contribuent avec 20% des espèces rencontrées. Il apparaît donc que l'on a surtout affaire à des annuelles dans notre étude.

Les géophytes sont représentées par six espèces à savoir, *Cynodon dactylon* (L.) *Pers*, *Panicum repens* (L.), *Paspalum paspalodes* (Mich) *Ser*, *Oxalis cernua* Thumb, *Thapsia garganica* (L.) *et Arisarum vulgare* Targ.-Tozz. Les trois premières se multiplient par rhizomes, la quatrième par bulbe et les deux dernières par tubercules.

Tableau 6. Types éthologiques et leur contribution relative de l'année 2000

Type éthologique	Nombre d'espèce	Contribution (%)
Thérophytes	24	80,00
Géophytes	6	20,00
Total	30	100,00

4. Importance relative des espèces rencontrées dans le témoin non désherbé

En vue d'avoir une idée sur la densité et la biomasse sèche relatives des différentes espèces, nous avons effectué des prélèvements dans le témoin non désherbé lors des traitements herbicides. Seulement 18 espèces ont été relevées dans le témoin non traité (Tableau 7). Le cortège floristique, au moment des traitements, a été dominé par les monocotylédones aussi bien en densité qu'en biomasse avec une densité relative de 64% et une biomasse relative de 76,3%. *Lolium rigidum* (Gand.), *Hordeum murinum* (L.) et *Panicum repens* (L.) ont été les espèces les plus représentées et ont contribué à la dominance de la classe des monocotylédones par 53,6% et 41,7% respectivement pour la densité et la biomasse sèche. La classe des dicotylédones a été représentée par 12 espèces qui ont contribué de 0,6 à 4,9% de la densité et de 0,2 à 6,4% de la biomasse totale.

Tableau 7. La flore adventice rencontrée dans le témoin non traité de l'année 2000
- : densité de Cynodon dactylon ne peut pas être quantifiée

	Densité		Biomasse sèche	
Espèces	(Pieds/m²)	Contribution (%)	(g/m²)	Contribution (%)
Monocotylédones	**199,90**	**63,99**	**265,60**	**76.34**
Lolium rigidum Gand.	47.50	15,20	107,30	30,84
Cynodon dactylon (L.) Pers.	-	-	51,60	14,83
Digitaria sanguinalis (L.) Scop.	18.50	5,92	40,50	11,64
Bromus rigidus Roth.	14,00	4,48	28,30	8,13
Hordeum murinum L.	74.40	23,82	19,60	5,63
Panicum repens L.	-	-	18,30	5,26
Dicotylédones	**112,50**	**36,01**	**82,3**	**23,66**
Hedypnois cretica L.	15,50	4,96	22.30	6,41
Bidens pilosus L.	8,00	2,56	14,40	4,14
Plantago coronopus L.	2,00	0,64	9,80	2,82
Torilis nodosa (L.) Gaetner	4,00	1,28	8,50	2,44
Sanchus oleraceus L.	7,50	2,40	8,10	2,33
Leontodon hispidulus (Dell) Boiss	7,50	2,40	6,60	1,90
Medicago polymorpha L.	2,00	0,64	3,50	1,00
Chrysanthemum sp.	5,00	1,60	3,40	0,98
Erigeron canadensis L.	26,50	8,48	2,50	0,72
Oxalis cernua Thumb	17,00	5,44	1,70	0,49
Geranium sp.	17.00	5,44	0,80	0,23
Emex spinosa (L.) Lampd.	0,50	0,60	0,70	0,20
Total	312.40	100,00	347.90	100,00

5. Evolution de la biomasse des différentes classes dans le témoin non désherbé

D'une manière globale, la biomasse totale de la flore adventice a été augmentée de 347,9 à 713,8 g/m^2 entre le début des traitements et 60 jours après traitements (Tableau 8). Aussi bien les monocotylédones que les dicotylédones ont subi la même évolution de biomasse avec une large supériorité de la deuxième classe sur la première. A 60 JAT, la contribution des monocotylédones et des dicotylédones à la biomasse totale était presque la même: de 48 et 51,9%, respectivement.

Tableau 8. Evolution des biomasses des classes dans le témoin non désherbé de 2000

	0 JAT		60 JAT	
Classe	Biomasse (g/m^2)	Contribution (%)	Biomasse (g/m^2)	Contribution (%)
Monocotylédones	265,60	76,34	343,08	48,06
Dicotylédones	82,30	23,66	370,72	51,94
Total	347,90	100,00	713,80	100,00

JAT : Jours après traitement

II. Effet des traitements sur les mauvaises herbes

1. Effet sur les mauvaises herbes de la première année

Les résultats de l'effet des méthodes de désherbage sur la biomasse sèche de différentes classes de mauvaises herbes sont représentés dans le tableau 9.

A 60 jours après traitements (JAT), à l'exception de la combinaison du diuron et du bromacil, les dicotylédones ont été bien contrôlées par rapport aux monocotylédones par les traitements testés. Pour chacune de ces classes, une différence significative a été notée entre les traitements. Ainsi, la combinaison du diuron et du bromacil (T5) a assuré une excellente maîtrise des espèces rencontrées et diffère significativement des autres traitements (Tableau 9). Le sulfosate (T3) a montré une efficacité moyenne avec 73,4% de réduction de la biomasse sèche des dicotylédones et 69,1% de réduction de celle des monocotylédones. Sur les dicotylédones, la succession du paraquat et d'oxadiazon (T2) et la succession du paraquat et du glyphosate (T7) ont assuré une bonne efficacité. Cependant, sur les monocotylédones cette efficacité n'a pas dépassé 45% de la biomasse sèche.

Quant aux autres traitements (T1, T4, et T6), à l'exception du T6 qui a montré une bonne efficacité sur les dicotylédones, ces traitements ont un contrôle moyen sur les dicotylédones et faible sur les monocotylédones et constituent un groupe à part (Tableau 9).

Tableau 9. Effet de différents traitements sur les mauvaises herbes dans le verger d'agrumes à 60JAT.

	Biomasse sèche (g / m2)			Efficacité (%)		
Traitement	**Dicot.**	**Monocot.**	**TEC**	**Dicot.**	**Monocot.**	**TEC**
T1 : Gluf. Am.	108,32	173,08	281,40	70,78 b *	49,55 cd	60,58bc
T2 : Par.+Oxa.	61,40	211,32	272,72	83,44 ab	38,40 d	61,79bc
T3 : Sulfosate	98,40	106,16	205,76	73,46 b	69,10 b	71,34bc
T4 : Diu.+Par.	129,92	175,60	305,52	64,95 bc	48,82 cd	57,20 c
T5 : Diu.+Bro.	25,04	0,00	25,04	93,24 a	100,00 a	96,49 a
T6 : 2 x Glyp.	73,00	177,60	248,60	80,31 ab	48,23 cd	64,89bc
T7 : Par.+Glyp.	36,56	189,16	225,72	90,14 ab	44,86 cd	68,38 b
T8 : Fauchage	164,84	381,40	546,24	55,53 c	0,00 e	23,47 d
T9 : T. Prop	0,00	0,00	0,00	-	-	-
T10 : TND	370,72	343,08	713,80	-	-	-

TEC: toutes espèces confondues

*: Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas à P≤0,05

2. Effet sur les mauvaises herbes de la deuxième année

A 240 jours après traitement, les espèces les plus dominantes dans le témoin non désherbé sont *Bidens pilosus, Melilotus sulcata, Anagalis foemina, C. dactylon, C. rotundus*, et *Cichorium endivia* avec un recouvrement respectif de 37,2; 18,7; 13,7; 12,5; 7,2 et 5% (Tableau 10). Ces espèces constituent ensemble un recouvrement moyen de 94,3% de la parcelle non traitée.

L'efficacité de différents traitements, à 240 JAT, sur les espèces rencontrées est reportée dans le tableau 11. Ainsi, le recouvrement moyen dans la parcelle traitée avec le bromacil et le diuron est de 22,2%, dans la parcelle traitée avec la simazine et le sulfosate est de 32,7% et dans la parcelle cultivée de la luzerne est de 43,9%. Ces recouvrements sont de loin inférieurs à ceux des autres traitements. L'efficacité des traitements contre *B. pilosus*, espèce la plus dominante, est faible avec la succession du fauchage et du sulfosate et moyenne avec les autres traitements étudiés. A côté de cette espèce, la combinaison du bromacil et du diuron a montré une efficacité moyenne sur *Anagalis foemina*. Sur les autres espèces, la bromacil et le diuron ont réalisé une efficacité jugée moyenne à très bonne selon CEB sur l'ensemble des espèces rencontrées. A l'exception du fauchage, le *C. dactylon* et le *C. rotundus* ont été moyennement à bien contrôlées par les autres traitements chimiques, 62 à 82% de réduction par rapport au témoin non traité. La succession du paraquat et du sulfosate et la luzerne n'ont pas d'effet sur *A. foemina*. Par contre, cette espèce a été bien contrôlée avec le fauchage suivi du sulfosate et la succession de la simazine et du sulfosate avec 81,8 et 78,2%, respectivement. Les autres traitements ont réalisé une efficacité moyenne sur cette espèce. Contre *Melilotus sulcata*, l'efficacité de la combinaison du bromacil et du diuron a été moyenne et celle de la succession du simazine et du sulfosate a été faible. Les autres traitements n'ont pas réalisé d'efficacité à intérêt pratique sur cette espèce. *C. endivia* a été

bien contrôlée avec le traitement à base du glyphosate et de bromacil combiné au diuron et moyennement contrôlée avec le paraquat et le sulfosate. Les autres traitements n'ont pas d'effet sur cette espèce (Tableau 11).

Tableau 10. Notation visuelle sur le recouvrement (%) des adventices à 240 jours après traitement

Espèce	SD	F	B+D	P+Su	F+Su	F+Gl	Si+Su	L
Cynodon dactylon	12,5	7,25	0,75	4,25	3,75	2,75	3,25	3,00
Bromus rigidus	0,00	0,50	0,25	3,00	0,25	3,75	0,00	0,75
Cyperus rotundus	7,25	5,25	0,50	2,75	2,50	2,75	1,50	1,25
Anagalis foemina	13,75	5,00	3,75	8,25	2,50	6,50	3,00	10,50
Bidens pilosus	37,25	10,25	10,25	8,00	10,50	15,25	7,50	11,00
Veronica polita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
Melilotus sulcata	18,75	57,5	4,50	52,5	51,25	46,25	9,25	12,5
Erigeron canadensis	1,25	0,75	0,25	2,25	0,40	0,50	0,25	0,37
Emex spinosa	0,00	1,25	0,75	0,00	0,00	0,50	0,25	0,50
Sonchus oleraceus	0,25	1,50	0,00	1,25	1,50	1,00	1,25	0,25
Lolium rigidum	3,00	4,00	0,25	1,50	3,50	4,75	2,50	0,00
Cichorium endivia	5,00	3,25	1,00	2,00	5,75	0,75	3,75	3,75
Ronunculus sardous	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
Urtica urens	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sinapis arvensis	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Picris echioides	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	97,25	22,25	85,75	81,90	84,75	32,75	43,87

Tableau 11. Efficacité des traitements sur le recouvrement des adventices par rapport au témoin non désherbé (%) à 240 jours après traitement

Espèce	F	B+D	P+Su	F+Su	F+Gl	Si+Su	L
Cynodon dactylon	42,00	94,00	66,00	70,00	78,00	74,00	76,00
Bromus rigidus	-	-	-	-	-	-	-
Cyperus rotundus	27,58	93,10	62,07	65,52	62,07	79,31	82,76
Anagalis foemina	63,64	72,73	0,00	81,82	52,73	78,18	23,63
Bidens pilosus	72,48	72,48	78,52	71,81	59,06	79.86	70,46
Veronica polita	-	-	-	-	-	-	-
Melilotus sulcata	0,00	76.00	0,00	0,00	0.00	50,67	33,33
Erigeron canadensis	40,00	80,00	0,00	68,00	60,00	80,00	70,40
Emex spinosa	-	-	-	-	-	-	-
Sonchus oleraceus	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lolium rigidum	0,00	91,67	50,00	0,00	0,00	16,67	100,00
Cichorium endivia	35,00	80,00	60,00	0,00	85,00	25,00	25,00
Ronunculus sardous	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
Urtica urens	-	-	-	-	-	-	-
Sinapis arvensis	-	-	-	-	-	-	-
Picris echioides	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Discussion

La flore adventice recensée dans les deux essais est constituée de 38 espèces dont la pluspart sont considérées comme étant les espèces les plus fréquentes dans les vergers d'agrumes. Cependant, ce nombre reste faible devant l'inventaire phytoécologique de Bensellam *et al.* (1997), où ce nombre a été de 216 espèces. Cette différence peut être expliquée par le nombre élevé de stations échantillonnées (108) dans la région du Gharb et leur répartition géographique.

La flore de nos essais est caractérisée par la dominance des dicotylédones (74% en moyenne). Il en est de même pour les résultats de Bensellam *et al.* (1997) dans le Gharb, Hilali (1995) dans le Haouz, Bah Thierno (1982) dans le Souss et Talibi (1999) dans la Basse Moulouya où la contribution des dicotylédones est très forte et a toujours été supérieure à 74%.

Parmi les espèces rencontrées, il est important de signaler la présence de deux espèces dont la propagation constitue un problème majeur aussi bien dans les vergers d'agrumes que dans d'autres cultures (*C. dactylon et C. rotundus*) (Tahri, 1997).

Les espèces rencontrées appartiennent à 38 genres et à 22 familles botaniques. Selon leur contribution relative, les familles sont réparties selon le même ordre d'importance que celui trouvé par Bensellam *et al.* (1997) dans le Gharb, Hilali (1995) au Haouz, Bah Thierno (1982) au Souss et Talibi (1999) dans la Basse Moulouya, et dont les six premières (Tableau 6) à côté du *C. rotundus* sont, par ailleurs, les mieux représentées dans la flore marocaine.

Relativement à nos essais, les *Poaceae*, les *Asteraceae*, les *Apiaceae* et les *Caryophyllaceae* détiennent à elles seules, environ 57% de l'ensemble des espèces adventices rencontrées. Cette prédominance s'explique par la productivité élevée des semences; la grande longévité des graines; la dissémination des semences facilitée par les divers travaux aratoires; et la phénologie parfaitement adaptée aux vergers d'agrumes. Les autres familles ne renferment qu'un ou deux espèces, cependant, elles contribuent à la diversité systématique de la composition floristique.

Plus de 80% sont des thérophytes. Les géophytes sont moins fréquentes et contribuent avec 20% des espèces rencontrées. Malgré leur contribution relative faible, les géophytes sont les plus problématiques dans les cultures vu la complexité de leurs cycles biologiques et la difficulté de leur contrôle (Tahri, 1997).

Les géophytes sont représentées par sept espèces à savoir, *C. dactylon, P. repens, P. paspalodes, O. cernua, C. rotundus, T. garganica et A. vulgare*. Les trois premières se multiplient par rhizomes, la quatrième par bulbes et les trois dernières par tubercules. Ces même géophytes sont les plus trouvés dans les vergers d'agrumes marocains (Bensellam *et al.*, 1997; Hilali, 1995; Bah Thierno, 1982 et Talibi, 1999).

D'une manière globale, la biomasse totale de la flore adventice dans le témoin non désherbé a augmenté de 347,9 à 713,8 g/m^2 entre le début des traitements et 60 jours après. Aussi bien les monocotylédones que les dicotylédones ont subi la même évolution de biomasse avec une large supériorité de la deuxième classe sur la première. Cette augmentation a été favorisée par l'apport des fertilisants et les irrigations successives qu'a connu le verger d'agrumes durant cette période des essais. A 60 JAT, la contribution des monocotylédones et des dicotylédones à la biomasse totale a été similaire : de 48 et 51,9%, respectivement.

A 60 jours après traitements (JAT) une différence significative a été notée entre les différents traitements. Ainsi, la combinaison du diuron et du bromacile a assuré une excellente maîtrise des espèces rencontrées et diffère significativement des autres traitements. La combinaison du bromacile et du diuron a additionné le champ d'action de ces deux produits, et leur efficacité a été favorisée par l'irrigation par aspersion. L'efficacité de ces traitements est expliquée en grande partie par leurs caractéristiques physiologiques, biochimiques et leur mode d'action. Ces deux produits inhibent la germination des graines d'un grand nombre d'espèces adventices et contribuent à la réduction du stock semencier dans le sol. Au niveau des plantules, la bromacile perturbe la synthèse des chlorophylles et le diuron bloque le transport des électrons au niveau du cycle de Krebs.

Depuis 1973, la combinaison du bromacile et du diuron a été jugée efficace sur un grand nombre d'espèces des vergers d'agrumes (Cassin, 1973) dominée par *C. dactylon* (Lello, 1983). Dans une autre étude, la combinaison de ces deux produits a bien contrôlé le chiendent et le souchet dans le verger d'agrumes (Vanderweyen *et al.*, 1981). Cassin (1973) a montré que les meilleurs résultats ont été obtenus avec la bromacile et la simazine dont l'efficacité persistait plus de huit mois après traitement. Ceci a été observé dans notre essai. Cependant, la simazine, la bromacile et le diuron doivent être utilisés en faible dose car ils ont été détectés dans la nappe phréatique et les eaux des puits (Liu et O'Connell, 2003).

A 60 JAT, le sulfosate a montré une efficacité moyenne avec 73,4% de réduction de la biomasse sèche des dicotylédones et 69,1% des monocotylédones. Cette efficacité est peut être expliquée par une efficacité qui était bonne sur *Cynodon*, très bonne sur *Digitaria*, moyenne sur *Hedypnois* et faible sur *Panicum* et *Bidens*. En absence de désherbage, ces espèces avec *L. rigidum* ont été les plus dominantes en densité et en biomasse avec 71,5 et 86,9%, respectivement. A 120 JAT, cette efficacité s'est améliorée sur *Cynodon* et *Panicum* alors qu'elle s'est montrée sans effet sur les autres espèces. Le sulfosate est un herbicide systémique à utilisation de post-émergence. Son action a été bien marquée sur les espèces à régénération végétative et non sur les annuelles et ceci est probablement dû à l'émergence de nouveaux individus deux mois après traitement.

Sur les dicotylédones, la succession du paraquat et d'oxadiazon et la succession du paraquat et le glyphosate ont assuré une bonne efficacité. Cependant, sur les monocotylédones cette efficacité n'a pas dépassé 45% de la biomasse sèche. Seul *C. dactylon* entre les monocotylédones a été moyennement contrôlé avec ces produits. Sur les autres espèces, cette efficacité a été faible à sans intérêt pratique.

Quant aux autres herbicides (glufosinate d'ammonium, diuron + paraquat, et 2 x glyphosate), à l'exception de ce dernier qui a montré une bonne efficacité sur les dicotylédones, ils ont eu un contrôle moyen sur les dicotylédones et faible sur les monocotylédones et constituent un groupe à part. L'utilisation du glyphosate en deux applications espacées de deux mois s'est montrée très efficace sur les adventices étudiés. En effet, la deuxième application a contrôlé à 100% *Cynodon, Panicum* et *Bidens* et à 62,5% *Digitaria* après élimination des espèces à germination précoce. Le glyphosate est un produit systémique. Il contrôle aussi bien les annuelles que les vivaces (Protopapadakis, 1985) et son efficacité peut être améliorée par l'utilisation de 2,5% de sulfate d'ammonium (Suwannmek et Parker, 1975). En terme de pourcentage de réduction des principales espèces de mauvaises herbes par notation visuelle, le glufosinate ammonium, en tant qu'herbicide de contact, a montré une efficacité faible sur le *C. dactylon* et sur le *P. repens* à 120 JAT et une efficacité sans intérêt pratique sur les autres espèces. La combinaison du diuron et le paraquat a montré une efficacité allant de moyenne à très bonne entre les deux dates d'observation sur le *Cynodon*, un contrôle faible de *Bidens* et sans intérêt pratique sur *Digitaria* et *Hedypnois* (les espèces les plus dominantes).

A 240 jour après traitement, les espèces les plus dominantes dans le témoin non désherbé ont été *B. pilosus*, *M. sulcata*, *A. foemina*, *C. dactylon*, *C. rotundus*, et *C. endivia* avec un recouvrement respectif de 37,2; 18,7; 13,7; 12,5; 7,2 et 5%. Ces espèces constituent ensemble un recouvrement moyen de 94,3% de la parcelle non traitée.

L'efficacité des traitements contre *Bidens*, espèce la plus dominante, a été faible avec le fauchage suivi du sulfosate et moyenne avec les autres traitements étudiés. La combinaison du bromacile et du diuron a montré une efficacité moyenne sur *Bidens* et *Anagalis* et une efficacité jugée bonne à très bonne sur l'ensemble des espèces rencontrées. Dans une autre étude (Lello, 1983), la bromacile à raison de 10 Kg/ha a contrôlé une flore diversifiée dominée par *C. dactylon*. A l'exception du fauchage, *C. dactylon* et *C. rotundus* ont été moyennement à bien contrôlées par les autres traitements chimiques, 62 à 82% de réduction par rapport au témoin non traité. Au terme de dix années d'essai, Vanderweyen *et al.* (1981) ont constaté que dans une parcelle entretenue avec fauchage, la couverture des adventices dans le verger d'agrumes a rapidement évoluée vers un tapis de souchet et surtout de chiendent. Dans une autre étude, le fauchage permanent des adventices entre les lignes favorise la dominance de *D. sanguinalis* (Pohlan *et al.*, 1989). Par contre, Yang *et al.* (2007) ont constaté que le fauchage en pleine croissance des mauvaises herbes peut être suffisant pour l'entretien d'un verger d'agrumes.

La succession du paraquat et du sulfosate et la luzerne n'ont pas d'effet sur *A. foemina*. Par contre, cette espèce a été bien contrôlée avec la succession du fauchage et du sulfosate et la succession de la simazine et du sulfosate avec 81,8 et 78,2% d'efficacité, respectivement. Les autres traitements ont réalisé une efficacité moyenne sur cette espèce. La succession de la simazine en pré-émergence et du glyphosate en post-émergence a donné de bons résultats sur les espèces dominantes du verger d'agrumes (Mijuskovic, 1986). Contre *Melilotus sulcata*, l'efficacité de la combinaison du bromacil et du diuron a été moyenne et celle de la succession du simazine et du sulfosate a été faible. Les autres traitements n'ont pas réalisé d'efficacité ayant un intérêt pratique sur cette espèce. *C. endivia* a été bien contrôlée avec le traitement à base du glyphosate et de bromacil combiné au diuron et moyennement contrôlée avec le paraquat et le sulfosate. Les autres traitements n'ont pas d'effet durable sur cette espèce. En général, les mêmes résultats ont été trouvés par Torres *et al.*, 1993; Singh et tuker, 1983; El Khadir et Amrani, 1992; Suziki *et al.*, 1988b).

D'une manière globale, la différence d'efficacité de différents traitements notées à différentes dates d'observation est probablement due à une différence de persistance d'action, à la nature et le stade de développement des espèces adventices inventoriées à chaque évaluation.

Conclusion

Malgré que les essais ont été réalisés dans des petites parcelles d'un seul verger d'agrumes de la Station Expérimentale d'El Menzeh, Kénitra, le nombre d'espèces et de familles rencontrées témoignent de la richesse et la diversité des espèces adventices associées aux vergers d'agrumes de la région du Gharb. Le contrôle de ces espèces aussi bien annuelles que vivaces est possible grâce au bon choix et la combinaison des herbicides à utiliser. Le travail mécanique, fauchage ou labour, est justifié dans un verger d'agrumes lorsqu'on vise à éliminer les mauvaises herbes annuelles. Il est aussi très utile lorsqu'il précède un contrôle chimique des vivaces par les herbicides systémiques au stade floraison de ces dernières. L'utilisation de la luzerne comme culture intercalaire peut être envisagée pour le contrôle des mauvaises herbes dans les vergers d'agrumes dans des situations d'irrigation par aspersion et en gravitaire et aussi dans les conditions d'un écosystème de production animal et végétal.

Références bibliographiques

Abou-Irmaileh B.E. and J.E. Fucik (1989). Using glyphosate to control eastern dodder on citrus in Jordin. Hort Science, vol. 24,n°2. p :311 – 312.

Bah Thierno O. (1982). Etude des groupements adventices des vergers du Souss (Maroc). Mémoire de fin d'études. IAV Hassan II, Rabat, 70p.

Baird D.D., V.M. Urrutia and D.P.H. Tucker (1983). Management systems with glyphosate on torpedograss in citrus. Proceedings of Southern weed Scie. Soc., 36 th annual meeting., p: 201 – 209.

Bensellam E. H., M. Bouhache et A. Taleb (1997). Etude des adventices des vergers d'agrumes dans le Gharb : aspect floristique, écologique et agronomique. Weed Res., 37 :201-210.

Boulfekhar H. (1987). Inventaire des acariens des citrus en Mitidja et étude bioécologique de *Tetranychus turkistani* U.N. (Acari : Tetranychidae) dans un verger d'oranger ''Valancia late" à Rouiba. Thèse de Majester en Science Agronomique, Inst. Nat. Agro. El Harrach, Alger, 113 p.

Cassin J. (1973). Premier congrès international d'agrumiculture. Murcie et Valence (Espagne), 30 avril-10 mai 1973. Fruits, 28, 7-8 : 523-527.

El Antri M. et L. Bouraga (1986). Importance agro-économiques des mauvaises herbes des cultures au Maroc. Journée Nationale de Malhebologie, 20 Fev. 1986, 10p.

Hilali S. (1995). Etude de la flore adventice des vergers d'agrumes du périmètre irrigué du Haouz central (Marrakech, Maroc). croissance, phénologie et réserves glucidiques – cas du *Cyperus rotundus* L..-. Thèse pour l'obtention du diplôme d'étude supérieure de troisième cycle. 200p.

Kreiter S., F. Brian, G. Valentin et D. Moncomble (1989). Influences des pesticides sur des populations de *T. urtica* et de *T. turkestani* dans les vignobles de France. Coll. Sur les acariens des cultures, Montpellier, Annales ANPP, vol. 2 p : 353 – 361.

Lello J.R. (1983). Minimum tillage with residual herbicides in citrus groves. Malezas. Vol. 11, n)3. p: 178 – 184.

Liu F. and N. O'Connell (2003). Movement of simazine in runoff water and weed control from citrus orchard as affected by reduced rate of herbicide application. Bioressource Technology. 86: 253-258.

Mijuskovic M. (1986). The possibility of controlling weeds in citrus groves. Fragmenta Herbologica Jugoslavia, vol.15, n° 1. p: 49 – 64.

Ouguas Y. (1991). Etudes des conditions naturelles de quelques facteurs impliqués dans la genèse des infestations des agrumes par *Tetranychus urticea* (Koch) (Acaria : tetranychidae) au Gharb. Mémoire de 3ème cycle agronomie. IAV. Hassan II Rabat.Maroc. 90p.

Paspatis E.A. (1987). Chemical, cultural and biological control of *oxalis pes-carpae* in vineyards in Greece. Proceeding of a meeting of the E C Exprts'Group, Dublin, 12-14 june 1985. p : 27 – 29.

Pohlan J., F. Osa and A. raminrez (1989). The influence of varierd weed control on the dynamics of weed coenosis in citrus plantations. Beit. Trop. Land. Vet., vol. 27. n°1. p : 57 -63.

Protoparadakis E.E. (1989). Comparison of different ways of weed control in citrus orchards as mechanical control, chemical control or by covering the soil with black plastic. Proceedings of the 4 th symposium on weed problems in the Mediterranean climates. Valencia; Spain, vol. 1 p : 80 -88.

Singh M. and D.P.H. Tucker (1983). Effect of reduced glypgosate rates, spray volumes and delivery systems on Bermudagrass control in Florida citrus groves. Proceeding of the Florida State Hort. Soc., vol. 96: 34-37.

Singh M. et D.P.H. Tucker (1984). Evaluation of herbicides for water ring treatments in citrus. Proceeding of the Florida State Hort. Soc., vol. 97: 51-53.

Singh M. et D.P.H. Tucker (1985). Control of annual and perennial grasses with fluazifop-butyl in citrus. Proceeding of British crop Protection Conference. Weeds, vol. 3: 1039-1045.

Suwannamek U. and C. Peker (1975). Control of *Cyperus rotundus* with glyphosate: the influence of ammonium sulphate and other additives. Weed Res. 15: 13-19.

Suziki k., K. hirose and K. Kawase (1988a). Studies on weeds control in a citrus orchard. III. Control of broad leaf perennial weeds. Bulletin of the fruit tree Research Station, b (Okitsu). Japan, 15: 21-34.

Suziki k., K. hirose and K. Kauease (1988b). Studies on weeds control in a citrus orchard. IV. Control of grass perennial weeds. Bulletin of the fruit tree Research Station, b (Okitsu). Japon, 15: 35-41.

Tahri M. (1997). Etude floristico-agronomique des adventices vivaces des principales cultures des différentes régions agricoles du Maroc Central et Occidental. Mémoire d'ingénieur en chef. 116p.

Takaqi N., S. Akamatsu and M. Shimizu (1985). Effect of spring weed cover on 15 N uptake by citrus trees under orchard conditions. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, vol 54, 3: 307-314.

Taleb A., S.R. Rzozi et M. Ouhamou (1996). Flore adventice des vergers d'agrumes du Haouz central, aspect floristique. Actes des (Journées nationales, scientifiques et techniques sur les agrumes) Maroc, IAV Hassan II, Agadir du 23 au 25 février 1996, 306-313.

Talibi A. (1999). Diversité et importance des mauvaises herbes des vergers d'agrumes dans le périmètre irrigué de la Basse Moulouya. Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du grade d'ingénieur d'état en agronomie. 65p.

Torres L.G.J., C.A. Finelli and M.A. Garcia (1983). Evaluation of herbicides and application methods in citrus groves in Tucuman. Malezas, vol. 11, 3: 216-227.

Valentin G., D. Moncomble et S. Keriter (1989). Influence du désherbage chimique du liseron sur les migrations de l'acarien jaune tisserand *T. urtica* (Koch). Colloque sur les acariens des cultures. P : 363 – 371.

Vanderweyen A., I. Bryssine et L. Hawazine (1981). Lutte contre les mauvaises herbes des agrumes. INRA (Rapport).

Yang Y., H. Wang, J. Tang and X. Chen (2007). Effects of weed management practices on orchard soil biological and fertility properties in southeastern China. Soil & Tillage Research. 93: 179-185.