

宁夏不同地区温室土壤养分的变化特点^①

王菊兰 何文寿*

(宁夏大学农学院 银川 750021)

摘 要 根据宁夏温室的分布状况,按照不同地区分别采集了温室和露地土壤,分析了土壤 N、P、K 养分含量的变化特点。结果表明,温室土壤的 N、P、K 养分含量明显高于露地,表现为相对累积,其顺序依次是 $\text{NO}_3^- \text{-N} > \text{速效 P} > \text{速效 K} > \text{碱解 N} > \text{全 P} > \text{全 N}$ 。从不同地区来看,土壤 N、K 含量总体上是灌区高于山区,而土壤全 P 和速效 P 含量在两地区间差异不显著,但各养分含量的变异系数都是山区大于灌区。从不同县级地域来看,温室土壤养分含量在平罗县、兴庆区、西夏区、青铜峡市、中卫县、原州区、盐池县之间存在显著或不显著差异,其中盐池县的各养分含量最低,均显著低于其他各市县。

关键词 温室土壤;氮磷钾养分;变化特点

中图分类号 S153.6

温室是现代高产稳产的商品蔬菜、水果生产基地,具有较高的产量和经济效益。随着我国农业结构的战略性调整,温室栽培发展迅速,面积逐年增加,已成为我国农业中最有活力的新产业之一,是农业增效、农民增收的一项重要手段,目前我国蔬菜生产中占有十分重要的地位。但由于温室所处的环境条件不同于露地,因此温室土壤的性质变化方向也不同于露地土壤,根据已查阅到的有关文献资料,温室土壤的理化和生物学性质的变化因地(空间上的地域性)因时(栽培年限)而异^[1~9]。从空间上来看,不同地区的气候条件、土壤类型、施肥、灌溉等管理水平不同,对温室土壤的影响不同;从时间上来看,不同种植年限的温室土壤性质因栽培条件和施肥、灌溉等管理水平不同而异,有些性质变好了,而有些性质恶化,影响温室栽培的可持续发展。温室土壤 N、P、K 养分含量是土壤的重要性质,也存在时空变化特征。据山东、辽宁、山西等地的研究结果,温室土壤 N、P、K 养分含量一般高于露地;但随着种植年限的延长,出现降低或累积^[10~16]。就宁夏引黄灌区和干旱半干旱山区温室土壤 N、P、K 养分含量的时空变化特点,尚缺乏系统研究。为此,本试验针对宁夏不同地区和各市县的温室土壤,研究其 N、P、K 养分含量的变化规律,为提高宁夏地区温室土壤肥力、走可持续发展的道路

提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试土壤样品的采集与处理

根据宁夏不同地区温室分布现状,按照随机抽样理论,于 2004 年 3~4 月,分别在灌区(平罗县姚伏镇曙光村、银川市兴庆区大新乡大新村和西夏区军马场村、青铜峡市小坝镇张岗村、中卫县东园乡东园村)和山区(固原市原州区东红村、盐池县城郊乡王庄子村),选择温室及其采样点附近的露地(CK)为采样点,采用 9 点法取不同层次(0~15、15~30 cm)的土样。每县市的土壤样本数为 18~24 个。

将取回的土样,拣去根系、残枝落叶及碎石,室内风干。然后将样品用木棍碾碎,全部过 1 mm 筛,取 2/3 装于磨口瓶中,用于分析速效性养分;1/3 再全部碾磨,过 0.25 mm 筛,装于磨口瓶中,用于分析全量养分(全 N、全 P)。

1.2 测试项目与分析方法

本试验中,土壤养分含量的测试项目有土壤全 N、碱解 N、 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、全 P、速效 P 和速效 K,其测定方法分别为半微量凯氏定氮法、碱解扩散法、水杨酸比色法、高氯酸硫酸-酸溶钼锑抗比色法、Olsen 法、1 mol/L 乙酸铵提取-火焰光度法^[17,18]。按上述

^①国家自然科学基金项目(40561008)和宁夏自然科学基金重大项目(ZD3)资助。

* 通讯作者

方法,分别测定 0~15、15~30 cm 土层土壤样品的养分含量。

由于各类蔬菜的根系分布深度不均,为统一起见,本文取 0~15、15~30 cm 养分含量的平均值,采用 Fisher 统计方法,按照温室土壤与露地、不同地区的温室、各市县的温室分别计算了土壤 N、P、K 养分含量的统计特征值,并对各市县 N、P、K 养分含量进行了方差分析^[19]。本文中土壤 N、P、K 养分含量均以纯元素含量表示。

2 结果与分析

2.1 温室土壤 N 素养分含量的变化

2.1.1 土壤全 N 量 土壤全 N 量是指土壤中无机 N 和有机 N 的总贮量,其含量高低可反映土壤的供 N 潜力,也是土壤肥力指标之一。因为土壤全 N 含量与有机质含量之间呈高度正相关 ($r = 0.73 \sim 0.95$)^[20, 21]。本试验结果表明(表 1),供试温室土壤全 N 含量变化范围为 0.43~2.48 g/kg,平均为 1.28 g/kg,变异系数为 46.05 %;而相对应的露地土壤全 N 含量变化范围为 0.26~1.29 g/kg,平均为 0.72 g/kg,变异系数为 46.59 %。两者平均相差 0.56 g/kg,温室土壤较露地高出 77.8 %。

表 1 宁夏温室土壤与露地土壤 N、P、K 养分含量的测定结果

Table 1 Soil N, P and K contents of fields under greenhouse and in the open in Ningxia

农田类型	特征值	全量 (g/kg)		速效 (mg/kg)			
		全 N	全 P	碱解 N	NO ₃ ⁻ -N	速效 P	速效 K
温室	范围值	0.43~2.48	0.56~4.18	63.0~392.8	14.8~164.6	29.1~579.2	69.4~612.1
	平均值	1.28	2.14	202.6	82.1	213.6	220.0
	标准差	0.59	1.15	93.5	40.2	165.5	133.3
	变异系数	46.05	53.81	46.2	49.0	77.5	60.6
露地	范围值	0.26~1.29	0.33~2.78	51.6~155.1	5.1~44.2	8.8~138.5	53.6~225.3
	平均值	0.72	1.07	99.2	14.9	42.1	91.3
	标准差	0.34	0.79	35.4	13.3	43.8	57.9
	变异系数	46.59	74.48	35.7	89.2	104.1	63.4

从不同地区来看(表 2),灌区与山区温室土壤全 N 含量不同,灌区变幅在 0.51~2.48 g/kg 之间,平均为 1.34 g/kg,变异系数为 42.54 %;山区变化范围在 0.43~1.95 g/kg 之间,平均为 1.12 g/kg,变异系数为 54.13 %。两地平均相差 0.22 g/kg,灌区较山区高出 19.9 %。

从地区内县级地域比较来看(表 3),温室土壤全 N 平均含量高低依次为中卫县、原州区、西夏区、青铜峡市、兴庆区、平罗县、盐池县;在中卫县、平罗县、盐池县之间差异达极显著水平,在原州区、西夏区、青铜峡市、兴庆区之间差异不显著。

表 2 宁夏不同地区温室土壤 N、P、K 养分含量的统计特征值

Table 2 Statistical features of soil N, P and K contents under greenhouse in different regions

地区	特征值	全量 (g/kg)		速效 (mg/kg)			
		全 N	全 P	碱解 N	NO ₃ ⁻ -N	速效 P	速效 K
灌区	范围值	0.51~2.48	0.73~3.85	67.2~392.8	27.7~164.6	60.6~575.3	105.2~612.1
	平均值	1.34	2.15	224.8	89.1	213.4	227.4
	标准差	0.57	0.99	92.7	40.8	142.2	122.3
	变异系数	42.54	45.95	41.2	45.8	66.6	53.8
山区	范围值	0.43~1.95	0.56~4.18	63.0~224.4	14.8~95.2	29.1~579.2	69.4~528.1
	平均值	1.12	2.12	148.8	65.1	214.0	202.1
	标准差	0.61	1.49	71.9	33.5	213.9	157.2
	变异系数	54.13	70.33	48.3	51.6	100.0	77.8

表 3 宁夏各市县温室土壤 N、P、K 养分差异显著性检验

Table 3 Analysis of variance of soil N, P and K contents under greenhouse in different towns in Ningxia

各市县	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	NO ₃ ⁻ -N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
平罗县	1.10 ± 0.03 cC	1.78 ± 0.01 cC	240.9 ± 1.4 bAB	92.9 ± 1.1 bcB	232.9 ± 0.6 bAC	199.4 ± 5.1 cBC
银川市兴庆区	1.23 ± 0.06 bcBC	1.92 ± 0.16 cBC	147.2 ± 8.3 dC	61.6 ± 5.3 dC	156.6 ± 16.9 bC	146.4 ± 8.1 cdCD
银川市西夏区	1.33 ± 0.18 bcABC	2.35 ± 0.32 bcBC	173.2 ± 26.1 cdC	57.6 ± 5.9 dC	346.3 ± 48.3 aA	192.6 ± 7.2 cBC
青铜峡市	1.29 ± 0.11 bcABC	2.62 ± 0.26 bAB	286.2 ± 15.8 aA	127.5 ± 9.2 aA	211.5 ± 26.5 bC	209.1 ± 12.7 cBC
中卫县	1.70 ± 0.14 aA	2.14 ± 0.18 bcBC	282.9 ± 17.5 aA	108.3 ± 8.8 bAB	157.2 ± 20.0 bC	369.2 ± 33.7 aA
固原市原州区	1.55 ± 0.09 abAB	3.21 ± 0.21 aA	201.7 ± 9.0 bcBC	88.5 ± 4.3 cB	344.6 ± 40.6 aAB	280.0 ± 34.2 bB
盐池县	0.55 ± 0.05 dD	0.67 ± 0.05 dD	78.2 ± 5.9 eD	33.9 ± 4.2 eD	39.9 ± 6.4 cD	98.2 ± 9.6 dD

注：大写字母表示 $P < 0.01$ 水平，小写字母表示 $P < 0.05$ 水平，同一列中不同字母代表差异显著。

2.1.2 土壤碱解 N 土壤碱解 N 含量可反映近期内土壤的供 N 能力。试验结果表明（表 1），供试温室土壤碱解 N 含量较高，其变化范围为 63.0 ~ 392.8 mg/kg，平均为 202.6 mg/kg，变异系数为 46.2 %；而相对应的露地土壤碱解 N 含量范围为 51.6 ~ 155.1 mg/kg，平均为 99.2 mg/kg，变异系数为 35.7 %。两者平均相差 103.4 mg/kg，温室较露地平均高出 104.2 %。

从不同地区来看（表 2），灌区温室土壤碱解 N 含量变幅在 62.7 ~ 392.8 mg/kg 之间，平均为 224.8 mg/kg，变异系数为 41.2 %；山区变化范围为 60.3 ~ 224.4 mg/kg，平均为 148.8 mg/kg，变异系数为 48.3 %。两地平均相差 76.0 mg/kg，灌区较山区平均高出 51.1 %。

从地区内县级地域比较来看（表 3），温室土壤碱解 N 平均含量高低依次为青铜峡市、中卫县、平罗县、原州区、西夏区、兴庆区、盐池县；在青铜峡市、中卫县、平罗县、原州区、西夏区、兴庆区之间差异不显著，但它们均与盐池县差异极显著。

2.1.3 土壤 NO₃⁻-N 土壤 NO₃⁻-N 是植物特别是蔬菜作物可直接吸收利用的主要 N 素形态。试验结果表明（表 1），供试温室土壤 NO₃⁻-N 含量变幅在 14.8 ~ 164.6 mg/kg 之间，平均为 82.1 mg/kg，变异系数为 49.0 %；而相对应的露地土壤 NO₃⁻-N 含量变化范围为 5.1 ~ 44.2 mg/kg，平均为 14.9 mg/kg，变异系数为 89.2 %。平均值两者相差 67.1 mg/kg，温室较露地平均提高 449.6 %。

从不同地区来看（表 2），温室土壤 NO₃⁻-N 含量不同，灌区变化范围在 27.7 ~ 164.6 mg/kg 之间，平均为 89.1 mg/kg，变异系数为 45.8 %；山区变化范围为 14.8 ~ 95.2 mg/kg，平均含量为 65.1 mg/kg，

变异系数为 51.6 %。两地平均相差 24.0 mg/kg，灌区较山区平均高出 36.8 %。

从地区内县级地域比较来看（表 3），温室土壤 NO₃⁻-N 平均含量高低依次为青铜峡市、中卫县、平罗县、原州区、兴庆区、西夏区、盐池县；青铜峡市、原州区、兴庆区、盐池县的温室土壤 NO₃⁻-N 含量差异极显著，但中卫县、平罗县、原州区的差异不显著，银川市的兴庆区和西夏区的差异亦不显著。

2.2 温室土壤 P 素养分含量的变化

2.2.1 土壤全 P 量 土壤全 P 量是指土壤各种形态 P 素的总贮量，虽其高低与土壤有效 P 含量之间没有很好的相关性，但它可以反映土壤的潜在供 P 能力^[22]。本试验结果表明（表 1），供试温室土壤的全 P 含量变化范围为 0.56 ~ 4.18 g/kg，平均为 2.14 g/kg，变异系数为 53.81 %；而相对应的露地土壤全 P 含量变化范围为 0.33 ~ 2.78 g/kg，平均为 1.07 g/kg，变异系数为 74.48 %。两者平均相差 1.07 g/kg，温室较露地平均高出 100.4 %。

从不同地区来看（表 2），温室土壤全 P 含量灌区变化范围为 0.73 ~ 3.85 g/kg，平均为 2.15 g/kg，变异系数为 45.95 %；山区变幅为 0.56 ~ 4.18 g/kg，平均为 2.12 g/kg，变异系数为 70.33 %。可见，平均值两地相差不大，但变异系数山区明显大于灌区。

从地区内县级地域比较来看（表 3），温室土壤全 P 含量高低依次为原州区、青铜峡市、西夏区、中卫县、兴庆区、平罗县、盐池县；在原州区、青铜峡市、平罗县、盐池县之间差异达 5 %水平显著，但在西夏区、中卫县、兴庆区之间差异不显著。

2.2.2 土壤速效 P 土壤速效 P（有效 P）是指短期内（当季作物）土壤能供给作物吸收利用的 P

素,包括水溶性P和弱酸溶性P,所以土壤速效P含量更能反映土壤P素的供应水平^[19,20,22]。试验结果(表1)表明,供试温室土壤的速效P含量变化在29.1~579.2 mg/kg之间,平均为213.6 mg/kg,变异系数为77.5%;而相对应的露地土壤速效P含量变化范围为8.8~138.5 mg/kg,平均为42.1 mg/kg,变异系数为104.1%。两者平均相差171.5 mg/kg,温室较露地平均高出407.6%。

从不同地区来看(表2),温室土壤速效P含量灌区变化范围在60.6~575.3 mg/kg之间,平均为213.4 mg/kg,变异系数为66.6%;山区变化范围为29.1~579.2 mg/kg,平均为214.0 mg/kg,变异系数为100%。可见,两地间平均值相差不明显,但变异系数山区远远大于灌区。

从地区内县级地域比较来看(表3),温室土壤速效P含量高低依次为西夏区、原州区、平罗县、青铜峡市、中卫县、兴庆区、盐池县;在西夏区、原州区、平罗县、青铜峡市、中卫县、兴庆区之间差异不显著,但它们均与盐池县差异极显著。

2.3 温室土壤速效K含量的变化

土壤速效K含量主要指土壤交换性K(占90%)和少量水溶性K(占10%)含量之和,它通常决定土壤供给当季作物的K素水平。试验结果(表1)表明,供试温室土壤速效K含量变化范围在69.4~612.1 mg/kg之间,平均为220.0 mg/kg,变异系数为60.6%;而相对应的露地土壤速效K含量变化范围为53.6~225.3 mg/kg,平均为91.3 mg/kg,变异系数为63.4%。两者平均相差128.7 mg/kg,温室较露地平均高出140.9%。

从不同地区来看(表2),温室土壤速效K含量灌区变化范围为105.2~612.1 mg/kg,平均为227.4 mg/kg,变异系数为53.8%;山区变化范围在69.4~528.1 mg/kg之间,平均为202.2 mg/kg,变异系数为77.8%。两地平均相差25.3 mg/kg,灌区较山区平均高出12.5%。

从地区内县级地域比较来看(表3),温室土壤速效K含量高低依次为中卫县、原州区、青铜峡市、平罗县、西夏区、兴庆区、盐池县;在中卫县、原州区、青铜峡市、盐池县之间达5%水平差异,但在平罗县、西夏区、兴庆区之间差异不显著。

3 结论

(1) 从供试温室与露地土壤比较来看,土壤养

分含量前者明显高于后者,温室土壤养分含量表现出有一定累积。从养分种类来看,土壤全N、碱解N、NO₃⁻-N、全P、速效P、速效K的平均含量温室较露地分别高出77.8%、104.2%、449.6%、100.4%、407.6%、140.9%。温室土壤养分累积大小依次为NO₃⁻-N>速效P>速效K>碱解N>全P>全N。

(2) 温室土壤养分含量的分布在地理上表现出一定规律性,土壤全N、碱解N、NO₃⁻-N、速效K养分含量总体上都是灌区高于山区,而土壤全P和速效P养分含量在灌区和山区两地相差不大,但各养分含量的变异系数山区均大于灌区。

(3) 从县级地域来看,温室土壤养分含量在平罗县、兴庆区、西夏区、青铜峡市、中卫县、原州区、盐池县之间存在显著或不显著差异,其中盐池县各含量最低,均显著低于其他各市县。温室土壤全N、速效K养分含量以中卫县最高,原州区较高,青铜峡市、西夏区、兴庆区、平罗县居中,盐池县最低;碱解N和NO₃⁻-N养分含量大小依次为青铜峡市、中卫县、平罗县、原州区、兴庆区、西夏区、盐池县;土壤全P量高低依次为原州区、青铜峡市、西夏区、中卫县、兴庆区、平罗县、盐池县;土壤速效P含量在西夏区、原州区最高,平罗县、青铜峡市、中卫县、兴庆区居中,盐池县最低。这可能与当地自然生态条件、土壤基础肥力和施肥管理水平等因素有关。

参考文献

- 葛箐萍. 大棚土壤的理化性状. 土壤通报, 1998, 29 (2): 88~90
- 李文庆, 李光德, 骆洪义. 大棚栽培对土壤盐分状况影响的研究. 山东农业大学学报, 1995, 26 (2): 165~169
- 谢学东, 李加友. 蔬菜大棚养分积累调查. 南京农专学报, 1999, 15 (1): 26~29
- 李德成, 花建明, 李忠佩, 周祥, 张桃林, Velde B. 不同利用年限蔬菜大棚土壤中微量元素含量的演变. 土壤, 2003, 35 (6): 495~499
- 贾继文, 聂俊华, 李絮花, 宋付朋, 桑卫民. 蔬菜大棚土壤理化性状与土壤酶活性关系的研究. 山东农业大学学报(自然科学版), 2001, 32 (4): 427~432
- International Potash Institute. Fertilizing for high yield and quality-vegetable. IPI Bulletin, 1995, 13
- 姚圣梅, 杨晓红, 郑雪虹, 刘雄德. 蔬菜大棚土壤微生物种类及数量的初步研究. 华中农业大学学报, 1997, 16

- (4): 347 ~ 350
- 8 何文寿. 设施农业中存在的土壤障碍及其对策研究进展. 土壤, 2004, 36 (3): 235 ~ 242
- 9 曹慧, 杨浩, 孙波, 赵其国. 不同种植时间菜园土壤微生物生物量和酶活性变化特征. 土壤, 2002, 34 (4): 197 ~ 200
- 10 薛立, 邝立刚, 陈红跃, 谭绍满. 不同林分土壤养分微生物与酶活性的研究. 土壤学报, 2003, 40 (2): 280 ~ 285
- 11 程季珍. 山西中部菜田土壤养分状况与合理施肥. 山西农业科学, 1994, 22 (1): 36 ~ 39
- 12 He TX, Wu DY, He CH, He FJ, Marchand M, Hardter R. Nutrient balance in relation to high yield and good quality of potato on an acid purple soil in Chongqing, China. Pedosphere, 2001, 11(1): 83 ~ 92
- 13 肖千明, 高秀兰, 娄春荣, 孙文涛, 杨永华. 辽宁省保护地土壤肥力现状分析. 见: 谢建昌, 陈际型. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 52 ~ 56
- 14 孟鸿光, 李中, 刘乙俭, 金福兰, 尹长安, 姜文君, 张基迁, 王洪凤. 沈阳城郊温室土壤特性调查研究. 土壤通报, 2000, 31 (2): 70 ~ 72
- 15 崔正忠, 陈友, 单德新. 蔬菜保护地土壤养分变化趋势. 北方园艺, 2001 (2): 10 ~ 12
- 16 李中, 金福兰, 刘乙俭. 不同年限温室土壤养分状况分析. 辽宁农业科学, 1999 (5): 53 ~ 55
- 17 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1978
- 18 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000
- 19 毛达如. 植物营养研究方法. 北京: 科学出版社, 1996, 1 ~ 100
- 20 赵风艳, 吴凤之, 刘德, 姚禾雨. 大棚菜地土壤理化特性的研究. 土壤肥料, 2000 (2): 11 ~ 13
- 21 沈其荣. 土壤肥科学通论. 高等教育出版社, 2001
- 22 何文寿. 宁夏不同农业生态区土壤养分时空变化特征. 干旱地区农业研究, 2004, 22 (2): 25 ~ 30

VARIABILITY OF N, P AND K CONTENTS OF GREENHOUSE SOILS IN DIFFERENT REGIONS OF NINGXIA

WANG Ju-lan HE Wen-shou

(Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan 750021)

Abstracts Based on distribution of greenhouses in Ningxia, soil samples were collected randomly from 0 ~ 30 cm topsoil layers of croplands and greenhouses located in different regions. Variability of the contents of N, P and K in the tested soils was analyzed. The results showed that the contents of N, P and K in the greenhouse soils were generally higher than that in the soils of open field. In terms of relative accumulation, the nutrients in greenhouse soils were in the order of nitrate N > available P > readily available K > alkali-hydrolyzable N > total P > total N. The contents of these nutrients in the greenhouse soils showed a certain feature of geographic distribution. The contents of N and K (except for P) of the soils were generally higher in the irrigation region than in the mountain region, but the variation coefficients of all the nutrients were obviously the other way round. The differences in average contents of soil N, P and K between the six counties, Pingluo, Xixia, Xingqing, Qingtongxia, Zhongwei and Yuanzhou, were insignificant, but significant between the six and Yanchi County, which was the lowest in these soil nutrient contents.

Key words Greenhouse soils, NPK nutrients, Variation