

不同轮作方式黔产半夏土壤物理性状分析

张 皓¹, 何腾兵^{1,2}, 林昌虎³, 何冠谿⁴, 高安勤^{1,5}

(1. 贵州大学 农学院, 贵阳 550025; 2. 贵州大学 新农村发展研究院, 贵阳 550025;

3. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵阳 550001;

4. 贵州大学 生命科学学院, 贵阳 550025; 5. 六盘水市农业委员会 贵州 六盘水 553000)

摘 要:为解决半夏连作障碍,探究最适宜的半夏轮作方式,以 4 种轮作方式[与太子参、何首乌(三年生)、金荞麦(短柱型)、苦参(一年生)轮作]土壤作为研究对象,分别对土壤容重、土壤自然含水量、土壤吸湿水、土壤机械组成进行测定。结果表明:与何首乌(三年生)轮作土壤含水量高出最适含水量 6.4%,不适宜种植半夏,与金荞麦(短柱型)轮作土壤含水量为 30.01%,表现为最适宜。半夏与不同中草药轮作的土壤容重在 0.92~1.09 g/cm³ 之间,土壤容重与含水量之间呈现负相关的变化规律。土壤吸湿水含量总体表现为弱一中变异强度。从土壤机械组成来看,与太子参轮作、何首乌(三年生)轮作、苦参(一年生)轮作土壤物理性黏粒的含量分别为 37.60%,44.60%,33.93%,与金荞麦(短柱型)轮作土壤物理性黏粒的含量为 31.10%。吸湿水含量与土壤黏粒的含量呈显著的正相关。从半夏生长对土壤物理性状要求来看,4 种轮作方式中以半夏与金荞麦(短柱型)轮作最优。

关键词:轮作; 黔产; 半夏; 物理性状

中图分类号:S153

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)03-0127-05

Analysis on Soil Physical Properties in *Pinellia* fields Under Different Rotation Systems in Guizhou Province

ZHANG Hao¹, HE Tengbing^{1,2}, LIN Changhu³, HE Guandi⁴, GAO Anqin^{1,5}

(1. College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Institute of New Rural

Development, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Key Laboratory of Natural Products

Chemistry, Guizhou Province, Guiyang 550001, China; 4. College of Life Science, Guizhou University,

Guiyang 550025, China; 5. Liupanshui City Agriculture Committee, Liupanshui, Guizhou 553000, China)

Abstract: The purpose of this paper is to solve the continuous growth obstacle of *Pinellia ternata*, and explore the most appropriate rotation methods of *Pinellia ternata*. In this article, we put the 4 kinds of rotation soil as the research objects, including *Radix Pseudostellariae*, triennial *Polygonum multiflorum*, the short column type of *Fagopyrum cymosum* and annual *Sophora flavescens*, to test soil bulk density, soil natural water content, soil hygroscopic water and mechanical composition of soil. Results showed that soil water content of triennial *Polygonum multiflorum* was 6.4% above optimum moisture content and it was not suitable for cultivation of *Pinellia ternata*; but *Fagopyrum cymosum* was 30.01% and was optimum for cultivation. Soil bulk density between *Pinellia ternata* and different Chinese herbal medicine ranged from 0.92 g/cm³ to 1.09 g/cm³, soil bulk density and water content presented the negative correlation. The overall performance of soil hygroscopic water was that the variability coefficients belonged to the low and middle intensity. From soil mechanical composition, soil physical clay contents of *Radix Pseudostellariae*, triennial *Polygonum multiflorum* and the short column type of *Fagopyrum cymosum* were 37.60%, 44.60% and 33.93%, respectively, and annual *Sophora flavescens* was 31.10%. There were significant positive correlations

收稿日期:2014-07-07

修回日期:2014-09-03

资助项目:贵州省中药现代化重大专项“贵州石斛、半夏等 6 种中药材产地适宜性技术评价体系构建与产业示范”子课题[黔科合重大专项字(2012)6010-3-1];贵州省科技创新人才团队建设计划项目“贵州省土壤水肥调控与农业环境污染防治科技创新人才团队”(黔科合人才团队[2013]4020);本科教学工程项目“农业资源与环境”特色专业建设

第一作者:张皓(1988—),男,河北文安人,在读硕士,研究方向为土地利用与信息技术。E-mail:hao.0210@163.com

通信作者:何腾兵(1963—),男,贵州松桃人,教授,硕士生导师,主要从事土壤学、环境科学研究。E-mail:hetengbing@163.com

between hygroscopic water content and soil physical clay content. With respect to *Pinellia* tuber growth requirements on soil physical properties, *Pinellia ternata* and the short column type of *Fagopyrum cymosum* are the best ways among the four rotation methods.

Keywords: rotation; production in Guizhou Province; *Pinellia ternata*; physical properties

半夏来源于天南星科植物半夏 *Pinellia ternate* (Thunb.) Breit. 的干燥块茎, 历版《中国药典》均有收载, 具有燥湿化痰, 降逆止呕, 消痞散结之功效^[1]。由于市场对半夏大量需求, 野生半夏已经难以满足供给, 所以人工种植成为填补半夏市场需求量缺口的必然选择。近年来, 在贵州、四川、重庆及甘肃等省市均有大规模栽植, 其中毕节市赫章县是贵州省半夏药材的主产区, 有着二十多年的人工栽培历史。但半夏连作引发的病害制约其进一步的发展, 轮作倒茬可以有效减少烫叶病等病害的发生, 改善半夏种植环境, 是克服半夏连作障碍的有效措施。

赵明勇^[2]、陈中坚^[3]、张明^[4]研究了施肥水平, 施肥措施及种植密度等对半夏产量和质量的影响, 提出了合理的半夏栽培技术, 樊军^[5]、李威^[6]、于高波^[7]探讨了轮作对土壤理化性状、微生物群、作物产量的影响, 为解决连作障碍提供了科学依据, 卜崇峰等^[8]则针对土地利用方式、地表覆被等与土壤物理性质关系进行了研究。而直接涉及轮作方式与半夏土壤含水量、容重、机械组成关系的分析未见报道。为此, 笔者在调查半夏种植基地的前提下, 选择 4 种轮作方式[与

太子参、何首乌(三年生)、金荞麦(短柱型)、苦参(一年生)轮作]土壤作为研究对象, 探讨其土壤物理性状的差异性, 以期解决半夏连作障碍, 寻找适宜的草药轮作方式, 为贵州半夏 GAP 基地建设提供支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于贵州省赫章县河镇乡, 地处黔西北高原向黔中高原过度地段, 属中亚热带季风气候区, 同时具有北亚热带夏湿春干温凉的气候特征, 平均海拔高度 2 100 m, 年均气温 11℃, 年均降雨量 923 mm, 无霜期 210 d, 年均日照时数 1 200 h, 土壤类型为黄棕壤。常年土地滋润, 不受干旱天气影响。

1.2 研究方法

1.2.1 样地选择 供试样地轮作方式:(1) 太子参与半夏轮作;(2) 何首乌(三年生)与半夏轮作;(3) 金荞麦(短柱型)与半夏轮作;(4) 苦参(一年生)与半夏轮作。各种植方式的田间施肥量及其他田间管理均一致, 轮作模式为上茬种植半夏, 当年种植其他中药材, 下茬种植半夏。

表 1 样地概况

纬度	经度	海拔/m	坡度	母质	周边植被	施肥方式
27°17′33″	104°20′33″	2243	≤5°	石灰岩	马尾松	过磷酸钙+草木灰为底肥, 尿素为追肥。

1.2.2 土样采集 2013 年 10 月, 半夏收获后, 下茬半夏种植前进行土壤样品的采集, 采样前一周研究区未见雨雪, 样品选择多云天气下, 在 1 日内完成采集。取样包括 1 kg 土壤样、环刀样、铝盒样。(1) 每种轮作方式的土样采集按“S”形分布, 土壤样品采集深度控制在 0—20 cm, 去除其中的大块砾石与植物须根, 取少量土壤放入铝盒中, 剩余部分装入无菌塑料袋中, 分别进行编号, 密封保存;(2) 环刀样采集与土样采集区域一一对应, 选择未翻耕地取环刀样, 采集的环刀密封装盒保存。

1.2.3 土样制备 土样经室内风干研磨, 过孔径 1 mm 筛, 装瓶备用。

1.2.4 土样测定 土壤容重: 环刀法; 土壤含水量: 铝盒法; 吸湿水: 电热烘箱干燥法; 土壤机械组成: 简易比重计法。

1.2.5 数据处理 数据分析采用 Excel 2003, SPSS 20.0; 图形处理采用 Origin 7.50。

2 结果与分析

2.1 土壤含水量

半夏以块茎入药, 土壤水分对其产量和质量影响至关重要^[9]。它生长土壤最适含水量为 15%~31%, 以 30% 为最优, 当土壤含水量低于 15% 时, 生长受到抑制, 高于 31% 时, 出现胁迫作用, 产生块茎腐烂甚至死亡的现象^[10]。

如图 1 所示, 与太子参轮作土壤含水量为 29.77%, 适宜半夏生长, 变异系数 5.74%; 与何首乌(三年生)轮作土壤含水量 37.4%, 高出最适含水量 6.4%, 不适宜半夏的生长, 变异系数 7.93%, 何首乌(三年生)对地表的覆盖度较大, 可能是造成该轮作方式土壤含水量较高的原因, 这与田雨等^[11]的研究结果相似。与金荞麦(短柱型)轮作土壤含水量 30.01%, 最适种植半夏, 变异系数 18.09%, 说明短柱金荞麦叶上表皮气孔数少, 叶下表皮气孔数相对较多的性状特点,

使叶片在保水机制和调节土壤水分方面更具优越性。与苦参(一年生)轮作土壤含水量 26.26%,适宜半夏生长,变异系数 16.97%,苦参一年生主根长可达 40 cm,直径 1.4 cm,生育期耗水量大,在同等田间灌溉条件下,造成根区土壤含水量下降明显。

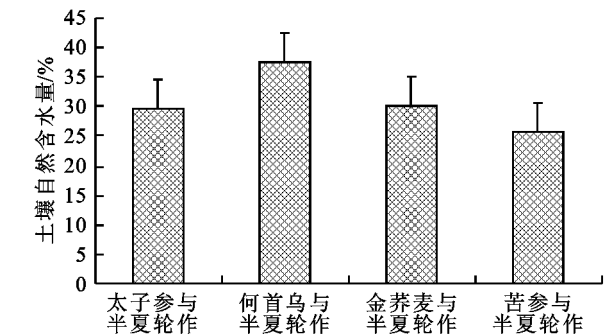


图 1 不同轮作方式半夏土壤含水量

2.2 土壤容重

不同土壤容重对根冠养分的吸收有着重要的影响,可能是作物产量的限制因子之一^[12]。如图 2 所示,与太子参轮作土壤容重 1.05 g/cm³,变异系数 2.21%;与何首乌(三年生)轮作土壤容重 1.09 g/cm³,变异系数 5.93%;与金荞麦(短柱型)轮作土壤容重 0.92 g/cm³,变异系数 3.76%;与苦参(一年生)轮作土壤容重 1.08 g/cm³,变异系数 1.51%。总体而言,4 种轮作方式土壤容重均低。参照旱作土壤紧实度划分标准,与太子参、苦参(一年生)、何首乌(三年生)轮作土壤为“松”,与金荞麦(短柱型)轮作土壤容重小于 1.00 g/cm³,为“最松”。造成各处理间土壤容重差异的原因:一方面是土壤中微生物群落复杂程度,腐殖质含量不同,使微生物分泌成份及腐殖酸的对土壤颗粒胶结作用出现差异,进而影响了土壤中水稳性团聚体含量;另一方面是中草药根系的穿插松土能力,以及分泌物含量、成份不同,对容重贡献率表现不一致。

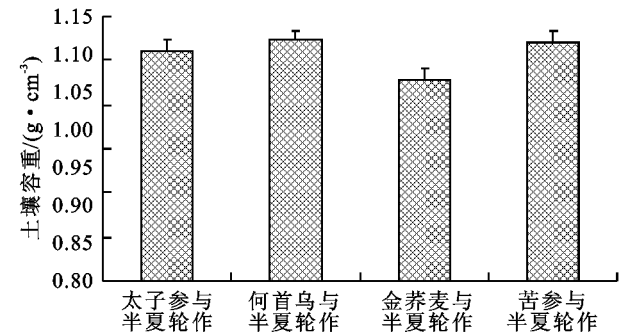


图 2 不同轮作方式半夏土壤容重

2.3 土壤自然含水量与容重的变化关系

如图 3 所示,4 种轮作方式,土壤容重随着土壤自然含水量增加而减小,这与陈祯^[13]的研究结果相似。各轮作制度之间土壤容重与自然含水量的关系

存在差异,可能与各中草药植物根系的生长特性有关。Sainju 等^[14]证实,土壤中的根系密度与土壤容重呈负相关。根系密度越大,毛管含量越丰富,储水空间越多,容重越小^[15]。换言之,根系的生长受到土壤水分和机械阻力的影响,在相同容重处理下,高含水量的土壤中根系密度大于低含水量^[16]。久而久之,生长中的植物根系、密度、根径发生变化,反过来又会影响土壤容重。

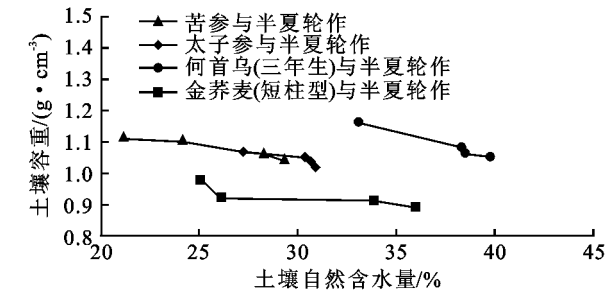


图 3 不同轮作方式半夏土壤自然含水量与容重的变化关系

土壤容重每下降 1 个单位,土壤含水量变化幅度关系为:苦参(一年生)>金荞麦(短柱型)>太子参>何首乌(三年生)。原因可能是不同中草药根冠比及其化学组成各有差异,因而直接影响根系呼吸量大小和分解的难易程度。从而导致根系分泌物数量和性质以及土壤动物和根际微生物区系和活性表现出显著差异。在一定范围内土壤呼吸作用越强,腐殖物质含量越高,土壤中水稳性团聚体比例越高,含水量随容重的变化出现差异。

2.4 土壤吸湿水

利用 Excel 2003 对 4 种轮作方式半夏土壤吸湿水数据进行统计分析得到如下结果:与太子参轮作土壤吸湿水量为 8.98%,变异系数 9.19%;与何首乌(三年生)轮作土壤吸湿水量为 9.10%,变异系数 18.90%;与金荞麦(短柱型)轮作土壤吸湿水量为 7.17%,变异系数 5.82%;与苦参(一年生)轮作土壤吸湿水量 7.23%,变异系数 12.04%。4 种轮作方式,土壤吸湿水量差异不显著,与何首乌(三年生)轮作土壤吸湿水量及变异系数最大,与金荞麦(短柱型)轮作土壤吸湿水量最小。这种差异可能是由土壤中物理性黏粒、CEC 以及腐殖质含量不同造成的。

2.5 土壤机械组成

2.5.1 不同轮作方式土壤机械组成状况 半夏种植宜选择排灌良好、土壤肥沃、质地疏松的砂壤土或者黄壤土。依据卡钦斯基制对 4 种轮作方式土壤质地进行划分。由表 2 可知,与太子参轮作土壤、与何首乌(三年生)轮作土壤、与苦参(一年生)轮作土壤质地均为中壤土,物理性黏粒的含量分别为 37.60%, 44.60%, 33.93%,与金荞麦(短柱型)轮作土壤质地

为轻壤土,物理性黏粒的含量为 31.10%。

砂粒(1~0.05 mm)含量均小于 30%,其大小关系为:与苦参(一年生)轮作>与金荞麦(短柱型)轮作>与太子参轮作>与何首乌(三年生)轮作。粉粒(0.05~0.001 mm)含量变化不大,为 41.82%~45.51%,与金荞麦(短柱型)轮作土壤含量最高,与太子参轮作土壤含量最低。黏粒(<0.001 mm)的含量为 26.27%~34.30%,与何首乌(三年生)轮作的土壤含量最高,与金荞麦(短柱型)轮作土壤含量最低。土壤机械组成变异强度评价参照薛正平等^[17]的 3 级

评价法进行分析:变异系数 CV<10%,弱变异;10%≤CV≤30%,中等变异;CV>30%,强变异。砂粒(1~0.05 mm)含量变异属于强变异,其中粗砂及中砂(1~0.25 mm)的变异系数均大于 55%。粗粉砂(0.01~0.05 mm)、中粉砂(0.005~0.01 mm)属于中等变异,细粉砂(0.001~0.005 mm)属于弱—中变异。4 种轮作方式中,砂粒(1~0.05 mm)含量变异系数为 12.11%~27.28%,大小关系:与何首乌(三年生)轮作>与苦参(一年生)轮作>与金荞麦(短柱型)轮作>与太子参轮作。

表 2 不同轮作方式半夏土壤机械组成状况

轮作 方式	描述性 统计	土壤机械组成/%							质地 (据卡 庆斯基)
		1~	0.05~	0.01~	0.005~	0.001~	物理性黏粒 (<0.01 mm)		
		0.25 mm	0.25 mm	0.05 mm	0.01 mm	0.005 mm		<0.001 mm	
太子参	标准差	0.03	3.17	2.24	1.07	1.33	3.34	4.55	中
与半夏	平均值	0.04	26.05	20.63	5.10	16.09	32.03	37.60	壤
轮作	变异系数/%	68.91	12.16	10.86	20.89	8.28	10.43	12.09	土
何首乌	标准差	0.33	5.48	2.54	0.62	1.48	5.82	10.49	中
与半夏	平均值	0.37	19.94	22.01	4.82	18.54	34.30	44.60	壤
轮作	变异系数/%	88.01	27.46	11.56	12.84	7.97	16.97	23.52	土
金荞麦	标准差	0.17	5.17	1.92	0.92	1.56	3.90	4.80	轻
与半夏	平均值	0.31	27.86	24.80	4.36	16.35	26.27	31.10	壤
轮作	变异系数/%	55.66	18.54	7.75	21.12	9.53	14.86	15.42	土
苦参与	标准差	0.07	7.05	5.21	1.20	2.26	3.92	4.93	中
半夏轮	平均值	0.12	29.64	19.95	5.08	18.18	26.84	33.93	壤
作	变异系数/%	60.23	23.79	26.10	23.58	12.41	14.60	14.54	土

注:表中何首乌为三年生;金荞麦为短柱型;苦参为一年生,下表同。

2.5.2 不同轮作方式土壤机械组成差异分析 在 SPSS 20.0 中,采用 Duncan 法进行单因素差异分析(表 3)。当 $p<0.05$ 时,4 种轮作方式土壤的粗砂及中砂(1~0.25 mm)、粗粉砂(0.01~0.05 mm)、中粉砂(0.005~0.01 mm)、细粉砂(0.001~0.005 mm)无显著差异;与太子参、金荞麦(短柱型)轮作土壤同何首乌(三年生)轮作土壤相比细砂(0.05~0.25 mm)含量差异显著,苦参(一年生)与半夏轮作土壤同其他 3 种轮

作方式相比细砂(0.05~0.25 mm)含量表现为差异显著;金荞麦(短柱型)轮作、苦参轮作土壤同太子参轮作方式相比黏粒(<0.001 mm)含量差异显著,何首乌(三年生)与半夏轮作土壤同其他 3 种轮作方式相比黏粒(<0.001 mm)含量差异显著;物理性黏粒含量,在太子参轮作、苦参轮作土壤中无显著差异,同其他轮作方式相比差异性显著。4 种轮作方式在 $p<0.01$ 时,机械组成的各组分含量不存在显著差异。

表 3 不同轮作方式半夏土壤机械组成差异状况

轮作方式	土壤机械组成/%						物理性黏粒 (<0.01 mm)
	1~ 0.25 mm	0.05~ 0.25 mm	0.01~ 0.05 mm	0.005~ 0.01 mm	0.001~ 0.005 mm	<0.001 mm	
太子参与半夏轮作	0.04aA	26.05abA	20.63aA	5.10aA	16.09aA	32.03abA	37.60abA
何首乌与半夏轮作	0.37aA	19.94aA	22.01aA	4.82aA	18.54aA	34.30bA	44.60bA
金荞麦与半夏轮作	0.31aA	27.86abA	24.80aA	4.36aA	16.35aA	26.27aA	31.10aA
苦参与半夏轮作	0.12aA	29.64bA	19.95aA	5.08aA	18.18aA	26.84aA	33.93abA

注:同列不同小写字母代表在 0.05 水平显著;同列不同大写字母代表在 0.01 水平显著(极显著)。

供试土壤的母质、气候以及施肥、除草等田间管理措施一致,不同轮作方式半夏土壤在机械组成表现出的差异受上述因素的影响较小,而与轮作植物本身

根系及其微环境有关。

根区土壤机械组成与种植的年限、根径密切相关。4 种轮作草药中,三年生何首乌,种植年限最长,

直径最大,膨大部分达 3~12 cm,并且何首乌(三年生)与半夏轮作土壤黏粒的含量最高,表明机械组成中的黏粒与根系径级呈极显著正相关,并随着种植年限的增长黏粒含量增加^[18]。同时,何首乌(三年生)与半夏轮作土壤中粗砂及中砂的含量最高,地下部分直径最粗,说明砂粒的土壤机械阻力相对较小,有利于增加根粗,这与宋日等^[19]的研究相一致。太子参的根径小于苦参(一年生),轮作土壤的物理性黏粒含量却高于苦参(一年生),其原因是太子参根表面积密度大于苦参。

根系分泌有机酸可降低 pH 值,在一定程度上提高根际土壤中 Fe、Zn、P、Mn 等养分的有效性^[20],这些元素一方面以离子或氧化物的形式促进根系生长,有利于土壤向团粒方向发展;另一方面以桥键的形式直接参与土壤团粒的形成。本文供试地土壤中性偏酸,适宜太子参、何首乌、苦参的生长,而弱碱性土壤

中生长较好的金荞麦^[21],在逆境条件下生长时,根系分泌有机酸数量明显增多^[22]。由于不同中草药根系对土壤酸碱度敏感差异,导致 Fe 等养分有效性出现高低,进而影响土壤机械组成。

2.6 不同轮作方式土壤机械组成与土壤吸湿水的相关性

黏粒作为土粒中最细的部分,具有较大的比表面积。土壤的持水能力决定于土壤比表面,同时黏粒巨大表面电荷,使其具有极强的吸附水分子的能力,形成与其粒径较厚的吸附水层或水膜。在一定的吸力范围内,质地愈细,持水量愈高^[23-25]。

由表 4 可知,土壤机械组成中黏粒、物理性黏粒、中粉砂、细粉砂与吸湿水含量为正相关,其中物理性黏粒与吸湿水含量达到了显著水平,这与潘瑞等^[26]研究结果一致。粗砂及中砂、细砂、粗粉砂与吸湿水含量呈负相关性,但相关性不显著。

表 4 不同轮作方式半夏土壤机械组成与土壤吸湿水的相关性

项 目	黏粒	粗砂及中砂	细砂	粗粉砂	中粉砂	细粉砂	物理性黏粒	吸湿水
黏粒	1							
粗砂及中砂	0.139	1						
细砂	-0.893	-0.569	1					
粗粉砂	-0.268	0.698	-0.091	1				
中粉砂	0.363	-0.728	0.026	-0.988*	1			
细粉砂	0.246	0.394	-0.389	-0.348	0.254	1		
物理性黏粒	0.951*	0.294	-0.924	-0.295	0.348	0.530	1	
吸湿水	0.981*	-0.009	-0.810	-0.293	0.406	0.074	0.875	1

注: * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

3 结 论

4 种轮作方式中,与何首乌(三年生)轮作土壤含水量高出最适含水量 6.4%,不适宜种植半夏,另外 3 种方式土壤含水量适中,其中与金荞麦(短柱型)轮作土壤表现为最适宜。半夏与不同中草药轮作的土壤容重为 0.92~1.09 g/cm³,表明土壤疏松绵软,结构良好,容重与含水量两者表现出负相关的变化规律。与何首乌(三年生)轮作土壤吸湿水量最高,与金荞麦(短柱型)轮作土壤吸湿水量最低,总体呈现出弱一中变异强度。从土壤机械组成来看,与太子参轮作土壤、何首乌(三年生)轮作土壤、苦参(一年生)轮作土壤质地为中壤土,物理性黏粒的含量分别为 37.60%, 44.60%, 33.93%,与金荞麦(短柱型)轮作土壤质地为轻壤土,物理性黏粒的含量为 31.10%。吸湿水的含量与土壤机械组成中黏粒的含量为显著的正相关。半夏适宜在机械阻力小的轻质地中生长发育,所以与金荞麦(短柱型)轮作在 4 种方式中最优。

参考文献:

1 部. 北京:中国医药科技出版社,2010.

[2] 李威,程智慧,孟焕文,等. 轮作不同蔬菜对大棚番茄连作基质中微生物与酶及后茬番茄的影响[J]. 园艺学报, 2012,39(1):73-80.

[3] 赵明勇,阮培均,梅艳,等. 喀斯特温凉气候区半夏高产栽培技术优化研究[J]. 作物杂志,2012(3):93-98.

[4] 陈中坚,孙玉琴,赵雄廷,等. 施肥水平对半夏产量和质量影响的研究[J]. 中药材,2006,29(8):757-759.

[5] 张明,钟国跃,王德立,等. 半夏种植密度及底肥施用水平的研究[J]. 现代中药研究与实践,2003,17(4):23-24.

[6] 樊军,郝明德. 长期轮作与施肥对土壤主要微生物类群的影响[J]. 水土保持研究,2003,10(1):88-89,114.

[7] 于高波,吴凤芝,周新刚. 小麦、毛苕子与黄瓜轮作对土壤微生态环境及产量的影响[J]. 土壤学报,2011,48(1):175-184.

[8] 卜崇峰,刘国彬,戴全厚. 纸坊沟流域狼牙刺对土壤物理性状的影响[J]. 水土保持研究,2003,10(2):25-27.

[9] 高扬,梁宗锁. 水分对根类中药材根系生长及有效成分积累的影响[J]. 现代中药研究与实践,2004,18(3):10-15.

[10] 李西文,马小军,宋经文,等. 半夏规范化栽植、采收技术研究[J]. 现代中药研究与实践,2005,19(2):29.

区水资源总量呈现逐年增加的趋势下,区域的农业水土资源匹配程度却呈下降趋势;区域内农业水土资源匹配程度差异性较大,整个地区农业水土资源匹配程度呈现“自西向东依次变差”的特点。总的来看,河套地区耕地资源优势明显,水资源问题比较突出。

河套灌区水资源问题,既有来自资源性缺水的自然约束,也有地区粗放经营的人为后果。近些年来河套灌区虽加强了水利基础建设,但地区水利工程老化严重和田间配套差的现象依然大量存在,整体情况看,该地区的水利基础设施还是比较薄弱,同时地区灌溉方式和管理方法落后,这些都不利于节水农业的发展,加剧河套灌区水资源短缺,造成整个地区农业水土资源匹配程度低下。河套地区是西北重要的粮食生产区,在地区引黄水量限定的情况下,解决该地区的水资源问题,应该采取相应的一系列工程、技术、管理措施。引黄水和地下水的联合使用及采取井、渠结合的农田灌溉模式,同时加快地区续建配套与节水改造工程和水务管理体制的改革步伐,全面加强水利基础设施建设,兼顾区域农业水土资源优化配置,是增强河套灌区水土资源匹配程度的重要途径。

参考文献:

[1] 张晶,封志明,杨艳昭.宁夏平原县域农业水土资源平衡研究[J].干旱区资源与环境,2007,21(2):60-65.

[2] 刘彦随,吴传钧.中国水土资源态势与可持续食物安全[J].自然资源学报,2002,17(3):270-275.
 [3] 操信春,吴普特,王玉宝,等.水分生产率指标的时空差异及相关关系[J].水科学进展,2014,25(2):268-274.
 [4] 操信春,吴普特,王玉宝,等.中国灌区水分生产率及其时空差异分析[J].农业工程学报,2012,28(13):1-7.
 [5] 吴宇哲,鲍海君.基尼系数及其在区域水土资源匹配分析中的应用[J].水土保持学报,2003,17(5):123-125.
 [6] 刘洋,金凤君,甘红.区域水资源空间匹配分析[J].辽宁工程技术大学学报,2005,24(5):657-660.
 [7] 姜宁,付强.基于基尼系数的黑龙江省水资源空间匹配分析[J].东北农业大学学报,2010,41(5):56-60.
 [8] 刘彦随,甘红,张富刚.中国东北地区农业水土资源匹配格局[J].地理学报,2006,61(8):847-854.
 [9] 侯薇,刘小学,魏晓妹.陕西关中地区农业水土资源时空匹配格局研究[J].水土保持研究,2012,19(1):134-138.
 [10] 范群芳,董增川,杜芙蓉.农业用水和生活用水效率研究与探讨[J].水利学报,2007(S1):465-469.
 [11] 张银辉,罗毅,刘纪远,等.灌区土地利用变化驱动因素分析:以内蒙古河套灌区为例[J].资源科学,2006,28(1):81-85.
 [12] 彭芳,张新林.浅谈内蒙古河套灌区节水灌溉潜力[J].内蒙古农业大学学报,2005,26(2):73-76.
 [13] 杨路华,沈荣开,曹秀玲.内蒙古河套灌区地下水合理利用的方案分析[J].农业工程学报,2003,19(5):56-59.

(上接第131页)

[11] 田雨,庄莹,曹义,等.雾灵山低山区土地利用类型对土壤理化性质的影响[J].水土保持研究,2012,19(6):41-44.
 [12] 刘晚苟,山仑,邓西平.干湿条件下土壤容重对玉米根系导水率的影响[J].土壤学报,2003,40(5):779-782.
 [13] 陈祯.土壤容重变化与土壤水分状况和土壤水分检测的关系研究[J].节水灌溉,2010(12):47-50.
 [14] Sainju U M, Good D E. Vertical root distribution in relation to soil properties in New Jersey Pineland forest [J]. Plant and Soil,1993,150(1):87-97.
 [15] 李卓,吴普特,冯浩,等.容重对土壤水分蓄持能力影响模拟试验研究[J].土壤学报,2010,47(4):611-620.
 [16] Barraclough P B, Weir A H. Effects of a compacted subsoil layer on root and shoot growth, water use and nutrient uptake of winter wheat[J]. Journal of Agricultural Science,1988,110(2):207-216.
 [17] 薛正平,杨星卫,段项锁,等.土壤养分空间变异及合理取样数研究[J].农业工程学报,2002,18(4):6-9.
 [18] 陶俊.三峡库区不同护坡草本根系分布对土壤理化性质的时间尺度效应[D].重庆:西南大学,2013.
 [19] 宋日,刘利,吴春胜,等.土壤团聚体大小对大豆出苗和

幼苗生长的影响[J].中国油料作物学报,2009,31(2):223-227.
 [20] Sandnes A, Eldhuset T D, Wollebæk G. Organic acids in root exudates and soil solution of Norway spruce and silver birch[J]. Soil Biology and Biochemistry,2005,37(2):259-269.
 [21] 吴惠群,李光德.金荞麦生态环境研究[J].云南师范大学学报:自然科学版,1994,14(4):102-109.
 [22] 李振高,李良谟,潘映华,等.小麦苗期根系分泌物对根际反硝化细菌的影响[J].土壤学报,1995,32(4):408-413.
 [23] 李小刚.影响土壤水分特征曲线的因素[J].甘肃农业大学学报,1994,29(3):273-278.
 [24] Williams J, Prebble R E, Williams W T, et al. The influence of texture, structure and clay mineralogy on the soil moisture characteristic [J]. Soil Research, 1983,21(1):15-32.
 [25] Hillel D. Application of Soil Physics[M]. New York: New York Academic Press,1980.
 [26] 潘瑞,刘树庆,宁国辉,等.土壤质地定名法及吸湿水与土壤粒级含量关系的研究[J].北方园艺,2010(16):25-29.