

棉花连作对渭干河 – 库车河三角洲绿洲土壤理化性质的影响

玉苏甫·买买提¹, 满苏尔·沙比提¹, 阿曼古丽·艾孜子²

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054;

2. 新疆维吾尔自治区土壤肥料工作站, 新疆 乌鲁木齐 830006)

摘 要: 以渭干河 – 库车河三角洲绿洲连作 5、10、15、20 a 和 25 a 的棉田土壤为研究对象, 对棉田土壤的理化性质和酶活性进行分析。结果表明: 随着棉花连作年限的增长棉田土壤容重增大、孔隙度下降, 粗砂和细沙含量增加, 粘粒含量下降, 其变化连作 15 a 极为明显; 随着连作年限的增长盐分含量和 pH 值逐渐降低, 有机质和碱解氮含量大幅度升高, 速效磷比较稳定或略有减小, 而钾的含量显著下降, 致使氮、磷、钾比例失调, 其增减变化连作 15 a 极为显著; 随着连作年限的增长脲酶、过氧化氢酶和转化酶的活性呈现先升后降的趋势, 连作 15 a 都达到最高值, 蛋白酶和磷酸酶活性也呈现先升后降的趋势, 但其活性连作 20 a 达到最高值。由研究结果可以得出研究区棉花连作年限不宜超过 15 a, 棉花连作年限超过 15 a 时, 会导致土壤容重增大、孔隙度下降, 土体紧实板结, 结构性差, 土壤养分含量失衡, 酶活性降低, 土壤质量下降等连作障碍, 使得棉花产出和效益受到影响。

关键词: 土壤理化性质; 土壤酶活性; 棉花连作; 渭干河 – 库车河三角洲绿洲

中图分类号: S153; S154.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)04-0117-05

Effect of continuous cotton cropping on soil physical and chemical properties in Ugan – Kuqa River Delta Oasis

Yusuf Mamat¹, Mansur Sabit¹, Amangul Eziz²

(1. School of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University Urumqi, Xinjiang 830054, China;

2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Soil and Fertilizer Station, Urumqi, Xinjiang 830006, China)

Abstract: The objective of this study was to determine the soil physical and chemical properties and enzymes activities of cotton field after different continuous cropping ages in Ugan – Kuqa River Delta Oasis. Results showed that: The soil bulk density, coarse sand and fine sand contents increased with the increase of continuous cropping ages, whereas porosity and the clay content decreased; With the increase of continuous cropping ages, pH value, salt and potassium contents decreased, whereas the contents of organic matter and alkaline hydrolytic nitrogen increased significantly, as well as available phosphorus content was relatively stable or decreased slightly. These changes resulted in imbalance of nitrogen, phosphorus, and potassium; With the increase of continuous cropping ages, the activities of urease, catalase, invertase, protease, and phosphatase increased at first, and then decreased. The changes of soil physical and chemical properties and enzymes activities were significant after 15 years of continuous cropping, except for the activities of protease and phosphatase which changed significantly after 20 years. It is therefore suggested that the maximum year of continuous cotton cropping be 15 years for Ugan – Kuqa River Delta Oasis.

Keywords: soil properties; soil enzyme activities; continuous cotton cropping; Ugan – Kuqa River Delta Oasis

新疆是我国最大的优质商品棉生产基地, 棉花是新疆农业生产的主导产业, 成为农民增收致富的支柱产业, 已初步实现了植棉区域化、布局专业化的格局^[1-2]。渭干河 – 库车河三角洲绿洲光热资源丰富, 气候独特, 棉花生产具有得天独厚的优越条件, 是新疆的主要产棉区之一, 棉花种植面积占耕地总

收稿日期: 2013-09-17
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41261056); 国家自然科学基金项目(41261056, 31260048)
作者简介: 玉苏甫·买买提(1960—), 男(维吾尔族), 新疆阿图什人, 副教授, 主要从事干旱区绿洲农业资源研究。E-mail: yusup@xjnu.edu.cn。

面积的 83% 以上,其中沙雅县占 95% 以上,新和县占 90% 以上,库车县占 70% 以上,棉花多年连作现象非常普遍。棉花长期连作会导致土壤速效养分含量失衡、土壤理化性状变差、土壤酶活性下降、微生物种群发生变化,从而棉田发生棉花死苗、生长不良、病虫害发生频繁、“早衰”、产量下降等连作障碍现象,使得棉花产出和效益受到影响,对农业生产持续发展具有很大的潜在危险^[3]。

许多研究表明^[4-5],不同类型的土壤以及同一类型土壤上种植不同的作物,其土壤的容重、孔隙度、机械组成、化学性状、养分含量以及酶活性均存在一定差异。渭干河-库车河三角洲绿洲是新疆主要产棉区之一,棉花作为研究区支柱产业地位不会改变,而且会进一步加强。本项研究通过分析渭干河-库车河三角洲绿洲长期连作棉田土壤理化性状和酶的活性,探讨棉花长期连作对土壤理化性状和酶活性的影响,以揭示棉田土壤质量演变特征,为研究区棉花可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

渭干河-库车河三角洲绿洲位于南疆塔里木盆地北缘,中天山南麓,北部起秋里塔格山,南部接塔里木河北岸,是个典型而完整的扇形平原绿洲,行政范围辖阿克苏地区的库车、沙雅、新和县。地势北高南低,北部是高峻的天山山脉,是研究区重要的水源地;中部是以秋里塔格山为主的长期剥蚀的低山和残丘,呈东西向断续分布;南部是山前平原区,主要是戈壁、绿洲和沙漠景观。渭干河与库车河使山前平原区形成和发育较大的绿洲,是阿克苏地区最大的灌溉区,新疆主要的产棉区之一。研究区土壤类型多样,主要的土壤为潮土、灌淤土、草甸土、灌耕棕漠土、灌耕风沙土、沼泽土、盐土、棕钙土等。在各类耕地土壤中,以潮土为主,占耕地总面积的65.29%,其次灌淤土,尤其是种植棉花耕地以潮土和灌淤土为主,土壤结构轻细,透水性差^[6-7],棉花长期连作对棉田土壤的理化性状和土壤养分影响显著。

2 材料与方法

2.1 土壤样品采集

土样采自渭干河-库车河三角洲绿洲连作 5、10、15、20 a 和 25 a 的典型棉田,同时采用 GPS 定位技术,以库车、沙雅、新和土地类型图为参考,使采样点尽可能涵盖渭干河-库车河三角洲绿洲内主要土地利用类型,而且尽可能使样点分布规则,利于进行

统计分析。采样时间 2012 年 9 月 26—30 日,取样层为 0~30 cm,共计 79 个点,每一个连作年限约取 15 个样点,样点分布见图 1。

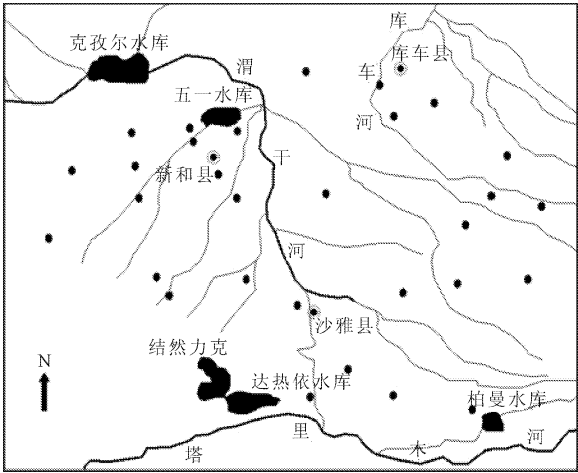


图 1 渭干河-库车河三角洲绿洲土壤采样点分布
Fig.1 Distribution of soil sampling in Ugan-Kuqa River Delta Oasis

2.2 测定项目与方法

棉田土壤的容重、孔隙度、粒度、化学性质和酶的活性采用常规方法^[8-10]测定。

3 结果与分析

3.1 棉花连作对土壤容重的影响

土壤容重是反映土壤松紧程度重要的物理指标。在土壤质地大致相同的条件下,容重较小表明土壤孔隙度较大,土体疏松,孔隙较多;容重较大表明土壤孔隙度较小,土体紧实,结构性差。土壤容重变化随固体颗粒大小的变化而变化,它与土壤基质、结构特性、腐殖质含量、土壤松紧状况、耕作管理以及灌溉情况有关,它对土壤中的空气、水分、肥料、热量状况和农业生产有显著影响^[1]。不同连作年限棉田土壤物理性状指标见表 1。

由表 1 可知,研究区 5 a 连作棉田土壤的容重 1.372 g·cm⁻³,25 a 连作棉田土壤的容重 1.452 g·cm⁻³,容重在 20 年间增大 5.83%,随着连作年限的变化,容重呈现 25 a>20 a>15 a>10 a>5 a 趋势,表明棉花长期连作会导致土壤容重增大,土体紧实板结,结构性差,不利于农业生产。

3.2 棉花连作对土壤孔隙度的影响

土壤孔隙是用单位体积内土壤孔隙所占的百分比来表示。土壤孔隙度大,表明土壤较疏松,土壤的透气性好。

表 1 不同连作年限棉田土壤的物理性质

Table 1 Soil physical properties of cotton field after different continuous cropping ages							
年限 Years/a	容重/(g·cm ⁻³) Bulk density	孔隙度/% Porosity	砾石/% Gravel > 2 mm	粗砂/% Coarse sand 2 ~ 0.25 mm	细砂/% Fine sand 0.25 ~ 0.05 mm	细粉砂/% Silty sand 0.01 ~ 0.005 mm	粘粒/% Clay < 0.002 mm
5	1.372	45.4	0.00	7.22	22.53	37.42	32.83
10	1.391	43.5	0.00	13.31	21.73	35.74	29.22
15	1.409	41.3	0.00	11.17	27.51	36.16	25.16
20	1.431	39.2	0.00	14.78	29.31	36.95	18.96
25	1.452	37.4	0.00	16.45	31.46	37.82	14.27

由表 1 可以看出,随着棉花连作年限的增加,土壤孔隙度均呈下降趋势,尤其在棉花连作 15 a 之后,土壤孔隙度下降更加明显。5 a 连作棉田土壤的孔隙度为 45.4%,25 a 连作棉田土壤的孔隙度为 37.4%,孔隙度在 20 年间下降 17.62%,随着连作年限的增长,孔隙度呈现 5 a>10 a>15 a>20 a>25 a 趋势,说明棉花长期连作会导致土壤孔隙度下降,土体紧实板结,不利于保护土壤的结构,会减弱土壤的透气性。

3.3 棉花连作对土壤机械组成的影响

土壤粗细颗粒组成直接影响土壤空气、水分、肥料和热量的保持及运动,与作物的生长发育有密切关系。从表 1 可以看出,棉花连作土壤中均不存在砾石,且粗砂、细砂、细粉砂及粘粒的百分含量都呈现为无规律的变化。总体而言,棉花连作土壤中细粉砂和粘粒占较大比例,随着棉花连作年限的增加,粗砂和细砂的含量呈现为增长趋势,棉花 5 a 连作土壤的粗砂含量 7.22%,25 a 连作土壤的粗砂含量

16.45%,粗砂含量在 20 年间增加 9.23%;棉花 5 a 连作土壤的细砂含量 22.53%,25 a 连作土壤的细砂含量 31.46%,细砂含量在 20 年间增加 8.93%;细粉砂含量基本没有变化;棉花 5 a 连作土壤的粘粒含量 32.83%,25 a 连作土壤的粘粒含量 14.27%,粘粒含量在 20 年间降低 14.27%。说明棉花长期连作会导致土壤粗砂和细砂含量增加,粘粒含量降低,不利于维持土壤质地和土壤的持续利用。

3.4 棉花连作对土壤化学性质的影响

棉花连作对土壤化学性质的影响见表 2。土壤的 pH 值和总盐量对作物的生长发育、土壤微生物数量和活性以及土壤养分有效性有很大影响^[11]。连作棉田土壤 pH 值 8.54~8.06,总体上是随着连作年限的增加呈现逐渐下降趋势。土壤总盐量是 8.61~1.21 g·kg⁻³,也是随着棉花连作年限的增加呈现下降趋势,尤其是连作 10 年之后下降较显著,连作 10、15、20 a 和 25 a 分别是连作 5 a 的 72.36%、54.82%、28.46%、14.05%。

表 2 不同连作年限棉田土壤的化学性质

Table 2 Soil chemical properties of cotton field after different continuous cropping ages								
年限 years/a	pH	总盐 Total salt /(g·kg ⁻¹)	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Alkaline N /(mg·kg ⁻¹)	全磷 Total P /(g·kg ⁻¹)	速效磷 Available P (mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K (mg·kg ⁻¹)
5	8.54	8.61	10.41	0.524	47.24	0.996	17.53	186.7
10	8.32	6.23	12.62	0.681	53.27	1.215	13.18	164.3
15	8.25	4.72	14.45	0.765	56.23	1.019	18.12	144.8
20	8.17	2.45	13.53	0.642	60.21	0.921	13.97	132.5
25	8.06	1.21	11.17	0.721	64.55	1.047	10.81	107.6

棉花连作年限的不同土壤肥力因素的变化趋势也是不同。随着棉花连作年限的增加土壤有机质含量和全氮含量先增后减,不同连作年限之间变化无规律。如土壤有机质含量连作 10、15、20、25 a 分别比连作 5 a 增加 21.23%、38.81%、29.97%、7.30%;全氮含量连作 10、15、20、25 a 分别比连作 5 a 增加 29.96%、45.99%、22.52%、37.60%,有机质和全氮

含量在连作 15 a 达到最大值,分别比连作 5 a 增加 38.81%和 45.99%。碱解氮随着棉花连作年限的增加而有规律性的增加,土壤的碱解氮含量连作 10、15、20、25 a 分别是连作 5 a 的 112.76%、119.03%、127.46%、136.64%。全磷和速效磷在不同的连作年限之间无规律的变化,全磷总体上呈现略有增加趋势,连作 25 a 与连作 5 a 相比差异不显著;速效磷

呈现略有减小趋势,在连作 15 a 达到最大值,连作 25 a 达到最小值。速效钾含量随着连作年限的增加呈现快速下降的趋势,连作 25 a 与连作 5 a 相比差异明显,尤其是连作 15 a 后速效钾含量明显下降,连作 10、15、20、25 a 速效钾含量分别是连作 5 a 的 88.00%、77.56%、70.97%、57.63%。

3.5 棉花连作对土壤酶活性的影响

酶是土壤中最活跃的有机成分之一,土壤酶活性在一定程度上反映土壤理化性质动态变化状况,每一种酶的活性都指示一种生物化学和物质循环过程^[12-13]。

脲酶是一种专性酶,能够促进土壤中含酰胺肽氮的水解,生成的氨是植物氮素营养来源之一,对提高氮素利用率,促进土壤氮素循环都具有重要意义。由表 3 可知,在研究区随棉花连作年限的增加,脲酶呈现先升后降的趋势,总体上棉花连作土壤脲酶的活性呈现 15 a>10 a>20 a>25 a>5 a 趋势,连作 15 a 达到最高值。

表 3 不同连作年限棉田土壤酶的活性					
Table 3 Soil enzymes activities of cotton field after different continuous cropping ages					
年限 Years /a	脲酶 Urease (mg·g ⁻¹)	过氧化氢酶 Catalase (mL·g ⁻¹)	转化酶 Invertase (mL·g ⁻¹)	蛋白酶 Protease (mg·g ⁻¹)	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase (mg·g ⁻¹)
5	14.71	3.55	2.10	0.19	12.02
10	19.89	5.51	3.13	0.22	12.99
15	20.48	5.81	3.28	0.23	12.80
20	19.45	5.72	3.15	0.26	16.17
25	18.17	5.64	3.12	0.24	16.11

过氧化氢酶促进氧化氢分解为水和氧、合成腐殖质和防止过氧化氢对生物毒害,参与土壤物质和能量转化,其活性高低在一定程度上反映土壤生物化学过程氧化还原能力的大小。由表 3 可知,在研究区随着棉花连作年限的增加,过氧化氢酶呈增加态势,总体上呈现先增后减的趋势,连作 5 a 和 10 a 过氧化氢酶活性较低。过氧化氧酶活性的下降,说明土壤中氧化作用变弱,过氧化氢分解受到抑制,以及由此造成根系分泌物的大量积累和增加,容易使根系的毒害作用加重而引起连作障碍。连作 10 a 后过氧化氢酶升高,在连作 15 a 达到最高值,说明这时土壤过氧化氢酶的解毒能力较强,有利于解除过氧化氢对土壤和生物的毒害作用,连作 15 a 之后又会略有下降。

转化酶活性参与碳水化合物的转化,使蔗糖水

解成葡萄糖和果糖,成为植物和微生物可溶性糖和重要的营养来源,它对增加土壤中易溶性营养物质起着重要作用。在研究区连作棉田土壤转化酶活性呈现 15 a>20 a>10 a>25 a>5 a 趋势(表 3),其变化趋势与过氧化氢酶一致,连作 5 a 和 25 a 活性最低,连作 15 a 和 20 a 转化酶活性升高,为连作 5 a 的 156.19%和 150.00%。转化酶活性高,说明土壤生物活性好,土壤肥力高,土壤状况良好,由此可知,棉花连作 15 a 和 20 a 后仅此酶而言,土壤熟化程度提高,有利于作物的生长发育。

蛋白酶能够促进蛋白质水解成氨基酸。在研究区蛋白酶活性随着棉花连作年限的增加,呈现先上升后下降趋势,连作 5 a 蛋白酶活性最低,连作 5 a 以后蛋白酶活性增加,连作 10、15、20、25 a 蛋白酶活性分别比连作 5 a 增加 15.79%、21.05%、36.84%和 26.32%。蛋白酶活性的升高,说明土壤肥力水平高,土壤供应养分的能力增强,研究区棉花长期连作后,土壤肥力状况向好的方向发展。

磷酸酶活性是衡量土壤磷素生物转化方向与强度的指标,其活性反映土壤供应有效磷的潜在能力,它参与土壤中的有机磷转化成无机磷的过程,既能促进有机磷循环速度,又能加速土壤有机磷化合物的分解,使之转化为植物可吸收利用的无机磷,为植物提供有效磷素。从表 3 不同连作年限棉田中磷酸酶活性变化可看出,随着连作年限的延长,磷酸酶活性先升高后下降,其变化规律与过氧化氢酶、转化酶和蛋白酶基本一致。磷酸酶活性连作 5 a 最低,为 12.02 mg·g⁻¹,连作 20 a 最高,为 16.17 mg·g⁻¹,比连作 5 a 增加 34.53%,连作 10、15 a 和 25 a 分别比连作 5 a 增加 8.07%、6.49%和 34.03%。

4 结 论

1) 土壤的容重、孔隙度和机械组成直接影响土壤空气、水分、肥料、热量的保持和运动,与作物的生长发育有密切关系。研究结果表明,棉花长期连作会使土壤的容重增大、孔隙度下降,并随着棉花连作年限的增加其数量变化越来越明显,尤其是连作 15 a 之后变化更加明显。棉花连作对土壤机械组成的影响也较显著,随着棉花连作年限的增加土壤粗砂和细沙含量逐渐增加,细粉砂含量基本不变,粘粒含量下降,其变化连作 15 a 之后极为明显,说明棉花连作年限不宜超过 15 a,超过 15 a 时土壤开始退化,质量下降。

2) 由于农业灌溉中不断洗盐,随着棉花连作年限增加土壤的盐分含量和 pH 值逐渐降低。连作棉

田土壤的有效养分含量受到施肥水平和农业技术的影响。由于研究区棉田长期存在重施氮肥,轻施磷肥,少施或不施钾肥的现象,导致土壤中的有机质、全氮和碱解氮含量有较大提高,速效磷含量长期连作之后较稳定或略有减小,而钾的含量显著下降,致使土壤中的氮、磷、钾比例失调。上述元素的增减变化连作 15 a 极为明显。

3) 酶是土壤中最活跃的有机成分之一,酶活性在一定程度上反映土壤理化性质的动态变化。在研究区棉花连作年限的增加,脲酶呈现先升后降的趋势,连作 15 a 达到最高值;过氧化氢酶无规律的增加,连作 5 a 和 10 a 过氧化氢酶活性较低,连作 10 a 后过氧化氢酶的活性升高,在连作 15 a 达到最高值;转化酶连作 5 a 和 25 a 活性最低,连作 15 a 和 20 a 最高;蛋白酶随着棉花连作年限的增加,呈现先升后降趋势,连作 5 a 蛋白酶活性最低,连作 20 a 活性最高;随着连作年限的延长,磷酸酶活性先升高后下降,其活性连作 5 a 最低,连作 20 a 最高。综上所述可知,脲酶、过氧化氢酶和转化酶的活性,棉花连作 15 a 达到最高值,蛋白酶和碱性磷酸酶的活性,连作 20 a 达到最高值,说明棉花连作 15 ~ 20 a 时土壤成熟,棉田氧化和解毒能力逐渐增强,能够降低棉花根系分泌物产生的自毒效应,促进棉花对养分的吸收。上述分析结果表明,无论是从棉田土壤理化性质的变化来看,还是酶活性的变化情况来看,在研究区最适宜棉花连作的年限为 15 a,超过 15 a 导致土壤容重增大,孔隙度下降,土体紧实板结,结构性差,土壤养分含量失衡,酶活性降低,土壤质量下降,土壤退化;发生棉花死苗、生长不良、病虫害发生频繁、“早

衰”、产量下降等连作障碍现象,使得棉花产出和效益受到影响。

参 考 文 献:

[1] 顾美英,徐万里,茆 军,等.连作对新疆绿洲棉田土壤微生物数量及酶活性的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):1-5.

[2] 万素梅,王立祥.发挥区域资源优势——促进新疆棉花可持续发展[J].塔里木大学学报,2006,18(1):98-101.

[3] 李秀玲,吕光辉,何雪芬.连作年限对土壤理化性质及酶活性的影响[J].干旱区资源与环境,2012,26(9):93-97.

[4] 万素梅,吴先民,刘晓红,等.长期连作对新疆棉田土壤物理性质影响的研究[J].中国农学通报,2012,28(12):48-53.

[5] 贡 璐,冉启洋,韩 丽.塔里木河上游典型绿洲连作棉田土壤酶活性与其理化性质的相关性分析[J].水土保持通报,2012,32(4):36-42.

[6] 满苏尔·沙比提,海鹰,阿布拉江·苏来曼.近 50 年来渭干河 - 库车河三角洲绿洲耕地变化及其成因[J].地理研究,2004,23(4):487-494.

[7] 满苏尔·沙比提,热合漫·玉苏甫,阿布拉江·苏莱曼.渭干河 - 库车河三角洲绿洲土地资源合理利用对策分析[J].干旱区资源与环境,2004,18(1):111-116.

[8] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科技出版社,1978.

[9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.

[10] 关松荫.土壤酶学研究方法[M].北京:农业出版社,1986.

[11] 朱新萍,梁 智,王 丽,等.连作棉田土壤酶活性特征及其与土壤养分相关性研究[J].新疆农业大学学报,2009,32(4):13-16.

[12] 刘建国,张 伟,李彦斌,等.新疆绿洲棉花长期连作对土壤理化性状与土壤酶活性的影响[J].中国农业科学,2009,42(2):725-733.

[13] 李银平,林忠东,李小斌,等.北疆连作棉田轮作倒茬模式的研究[J].干旱地区农业研究,2010,28(1):243-254.

(上接第 69 页)

参 考 文 献:

[1] 李战超,魏文寿,陈荣毅,等.玛纳斯河流域气候变化对参考蒸散量的影响[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(1):33-38.

[2] 谢 平,陈晓宏,刘丙军.湛江地区适宜参考作物蒸发蒸腾量计算模型分析[J].农业工程学报,2008,24(5):6-9.

[3] 李 彦,陈祖森,张 保,等.参考作物蒸发蒸腾量的多元线性回归模型研究[J].新疆农业大学学报,2005,28(1):70-72.

[4] 刘 丽,迟道才,李帅莹.基于灰色组合模型的参考作物腾发量预测[J].人民长江,2008,39(19):32-34.

[5] 赵 旭,李 毅,刘俊民.新疆地区参考作物腾发量的灰色模型预测[J].农业工程学报,2009,25(10):50-56.

[6] Sudheer K P, Gosain A K, Ramasastri K S. Estimating actual evapo-

transpiration from limited climatic data using neural computing technique[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2003,129(3):214-218.

[7] Trajkovic S, Todorovic B. Forecasting of reference evapotranspiration by artificial neural networks[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2003,129(6):454-457.

[8] 徐俊增,彭世彰,李道西,等.基于气象预报的参考作物蒸发蒸腾量的神经网络预测模型[J].水利学报,2006,37(03):376-379.

[9] 魏光辉,申 莲,曹 伟.深圳市各气象要素对水面蒸发量影响程度的灰色关联分析[J].沙漠与绿洲气象,2008,2(3):33-35.

[10] 魏光辉,王 勇,申 莲.库尉地区气象要素对水面蒸发量影响程度的灰关联分析[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(3):18-20.