

风沙半干旱区果粮立体复合模式下土壤水分与微生物量碳变化特征及产量效益评价

王慧新¹, 颜景波¹, 何 跃¹, 姜 涛¹, 赵立仁¹, 吴占鹏¹, 孙占祥², 张玉龙³

(1. 辽宁省风沙地改良利用研究所, 辽宁 阜新 123000; 2. 辽宁省农业科学院, 辽宁 沈阳 110161;

3. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要: 选择科尔沁沙地南缘 7 种果粮立体复合模式(模式 A1: 大扁杏//花生/玉米/花生//大扁杏; 模式 A2: 大扁杏//谷子/玉米/谷子//大扁杏; 模式 A3: 大扁杏//大豆/玉米/大豆//大扁杏; 模式 B1: 大扁杏//玉米//大扁杏; 模式 B2: 大扁杏//花生//大扁杏; 模式 B3: 大扁杏//谷子//大扁杏; 模式 B4: 大扁杏//大豆//大扁杏), 分析比较 7 种果粮立体复合模式土壤水分含量与微生物量碳的变化, 评价不同模式区的经济效益。结果表明: 果粮立体复合模式区玉米地在整个生长季(0~60 cm)平均含水量为: 模式 A1>模式 A2>模式 A3>模式 B1, 模式 A1、A2、A3 对矮棵作物 0~20 cm 土壤含水量影响不显著。不同立体复合模式区玉米地(0~20 cm)土壤微生物量碳的含量顺序为: 模式 A3>模式 A1>模式 B1>模式 A2; 矮棵作物(0~20 cm)土壤微生物量碳的含量状况为: 模式 A1、A3 中的花生与大豆高于模式 B2、B4, 说明玉米与豆科作物带状间作模式可增加其微生物量碳的含量。不同立体复合模式玉米单位面积产量顺序为: 模式 A1>模式 A3>模式 A2>模式 B1。模式 A1、A2、A3 的矮棵作物(花生、谷子、大豆)产量比模式 B2、B3、B4 略有减产, 减产幅度均小于 5%, 差异不显著。从不同果粮立体复合模式的经济效益分析, 模式 A1 与模式 B2 经济效益较高。因此, 模式 A1 与模式 B2 在风沙半干旱区表现较好。

关键词: 立体复合模式; 土壤水分; 微生物量碳; 产量效益

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)02-0090-05

土壤水分是土壤的重要物理指标之一, 来源于大气降水、灌溉水以及随毛细管上升的地下水和凝结水。土壤水分状况受到气候、植物、地形及土壤等诸多因子的综合影响, 是农作物水分供应的主要来源, 它的多寡不仅直接影响到作物的生长发育, 而且也影响到作物的产量和品质^[1]。构建林果粮草立体复合模式, 增加了地面覆盖, 间作作物荫蔽行间, 可以减少土壤水分蒸发, 防止土壤板结, 增加土壤入渗, 减少水分流失量, 提高水分利用率; 同时还能充分利用土壤深层水分并分层利用土壤水分, 从而延缓干旱时期, 减少干旱程度。

土壤微生物是土壤有机质和土壤养分转化和循环的动力, 它参与土壤中有机质的分解、腐殖质的形成、土壤养分转化和循环等过程。土壤微生物量是土壤养分的储存库和植物生长养分的重要来源。土壤微生物量受农业管理措施、土地利用方式的影响很大, 是灵敏反映土壤干扰的生物学指标。Carter 等曾把土壤微生物碳含量作为由不同耕作法引起土壤生物学性质变化的一个指标^[2~5]。刘文娜、吴文良等

的研究结果表明不同用地方式下土壤养分与微生物生物量碳的相关程度不同^[6]。秸秆还田和施用有机肥有利于提高土壤中微生物生物量碳水平, 施用化肥在一定程度上能够增加微生物生物量碳^[7]。人们已经从不同的角度对农业生态系统中的土壤微生物展开研究, 如应用分子生物学技术研究微生物种群结构和遗传多样性^[8]; 研究具体的农业管理措施如翻耕、施肥、薄膜覆盖、灌溉以及秸秆还田^[9]、环境污染等对土壤微生物活性和生物量的影响。有关土壤水分的研究也较多, 但针对风沙半干旱区不同立体复合模式土壤水分与微生物的研究则鲜见报道。因此, 研究不同立体复合模式系统中的土壤水分与微生物对风沙半干旱区作物生长发育和农业发展有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在辽宁省风沙地改良利用研究所章古台试验站进行。试验区位于风沙半干旱区科尔沁沙地南

收稿日期: 2010-11-11

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目(2006BAD29B06); 辽宁省科技厅重点项目(2008207003)

作者简介: 王慧新(1980—), 女, 辽宁阜新人, 助理研究员, 硕士, 主要从事风沙地旱作农业生理生态研究。

缘,北纬 42°42',东经 122°32',海拔高度 213.1 m,为典型的风沙土。该地区的自然特点是风多、风大,全年平均风速 3.33 m/s,5 m/s 起沙风达 240 次。年降水量 400~450 mm,多集中在 7、8 月份,年蒸发量约 1 600~1 800 mm,干燥度在 4.0 左右,属于半干旱

区。常发生春旱、伏旱,秋吊,或春旱、伏旱、秋吊交替发生。无霜期 145~150 d,该地区≥ 10℃活动积温 3 468℃,年平均气温 6.82℃,是易旱易风蚀典型风沙地区。

表 1 供试土壤基本理化性质

Table 1 The basic physicochemical properties of soil for experiment

pH	有机质 (g/kg) Organic matter	全氮 (g/kg) Total N	全磷(P ₂ O ₅) (g/kg) Total P	全钾(K ₂ O) (g/kg) Total K	碱解 N (mg/kg) Available N	速效磷(P) (mg/kg) Available P	速效钾(K) (mg/kg) Available K	含水量 (%) Water content	容重 (g/cm ³) Soil bulk density
5.88	7.5	0.6	0.3	25.5	59.96	1.98	69.34	6.47	1.54

1.2 试验设计

模式 A 包括三种,分别为:果树 12 m 行间的中间种植 4 行玉米,玉米两侧,即玉米和果树之间各种植 6 行矮棵作物(花生、谷子、大豆);模式 B 包括四种,分别为:果树 12 m 行间种植 14 行玉米;16 行矮棵作物(花生、谷子、大豆)。仁用杏品种为“超仁”,树龄为 5 a,南北行种植,行长 120 m,行距 12 m。仁

用杏东西两侧距作物 2 m。玉米行株距 60 cm×40 cm,4.16 万株/hm²,供试品种为郑单 958;花生行株距 50 cm×12 cm,33.33 万株/hm²,供试品种阜花 12 号;谷子行距 50 cm,45 万株/hm²,供试品种辽风谷 2 号;大豆行距 60 cm,14.5 万株/hm²,供试品种为辽豆 11 号(表 2)。

表 2 不同果粮立体复合模式

Table 2 Different fruit and grain comprehensive compound modes

模式 A Mode A		模式 B Mode B	
模式 A1 Mode A1	仁用杏//花生/玉米/花生//仁用杏 Apricot // Peanuts / Corn / Peanuts // Apricot	模式 B1 Mode B1	仁用杏//玉米//仁用杏 Apricot // Corn // Apricot
模式 A2 Mode A2	仁用杏//谷子/玉米/谷子//仁用杏 Apricot // millet / Corn / millet // Apricot	模式 B2 Mode B2	仁用杏//花生//仁用杏 Apricot // Peanuts // Apricot
模式 A3 Mode A3	仁用杏//大豆/玉米/大豆//仁用杏 Apricot // Soybean / Corn / Soybean // Apricot	模式 B3 Mode B3	仁用杏//谷子//仁用杏 Apricot // millet // Apricot
		模式 B4 Mode B4	仁用杏//大豆//仁用杏 Apricot // Soybean // Apricot

1.2 土样采集与测定方法

土壤水分动态监测在 2009 年 4~9 月进行,从土壤完全解冻后的 4 月 25 日开始,到作物成熟期 9 月 25 日截止,每月 25 日左右运用土钻法采集土样。模式 A:以玉米与矮棵作物边界为 0 点,其中玉米地采样带宽为 0.6~1.8 m,矮棵作物采样带宽为 0.5~2 m;模式 B:以仁用杏与作物边界为 0 点,矮棵作物内采样带宽为 1~7 m。在采样带宽内分别按 S 形采样法随机采集 5 点,并在各模式区边界线每隔 5 m 采集 5 点;各样点用土钻每 20 cm 深取样一次,每层 3 个重复,玉米地取 3 层至 60 cm 深度,矮棵作物取 2 层至 40 cm 深度。带回室内用烘干法测量土壤含水量。土壤微生物量碳测定采用 0~20 cm 土样,采样时间为 7 月 25 日,此期正值雨热同期微生物活性较强。

取法^[10],用 0.5 mol/L 的 K₂SO₄ 提取(土:水=1:2),提取液中碳含量的测定用重铬酸钾—硫酸消煮,硫酸亚铁滴定法^[11]。

实验数据采用软件 SAS V8.0 及 Microsoft Excel 2003 处理,用 Duncan 新复极差法进行分析^[12]。

2 结果与分析

2.1 不同立体复合模式区土壤水分动态变化

2.1.1 不同立体复合模式区玉米地土壤水分动态变化 图 1~图 3 为模式区玉米地(0~60 cm)土壤含水量的动态变化。从图 1、图 2 中可看出,在整个生长季模式 A1 土壤含水量在 0~40 cm 较其它模式偏高;而在 40~60 cm 土层中模式 A1、A2、A3 的土壤含水量相差不大,但均比模式 B1 高。从表 2 中可看出果粮立体复合模式区玉米地在整个生长季(0~60 cm)平均含水量为:模式 A1(7.72%)>模式 A2

(7.39%)>模式 A3(7.30%)>模式 B1(6.73%), 模式 A1 玉米地土壤水分含量显著高于其它模式(见表 3)。这也是模式 A1 玉米产量较高原因之一。在整个生长季土壤含水量均在 8 月中旬出现最低值, 这与同期温度较高、雨水偏少有关。

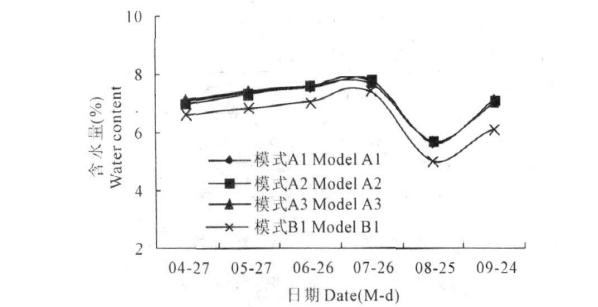


图 1 不同模式区玉米地土壤含水量动态变化(0~20 cm)
Fig.1 The dynamic variation of water content on corn field under different compound modes(0~20 cm)

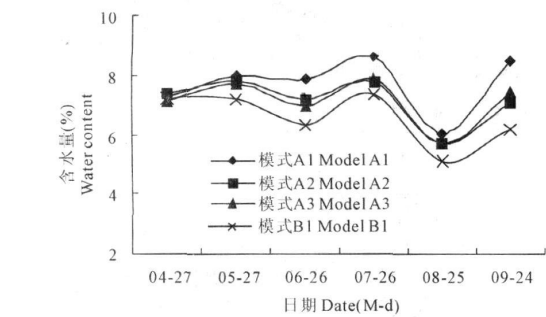


图 2 不同模式区玉米地土壤含水量动态变化(20~40 cm)
Fig.2 The dynamic variation of water content on corn field under different compound modes(20~40 cm)

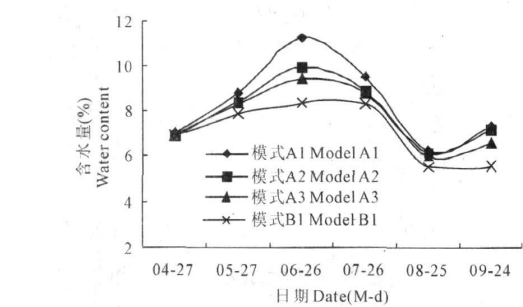


图 3 不同模式区玉米地土壤含水量动态变化(40~60 cm)
Fig.3 The dynamic variation of water content on corn field under different compound modes(40~60 cm)

2.1.2 不同立体复合模式区矮棵作物土壤水分动态变化 图 4~图 6 分别为不同立体复合模式下矮棵作物土壤含水量的动态变化。由图中可看出, 模式 A 与模式 B 相比, 矮棵作物(花生、谷子、大豆)在

整个生长季 0~20 cm 土壤含水量动态变化差异不大, 而 20~40 cm 土壤含水量模式 A 则比模式 B 偏低, 原因是矮棵作物根系较浅, 主要集中在 0~20 cm 土层中, 而玉米与仁用杏植株较大, 根系分布较深, 当水分不足时, 必然争夺其临界带的水分, 对临界带深层土壤水分构成威胁。

表 3 不同立体复合模式区玉米地土壤水分含量(%)
Table 3 Water content on corn field under different compound modes

模式 Mode	土层深度 Soil depth			平均值(0~60 cm) Average
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	
模式 A1 Mode A1	8.36	7.71	7.07	7.72 _a
模式 A2 Mode A2	7.92	7.17	7.08	7.39 _b
模式 A3 Mode A3	7.70	7.14	7.08	7.30 _b
模式 B1 Mode B1	7.11	6.58	6.49	6.73 _c

注: 同一列不同小写字母表示 LSD 0.05 水平差异显著。下同。
Note: Different small letters denote significant difference at 5% level. They are the same in the follows.

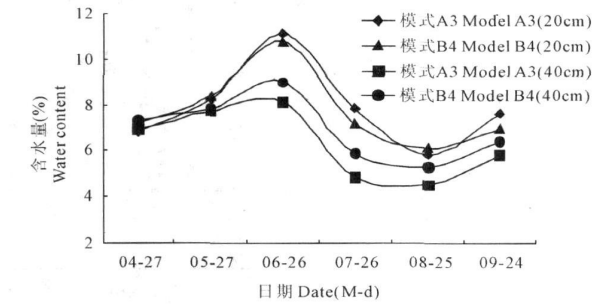


图 4 间套作模式下花生地土壤含水量动态变化
Fig.4 The dynamic variation of water content under intercrop model on peanut field

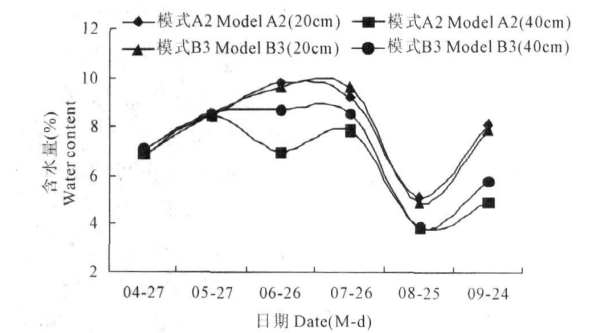


图 5 间套作模式下谷子地土壤含水量动态变化
Fig.5 The dynamic variation of water content under intercrop model on millet field

2.2 不同立体复合模式区土壤微生物量碳的变化

不同立体复合模式区玉米地(0~20 cm)土壤微生物量碳含量为:模式 A3>模式 A1>模式 A2>模式 B1,模式 A1 与 A3 显著高于模式 A2 与 B1(图 7);对不同立体复合模式区矮秆作物(0~20 cm)土壤微生物量碳的测定发现,模式 A 中的花生与大豆高于模式 B,而模式 A 中谷子则低于模式 B(图 8)。

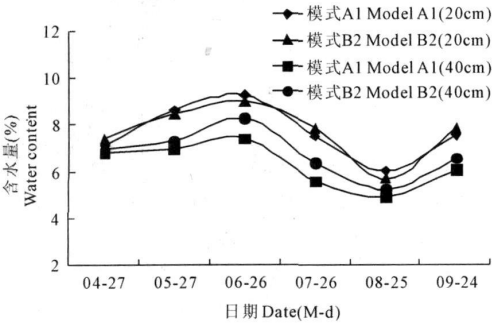


图 6 间套作模式下大豆地土壤含水量动态变化
Fig.6 The dynamic variation of water content under intercrop model on soybean field

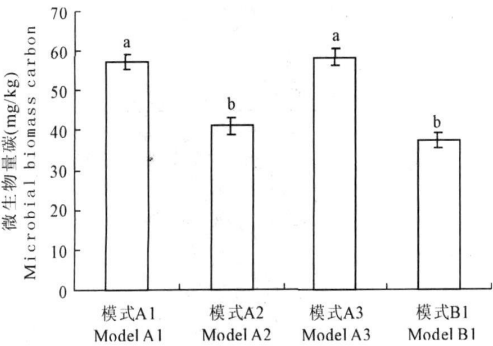


图 7 不同模式区玉米地土壤微生物量碳含量
Fig.7 The variation of soil microbial biomass carbon content in corn field under different compound

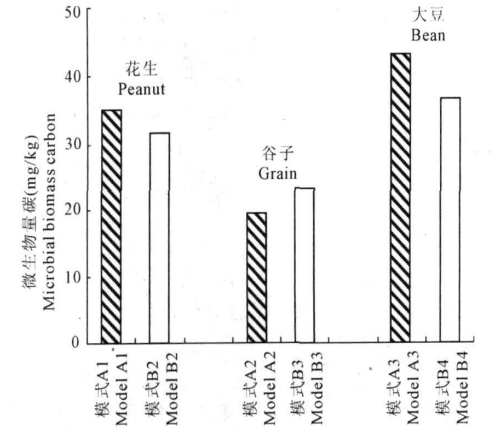


图 8 各模式区矮秆作物微生物量碳变化
Fig.8 The variation of soil microbial biomass carbon content in dwarf plants field under different compound modes

2.3 不同立体复合模式区果粮产量效益比较

不同立体复合模式玉米单位面积产量顺序为:模式 A1>模式 A3>模式 A2>模式 B1。其中模式 A1 玉米产量高达 9 306.0 kg/hm²,较其它模式增产显著。模式 A2 与模式 A3 玉米产量较模式 B1 增产显著。花生、谷子、大豆矮秆作物在果粮复合模式中因受果树与玉米高秆空间影响与临界带土壤水分的争夺,产量比间作略有减产,减产幅度均小于 5%,差异不显著。不同立体复合模式仁用杏产量(核重)最高为模式 B2,其次为模式 B4、B3,三者差异不显著,最低为模式 B1。可见仁用杏与矮秆作物搭配种植产量显著高于与高秆作物搭配。从不同果粮立体复合模式的经济效益分析,仅以 2009 年当地各种作物产品价格为参考,模式 A1 与模式 B2 经济效益较高,其次为模式 A3 与模式 B4,经济效益偏低的为模式 B1(见表 4)。

3 结论与讨论

1) 模式 A 均为玉米与矮秆作物搭配种植,矮秆作物根系较浅,与玉米争肥争水矛盾不明显,固模式 A 玉米地(0~40 cm)土壤含水量均较模式 B1 高。其中花生相对谷子大豆植株较矮且耐旱,固模式 A1 玉米地(0~40 cm)在整个生长季土壤含水量较其它模式偏高,这也是模式 A1 玉米产量较高原因之一。在 40~60 cm 土层中土壤含水量受气候的影响减弱,主要受玉米深层根系影响,矮秆作物根系主要集中在 0~40 cm 深度,对其深层土壤含水量影响不大,固模式 A1、A2、A3 的土壤含水量(40~60 cm)相差不大。而模式 B1 玉米根系发达,相互间争肥争水矛盾突出,土壤含水量也随之偏低。模式 A 对矮秆作物 0~20 cm 土壤含水量影响不显著,但在一定程度上可能影响其光合作用,固略有减产但不显著。

2) 不同立体复合模式区玉米地(0~20 cm)土壤微生物量碳的含量顺序为,模式 A3>模式 A1>模式 A2>模式 B1;矮秆作物(0~20 cm)土壤微生物量碳的含量为模式 A 中的花生与大豆高于模式 B,而模式 A 中谷子则低于模式 B。可见,玉米与豆科作物带状种植可增加其微生物生物量碳含量,从而影响其产量。为了更好地论证不同模式对微生物生物量碳的影响,体现其季节变化规律,还需进一步试验研究。

3) 不同立体复合模式玉米单位面积产量顺序为:模式 A1>模式 A3>模式 A2>模式 B1。其中模式 A1 玉米产量较其它模式增产显著。可见高矮作物搭配种植利于高秆作物生长发育,玉米产量均显

表 4 不同果粮立体复合模式经济效益

Table 4 Economic Interests under different fruit and grain compound modes

模式 Mode	单位产量(kg/hm ²) Yield per unit area			单价 Unit price (元/kg)	作物经济效益 Economic benefits (元/hm ²)	复合群体效益 Group genefits (元/hm ²)
	仁用杏(核重) Apricot(almond)	玉米 Corn	矮棵作物 Dwarf plants			
模式 A1 Mode A1	3630.4 _{ab}	9306.0 _a	3065.8	3.00 1.58 5.00	10891.2 14703.5 15329.0	13872.6
模式 A2 Mode A2	3325.8 _c	8664.0 _b	4111.4	3.00 1.58 3.00	9977.4 12289.4 12334.2	11618.2
模式 A3 Mode A3	3467.5 _{bc}	8828.1 _b	3055.7	3.00 1.58 4.40	10402.5 11556.1 13445.1	12154.5
模式 B1 Mode B1	2970.0 _d	7872.6 _c		3.00 1.58	8910.0 10621.7	10051.1
模式 B2 Mode B2	3821.4 _a		3166.8	3.00 5.00	11464.2 15834.0	14377.4
模式 B3 Mode B3	3691.5 _a		4289.1	3.00 3.00	11074.5 12867.3	12269.7
模式 B4 Mode B4	3785.5 _a		3244.7	3.00 4.40	11356.5 14276.7	13303.3

著高于模式 B1。矮棵作物(花生、谷子、大豆)在果粮复合模式中因受果树与玉米高秆空间影响与临界带土壤水分、养分的争夺,产量比间作略有减产但差异不显著。不同立体复合模式仁用杏产量(核重)最高为模式 B2,其次为模式 B4、B3,三者差异不显著,最低为模式 B1。原因可能是仁用杏品种“超仁”异花授粉结实率较高,仁用杏间作矮棵作物有利于提高异花授粉结实率。固仁用杏与矮棵作物搭配种植可使仁用杏产量显著提高。从不同果粮立体复合模式的经济效益分析,模式 A1 与模式 B2 经济效益较高。综上所述,模式 A1 与模式 B2 在风沙半干旱区表现较好。

参 考 文 献:

[1] 王菊芬,吴伯志.间套作系统中土壤水分研究进展[J].云南农业大学学报,2009,24(2):286—291.
[2] 王岩,沈其荣,史瑞和,等.土壤微生物量及其生态效应[J].南京农业大学学报,1996,19(4):45—51.

[3] 何振立.土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J].土壤,1997,(2):61—69.
[4] 陶水龙,林启美,赵小蓉.土壤微生物量研究方法进展[J].土壤肥料,1998,(5):15—18.
[5] 陈英,陈蓓,张军,等.免耕覆盖对土壤微生物量碳的影响[J].生态环境,2008,17(6):2370—2373.
[6] 刘文娜,吴文良,王秀斌,等.不同土壤类型和农业用地方式对土壤微生物量碳的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(3):406—411.
[7] 蔡晓红,杨京平,马维娜,等.稻田根际微生物生物量碳与水分、氮素影响效应分析[J].浙江大学学报,2008,34(6):662—668.
[8] 孔维栋,朱永官,傅伯杰,等.农业土壤微生物基因与群落多样性研究进展[J].生态学报,2004,24(12):2894—2900.
[9] 张磊,肖剑英,谢德体,等.长期免耕水稻田土壤的生物特征研究[J].水土保持学报,2002,6(2):111—114.
[10] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
[11] 林官美,吴玉光,刘焕龙.熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进[J].生态学杂志,1999,18(2):63—66.
[12] 南京农业大学.土壤农化分析(第2版)[M].北京:农业出版社,1986.

(英文摘要下转第 104 页)

Survey on species composition of weed community at wheat-rape rotation fields in conservation tillage system of Qinghai province

WEI You-hai^{1,2}, GUO Qing-yun², FENG Jun-tao¹

(1. Research and Development Center of Biorational Pesticide, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Plant Protection, Qinghai Academy of Agriculture and Forestry, Xining, Qinghai 810016, China)

Abstract: Weed survey was conducted by sampling methods of inverted W-pattern to determine the species composition and structure of weed communities in wheat-rape rotation fields in conservation tillage system. The results showed that among 55 weed species belonging to 22 families, 4 species were considered as dominant weeds, including *Elsholtzia densa* Benth, *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus* L and *thlaspi arvense* Linn.; 9 species were regional dominant weeds; 8 common weed species and 34 normal weed species. The overall abundance of *Avena fatua* Linn (*Elsholtzia densa* Benth), *Sonchus arvensis* Linn. And *Chenopodium album* were relatively high and were the main components of weed communities at the wheat-rape rotation fields in conservation tillage system.

Keywords: wheat-rape rotation; conservation tillage; weed community; species composition; relative abundance

(上接第 94 页)

Study on characteristics of variation of soil moisture and soil microbial biomass carbon in different comprehensive compound modes in semiarid sandy and windy areas and evalution of their output benefits

WANG Hui-xin¹, YAN Jing-bo¹, HE Yue¹, JIANG Tao¹, ZHAO Li-ren¹, WU Zhan-peng¹,

SUN Zhan-xiang², ZHANG Yu-long³

(1. Institute of Improvement and Utilization of Sand Soils of Liaoning Province, Fuxin, Liaoning 123000, China;

2. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161, China;

3. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: Seven compound cultivation modes in south of Horqin sandy land are chosen (A¹: prunus ameniaca // peanut / corn / peanut // prunus ameniaca; A²: prunus ameniaca // grain / corn / grain // prunus ameniaca; A³: prunus ameniaca // bean / corn / bean // prunus ameniaca; B¹: prunus ameniaca // corn // prunus ameniaca; B²: prunus ameniaca // peanut // prunus ameniaca; B³: prunus ameniaca // grain // prunus ameniaca; B⁴: prunus ameniaca // bean // prunus ameniaca) to study the variation of soil moisture and soil microbial biomass carbon in the seven modes and to evaluate the economic benefit in each mode. The results showed that the average water content of corn field throughout the growing season (0~40 cm) in fruit and grain compound cultivation was mode A¹>mode A²>mode A³>mode B¹, while the effect on dwarf plants (0~20 cm) on intercropping mode is insignificant. Soil microbial biomass carbon was mode A³>mode A¹>mode B¹>mode A² on corn field; Soil microbial biomass carbon of intercropping code is larger than that of the interval-cropping for peanuts and beans on dwarf plant field, so is the intercropping code of corn and bean. Yield per unit area of corns in different compound cultivation modes: mode A¹>mode A³>mode A²>mode B¹, production in intercropping corns and dwarf plants (peanut, grain and bean) decreased by less than 5%, and the difference is insignificant. In terms of the economic benefits, both A¹ and B² exceed others. The conclusion is that A¹ and B² prove to be more productive modes on semiarid sandy and windy areas.

Keywords: compound cultivation mode; soil moisture; microbial biomass carbon; output benefit