

基于 GIS 与地统计学宁夏枸杞主产区 不同树龄土壤肥力特征研究

李 锋¹, 李 银 坤²

(1. 宁夏农林科学院 农业经济与信息技术研究所, 宁夏 银川 750002;

2. 北京农业智能装备技术研究中心, 北京 100097)

摘 要:宁夏枸杞生产中施肥不合理,造成枸杞产量下降,土壤板结,氮、磷富集,树体早衰落叶等严重后果。结合 GPS 对中宁和惠农不同树龄枸杞产地进行‘S’形多点、混合土样采集,应用地统计学和 ArcGIS 技术对宁夏枸杞主产区——惠农和中宁不同树龄枸杞产地土壤肥力等级分布情况进行了研究。结果表明:5 年以下树龄枸杞产地的土壤全氮含量等级为 $0.9 \sim 1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质含量等级为 $10.0 \sim 15.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效钾含量等级主要为 $<200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $>300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷含量等级主要为 $<50.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $80.0 \sim 120.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。土壤供钾和磷能力差距较大,需要增施有机肥,提高该区土壤缓冲性能和保肥能力。惠农 6~9 年树龄的土壤全氮含量 $<1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质含量 $<15.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,等级均要略低于中宁,供氮能力弱于中宁;惠农和中宁 10 年以上树龄枸杞的土壤全氮含量与有机质含量等级基本相同,分别为 $0.9 \sim 2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $>10.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,供氮能力均较强。惠农 6~9 年树龄枸杞的土壤有效钾含量 $<250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷含量 $<50.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,等级要略低于中宁,而惠农 10 年以上树龄的土壤有效钾含量 $>200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷含量 $<80.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,等级要低于中宁。惠农 6 年以上树龄枸杞产地的土壤供钾及供磷能力均弱于中宁,中宁 10 年以上树龄枸杞的土壤供磷能力最强,磷肥需求相对最少。

关键词:宁夏枸杞;GIS;不同树龄;惠农;中宁;全氮;有机质;有效钾;有效磷

中图分类号:S 567.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)24-0134-10

枸杞作为一种名贵药材,是国家卫生部公布的药食同源品种之一,在我国已有 2 000 多年药

用历史^[1]。截至 2013 年,我国枸杞种植面积达 183 万 hm^2 ,其中宁夏种植面积为 85.7 万 hm^2 ,占全国枸杞种植面积的 46.8%,干果总产量达 13 万 t,占我国总产量 50%以上^[2]。宁夏枸杞主要分布在银川平原、卫宁灌区,以及黄河沿岸及支流沿岸的盐碱地,其中中宁宁夏枸杞种植面积为 20 万 hm^2 ,惠农县种植面积为 7.1 万 hm^2 ,这 2 个地区为宁夏枸杞的主要产区^[3]。

施肥是影响枸杞生产的重要因素。由于长期施用大量的化肥,目前已造成土壤板结、枸杞产量下降等问题^[4-5]。也有研究表明,宁夏枸杞园土壤

第一作者简介:李锋(1981-),男,硕士,助理研究员,现主要从事农业信息化与装备化技术研究等工作。E-mail: nxlifeng@163.com.

责任作者:李银坤(1982-),男,博士,副研究员,现主要从事作物水肥高效利用研究等工作。E-mail: liyk@nercita.org.cn.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41501312);宁夏农林科学院科技创新先导资助项目(NKYZ-16-1101)。

收稿日期:2017-07-18

中的速效磷及速效钾的平均含量是粮田的1.6~2.0倍^[6]。有机肥却很少在枸杞生产中被施用,导致土壤中氮、钾等大量元素以及硼、锰等微量元素严重缺乏,造成枸杞树体早衰落叶或干尖落叶等现象^[7]。合理有效的施肥以及维持适宜的土壤肥力是宁夏枸杞优质高产的重要基础^[8]。全氮、有机质、有效钾和有效磷是衡量土壤肥力的重要指标,目前针对宁夏主产区枸杞田土壤肥力状况的研究较少,尤其是针对不同树龄枸杞田土壤养分空间变异的研究尚鲜见报道。该研究以宁夏枸杞主产区(中宁和惠农县)为研究对象,基于地统计学和GIS技术^[9],分别对不同树龄枸杞田的土壤肥力特征及土壤肥力等级分布情况进行了综合分析,以期对宁夏枸杞主产区不同树龄枸杞田的土壤养分管理及施肥决策提供参考依据和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

中宁和惠农为宁夏枸杞主产区,该区隶属宁夏引黄灌区,日照充足,温差较大,热量丰富,无霜期较长。该灌区年均气温8~9℃,属大陆性气候,干旱少雨、蒸发强烈,年均蒸发量1100~1600mm,年均降水量仅180~200mm,且降水年内分配不均,7—9月的雨量占全年雨量的60%~70%。研究区主栽枸杞品种为“宁杞1号”,土壤类型以灌淤土为主,质地为粉质壤土^[10]。

1.2 试验方法

2013年10月对宁夏枸杞主产区中宁和惠农枸杞种植情况进行实地调查和土壤样品的采集。根据枸杞的生长年限,将研究区内种植的枸杞分成3个树龄等级,分别为10年以上、6~10年和5年以下。以上述3种不同树龄的枸杞果园为调查对象,采用GPS定位技术,遵循均匀性、代表性的原则对2个地区不同树龄的枸杞园进行定位取样。取样位置按照在枸杞根部附近占70%,行间占30%的布局进行,中宁有48个监测点,惠农有18个监测点,采样深度为0~30、30~60cm,每个混合样8~10个点,共采集土样102个。在中宁

和惠农县取样点的详细分布情况如图1所示。

土样经登记编号后自然风干,弃除作物残体和杂物,磨细、过筛后进行土壤养分的测定。土壤有机质含量采用重铬酸钾氧化法测定;土壤全氮含量采用凯氏定氮法测定;土壤有效磷含量采用钼锑抗比色法测定;土壤速效钾含量采用火焰光度法测定。

1.3 数据分析

利用ArcGIS软件进行克里金插值(Kriging)^[8]。克里金法的基本原理是根据相邻变量的值,利用变异函数揭示的区域化变量的内在联系来估计空间变量数值^[9]。

2 结果与分析

2.1 全氮含量等级分布情况

土壤全氮包括所有形式的有机和无机氮素,是标志土壤氮素总量和供应植物有效氮素的源和库,能够综合反映土壤的氮素状况。参考《绿色食品产地环境质量标准》(NY/T391—2000),根据惠农和中宁枸杞种植区土壤全氮含量进行等级划分,共划分为 >2.0 、 $1.5\sim 2.0$ 、 $0.9\sim 1.5$ 、 $<0.9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 4个级别。

从图2(a)可以看出,不同树龄枸杞在中宁均有分布,其中10年以上树龄的种植面积最大,可占总面积的44.2%。土壤全氮含量为 $0.9\sim 1.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 所占区域面积最大,其主要分布在5年以下和10年以上树龄的种植园内。土壤全氮含量为 $1.5\sim 2.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $>2.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的区域主要是10年以上树龄的种植园。

由图2(b)可知,惠农无5年以下树龄的枸杞种植园,10年以上和6~9年树龄的种植面积分别占总面积的59.0%和41.0%。全氮含量在 $0\sim 2.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 均有分布,其中土壤全氮含量为 $0.9\sim 1.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的区域面积最大,可占该研究区总面积的49.8%。6~9年树龄的种植园土壤全氮含量主要位于 $<0.9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.9\sim 1.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 2个区间,10年以上的种植园土壤全氮含量在 $0.9\sim 1.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $>2.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 2个区间。可见,随着种植年限的延长,土壤全

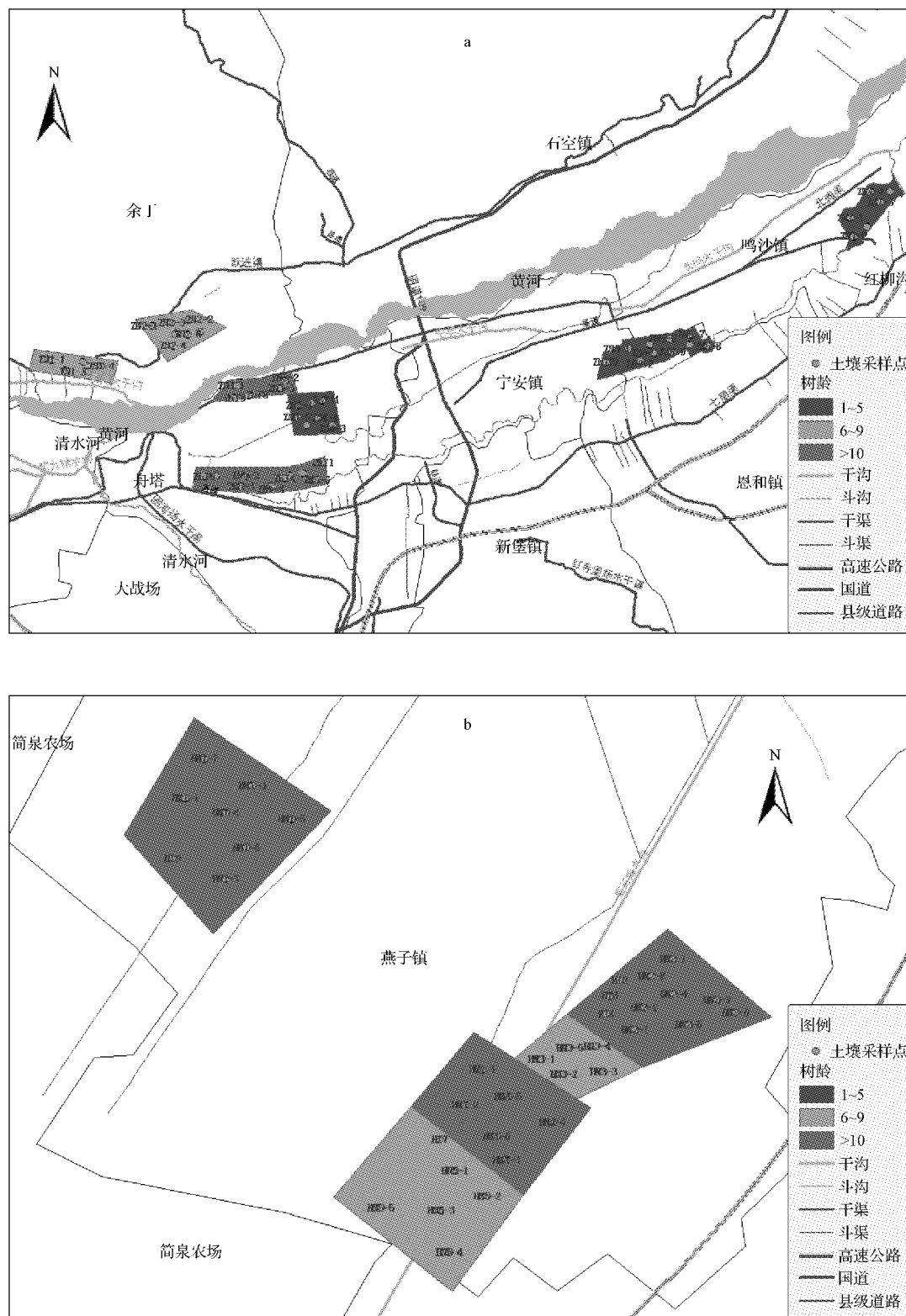


图1 中宁(a)和惠农(b)枸杞产地土壤采样点分布

Fig. 1 Soil sampling point distribution in wolfberry origins in Zhongning(a) and Huinong(b)

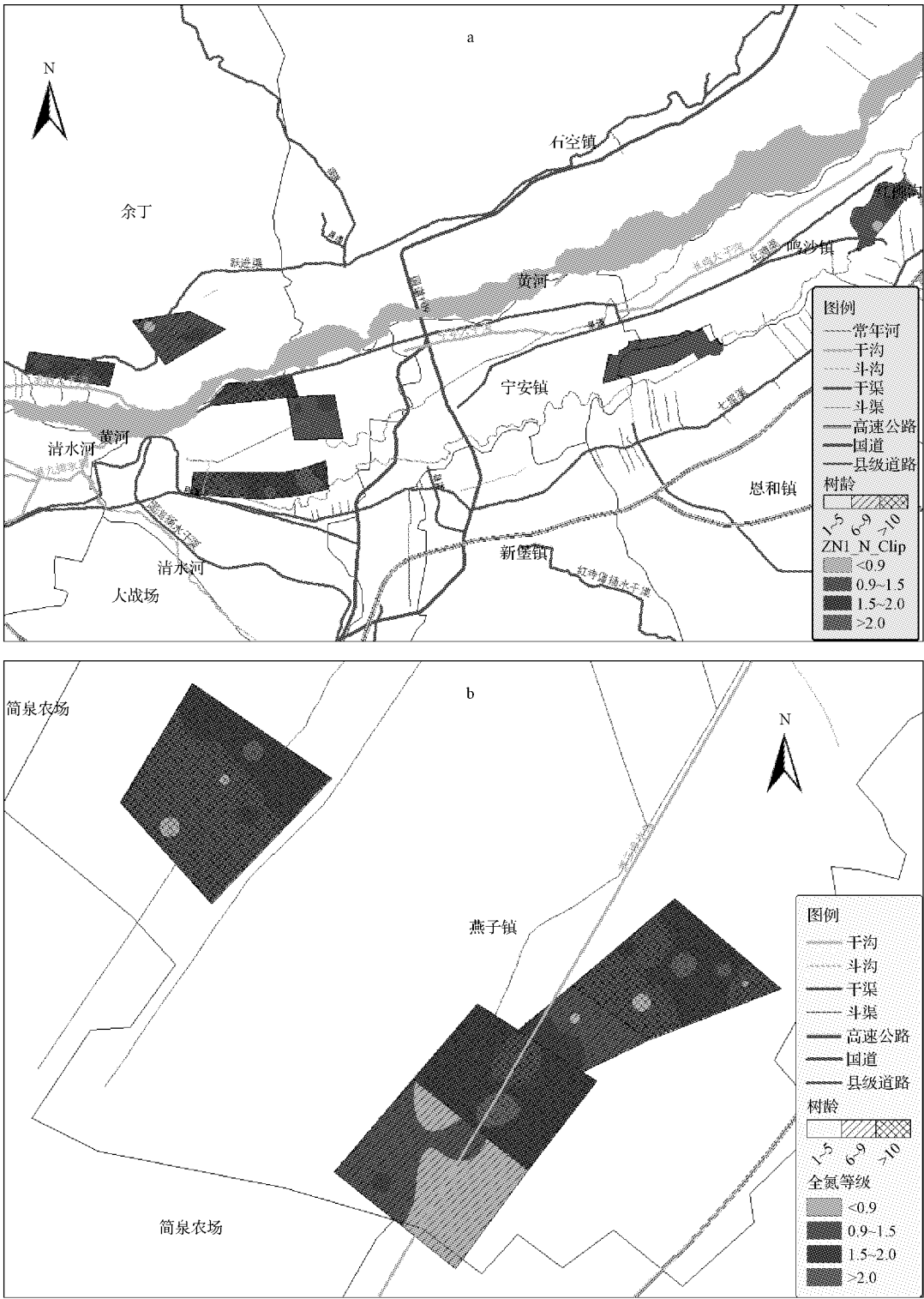


图 2 中宁(a)和惠农(b)枸杞产地不同树龄土壤全氮含量等级分布

Fig. 2 Soil total N content level distribution of wolfberry with different ages in origins in Zhongning(a) and Huinong(b)

氮含量有增加趋势。其中,惠农6~9年树龄的种植园存在土壤全氮含量 $<0.9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的情况,应适当增施氮肥。而中宁和惠农10年以上树龄的土壤供氮能力较强,均不需要大量施用氮肥。

2.2 有机质含量等级分布情况

有机质强烈影响土壤特性,如水渗透率、侵蚀性、持水力、养分循环等,其对提高土壤质量和作物生产力具有显著的作用,被认为是衡量土壤质量的最重要指标^[11]。参考《绿色食品产地环境质量标准》(NY/T391—2000),根据惠农和中宁枸杞种植区土壤中有机质含量对土壤进行等级划分,可划分为 >18.0 、 $15.0\sim 18.0$ 、 $10.0\sim 15.0$ 、 $<10.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 4个级别。

图3显示,中宁5年以下树龄的枸杞种植区,土壤有机质含量主要在 $10.0\sim 15.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别,可占5年以下树龄种植面积的85.6%;另有 $<10.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $15.0\sim 18.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别土壤,仅占5年以下树龄种植面积的4.1%和10.3%。惠农与中宁的6~9年树龄枸杞的土壤有机质含量在 $0\sim 18.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 均有分布,其中 $10.0\sim 15.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别土壤所占区域面积最大,占6~9年树龄区域总面积的82.2%; $15.0\sim 18.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别土壤所占区域面积很小,仅占该树龄区域总面积的6.4%。2个地区10年以上树龄枸杞的土壤有机质含量均大于 $10.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其中 $>18.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别土壤所占区域面积最大,可占10年以上树龄区域总面积的51.2%; $10.0\sim 15.0$ 、 $15.0\sim 18.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别土壤所占区域面积次之,分别占10年以上树龄区域总面积的18.1%和30.3%, $<10.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别土壤所占区域面积最小,只占0.4%。

由此可知,中宁和惠农的大部分枸杞种植区土壤有机质含量较高,尤其是树龄在10年以上的枸杞园区,土壤有机质含量较为丰富,这对增强土壤缓冲性能、提高保肥能力、改善物理性质以及促进良好土壤结构的形成均具有显著作用。而树龄在 <5 年或6~9年的枸杞园区,土壤有机质含量存在低于 $10.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的情况,应适当增施有机肥。

2.3 有效钾含量等级分布情况

土壤有效钾含量直接影响当季作物钾营养水

平,参考《绿色食品产地环境质量标准》(NY/T391—2000),根据惠农和中宁枸杞种植区土壤中有效钾含量对土壤进行等级划分,共划分为 <200 、 $200\sim 250$ 、 $250\sim 300$ 、 $>300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 4个级别。

从图4可以看出,中宁5年以下树龄的枸杞种植区,土壤有效钾含量主要位于 $<200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $>300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别,可占中宁5年以下树龄种植面积的32.3%和35.1%,其中 $<200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别土壤主要分布于宁安镇,而 $>300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别土壤主要分布在鸣沙镇。 $200\sim 250\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别的面积仅占5年以下树龄种植面积的13.4%。惠农与中宁的6~9年树龄枸杞的土壤有效钾含量主要在 $<200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别,可占6~9年树龄区域总面积的68.0%, $200\sim 250\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $250\sim 300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别的土壤面积较小,仅占该树龄区域总面积的29.4%和2.6%。10年以上树龄的土壤有效钾含量包括了全部的4个级别,其中 $250\sim 300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别的面积最大,可占10年以上树龄区域总面积的35.0%,且主要分布在中宁县舟塔乡;其次为 $200\sim 250\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $>300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别,分别占到28.8%和25.5%,主要分布在惠农区燕子墩乡; $<200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 级别的土壤所占区域面积最小,仅占到10.7%。由此可见,随着枸杞种植年限的增长,土壤有效钾含量有增加趋势。因此,可根据枸杞种植年限调整钾肥施用量。但中宁县宁安镇的枸杞园树龄虽然 <5 年,却具有相对较高含量的土壤有效钾($>300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$),应针对性地减少钾肥施用。

2.4 有效磷含量等级分布情况

土壤有效磷是表征土壤供磷能力、确定磷肥用量和农业磷环境风险评价的重要指标。参考《绿色食品产地环境质量标准》(NY/T391—2000),根据惠农和中宁枸杞种植区土壤中有效磷含量对土壤进行等级划分,共划分为 <50.0 、 $50.0\sim 80.0$ 、 $80.0\sim 120.0$ 、 $>120.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 4个级别。

从图5可以看出,中宁5年以下树龄枸杞产地土壤有效磷含量变化很大,包括了全部4个等级。 $<50.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $80.0\sim 120.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

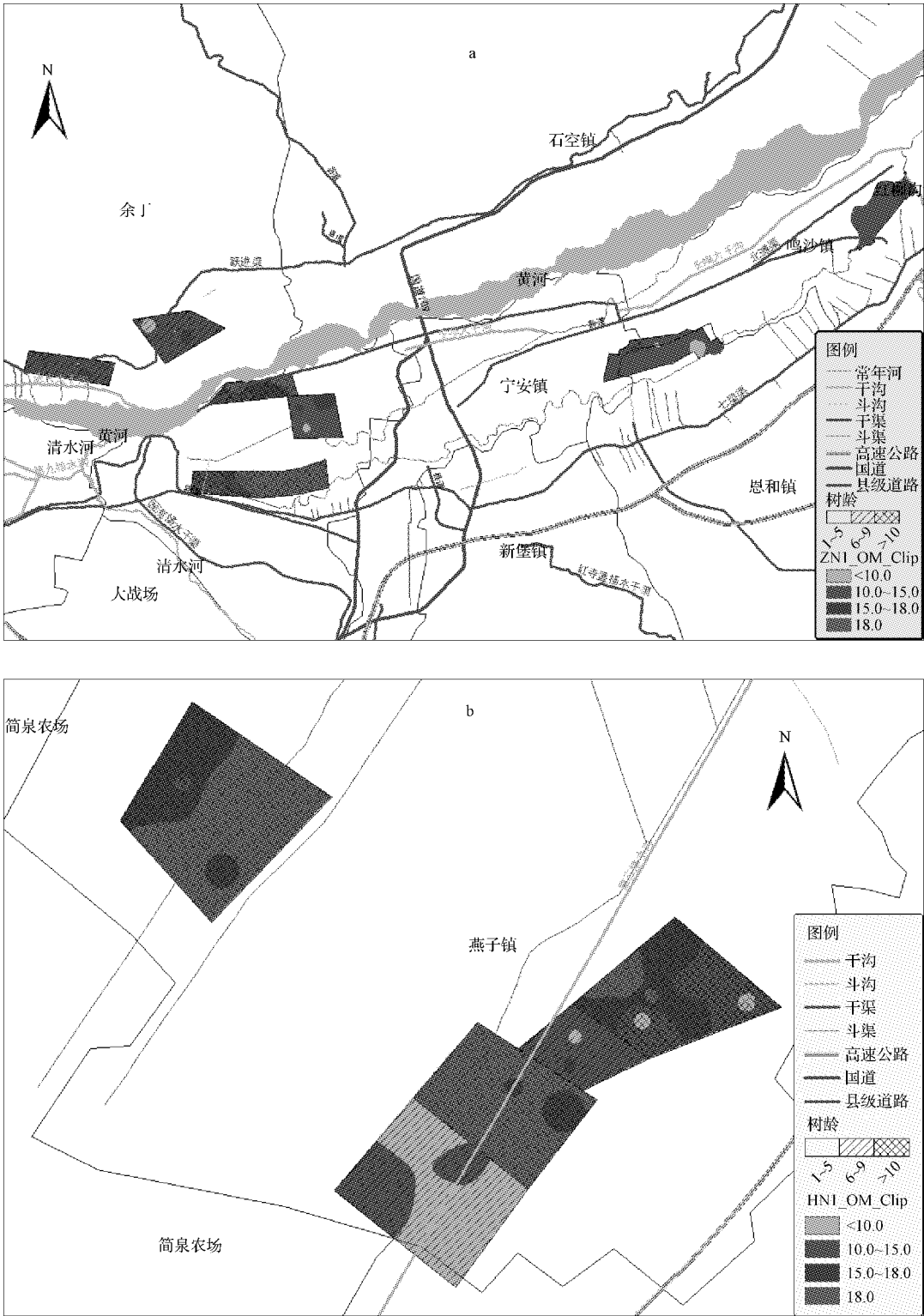


图 3 中宁(a)和惠农(b)枸杞产地不同树龄土壤有机质含量等级分布

Fig. 3 Soil organic content level distribution of wolfberry with different ages in origins in Zhongning(a) and Huinong(b)

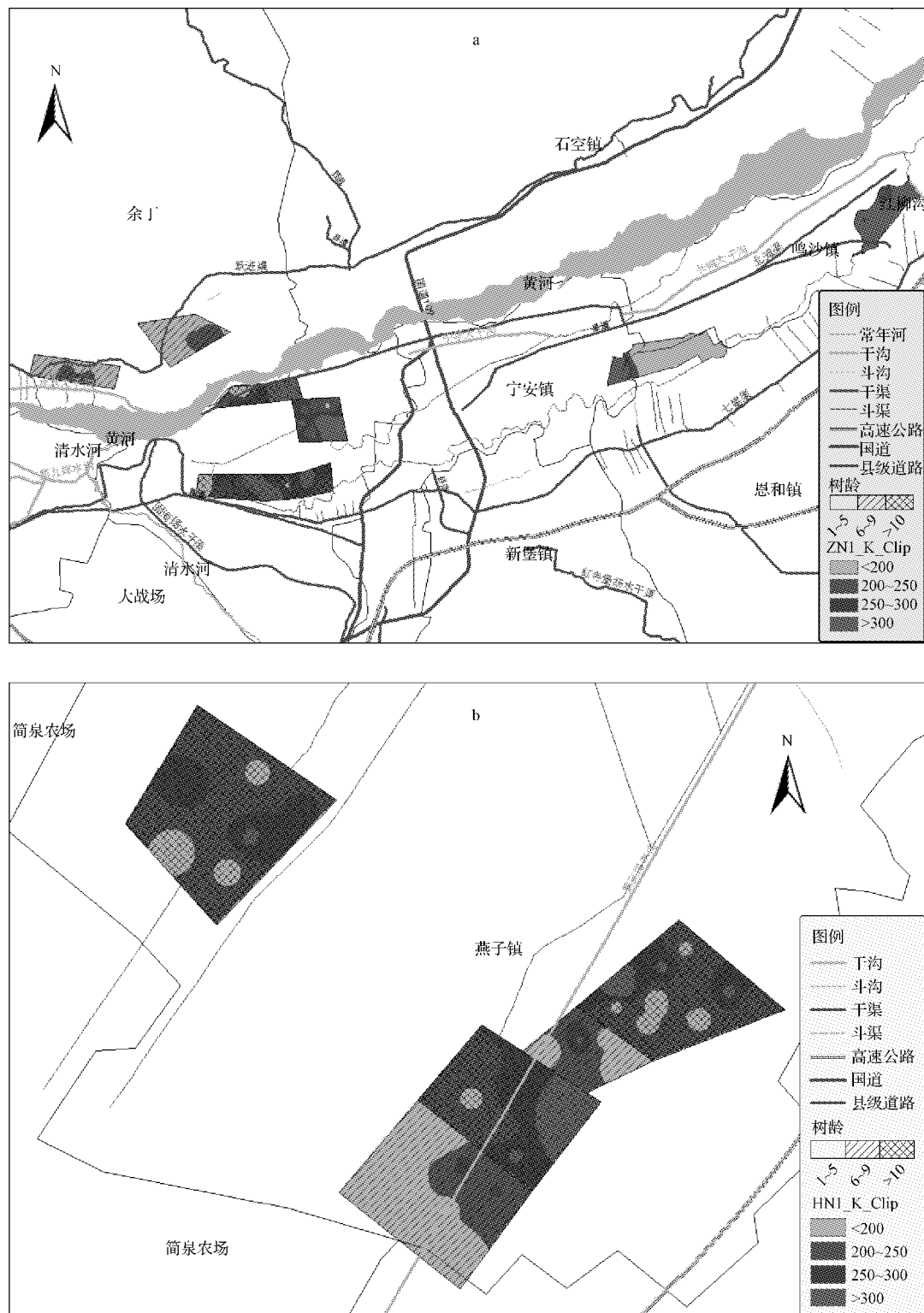


图4 中宁(a)和惠农(b)枸杞产地不同树龄土壤有效钾含量等级分布

Fig. 4 Soil available K content level distribution of wolfberry with different ages in origins in Zhongning(a) and Huinong(b)

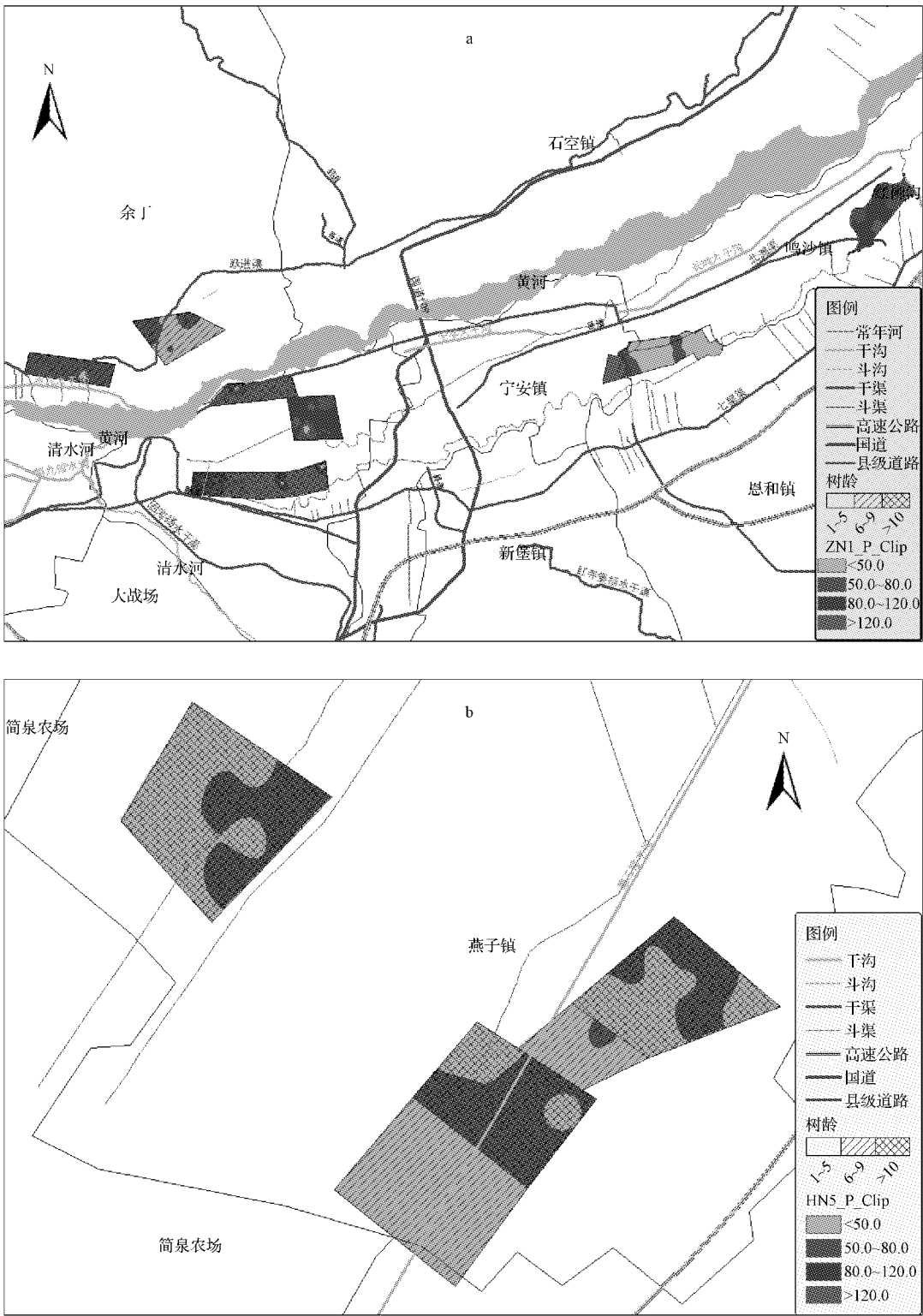


图 5 中宁(a)和惠农(b)枸杞产地不同树龄土壤有效磷含量等级分布

Fig. 5 Soil available P content level distribution of wolfberry with different ages in origins in Zhongning(a) and Huinong(b)

级别的区域面积较大,分别占5年以下树龄种植面积的26.7%和43.6%,其主要分布在中宁县康滩乡和宁安镇;50.0~80.0 mg·kg⁻¹和>120.0 mg·kg⁻¹级别的区域面积分别占该树龄总面积的21.5%和8.2%。惠农与中宁的6~9年树龄枸杞的土壤有效磷含量主要在50.0~80.0 mg·kg⁻¹和<50.0 mg·kg⁻¹级别,分别占该树龄种植总面积的50.1%和49.7%,惠农6~9年树龄枸杞产地94.6%为<50.0 mg·kg⁻¹级别土壤。10年以上树龄的土壤有效磷分布情况在惠农与中宁地区明显不同,其中惠农县土壤有效磷含量包括了<50.0 mg·kg⁻¹和50.0~80.0 mg·kg⁻¹级别,其比例为1:1,说明该地区10年以上树龄的枸杞园区土壤有效磷含量处于较低水平;中宁县土壤有效磷虽然包含4个级别,但有效磷<50.0、50.0~80.0 mg·kg⁻¹的土壤只有很小部分,76.5%的10年以上树龄枸杞产地土壤有效磷>120.0 mg·kg⁻¹,其次是有有效磷为80.0~120.0 mg·kg⁻¹的土壤。说明中宁10年以上树龄枸杞园区土壤有效磷含量较高,应适当减少磷肥投入。

整体上看,中宁县<5年和6~9年树龄的枸杞种植区,土壤有效磷含量处于较低水平,应适当增施磷肥;而10年以上树龄的枸杞种植区则应适当减少磷肥施用。惠农县不同树龄的土壤有效磷含量均相对较低,则应适当增施磷肥。

3 结论

参考马玉兰^[12]对宁夏灌区土壤微量元素的评价标准,基于GIS和地统计学技术,对宁夏中宁和惠农不同树龄枸杞产地的土壤肥力等级分布情况进行了研究,结果表明,土壤全氮和有机质含量有随着树龄增加而增加的趋势。总体来说,宁夏中宁和惠农枸杞产地土壤有机质含量处于二级和三级水平,土壤全氮含量处于一级和二级水平,

土壤有效磷含量达到一级标准,速效钾含量处于二级和三级水平。

因此,基于以上分析结果,建议宁夏中宁和惠农枸杞产地的施肥管理中,为提高土壤缓冲性能和保肥能力,改善土壤物理性质,应针对性地增大有机肥施用量;不需要大量增施氮肥;惠农枸杞种植区及中宁10年以下树龄种植区增施磷肥是维持该区域土壤供磷强度的重要保证,中宁10年以上树龄种植区土壤有效磷含量处于较高水平,应适当降低磷肥施用量;中宁和惠农枸杞产地的有效钾含量均较低,应适当增施钾肥使用量。

参考文献

- [1] 高凯. 宁夏枸杞子的活性成分研究和应用开发[D]. 西安: 第四军医大学, 2014.
- [2] 徐常青, 刘赛, 徐荣, 等. 我国枸杞主产区生产现状调研及建议[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(11): 1979-1984.
- [3] 王海英. 国内主要枸杞产区基本情况调查[J]. 青海农林科技, 2013(4): 10-12.
- [4] 张晓辉, 陈清平, 王少东, 等. 中宁枸杞生产中存在的技术问题及解决办法[J]. 宁夏农林科技, 2009(2): 75-77.
- [5] 李进文, 王贵荣, 周向军, 等. 不同施肥种类对枸杞产量品质的影响[J]. 宁夏农林科技, 2005(5): 24-25.
- [6] 赵营, 罗建航, 陈晓群, 等. 宁夏枸杞园土壤养分资源与枸杞根系形态调查[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(1): 47-50, 57.
- [7] 胡明星, 陈清平, 王少东, 等. 枸杞营养失调及施肥措施概述[J]. 宁夏农林科技, 2011, 52(2): 91-92.
- [8] 贺春燕. 施肥对枸杞产量和品质的影响及效应研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [9] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2012: 1-5.
- [10] 王吉智. 中国灌淤土[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 175-177.
- [11] 岳西杰, 葛玺祖, 王旭东. 基于GIS的黄土丘陵沟壑区土壤质量评价研究: 以陕西省长武县为例[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(3): 144-149.
- [12] 马玉兰. 宁夏测土配方施肥技术[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2008: 193-205.

Soil Fertility Characteristics of Wolfberry With Different Planting Ages in Main Producing Areas in Ningxia Based on GIS and Geostatistics

LI Feng¹, LI Yinkun²

(1. Institute of Agricultural Economy and Information Technology, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 700052; 2. Beijing Research Center of Information Technology in Agriculture, Beijing 100097)

Abstract: A series of serious consequences had been caused by unreasonable fertilization in Ningxia wolfberry production, including decline of wolfberry production, soil hardening, enrichment of nitrogen and phosphorus, tree leaves premature senility and so on. Combined with GPS, soil samples were collected by the 'S' shaped multi-point and mixed form. Based on geostatistics and ArcGIS, distribution of soil fertility level of wolfberry with different planting ages in Huinong district and Zhongning county of Ningxia was studied. The results showed that the soil total nitrogen content level of 5 years old wolfberry origin was $0.9\text{--}1.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and the soil organic matter content level was $10.0\text{--}15.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Most of the soil available K content level was $<200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ or $>300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and the soil available P content level was $<50.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ or $80.0\text{--}120.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The soil potassium and phosphorus supplying capacity had a big gap and much more organic fertilizer needed to be applied to improve the soil buffering ability and fertility preserving capacity. The soil total nitrogen level of 6–9 years old wolfberry origin in Huinong was $<1.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and the soil organic matter level was $<15.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a little lower than that of Zhongning. And also the soil total nitrogen supplying capacity and fertility preserving capacity were slightly weaker than that of Zhongning. The soil total nitrogen and organic matter level of above 10 years old wolfberry origin in Huinong were the same as in Zhongning, with the contents of $0.9\text{--}2.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $>10.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectively. The soil ability of nitrogen supplying capacity and fertility preserving capacity were stronger. The soil available K level of 6–9 years old wolfberry origin in Huinong was $<250\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and the soil available P level was $<50.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, slightly lower than that of Zhongning. The soil available K level of above 10 years old wolfberry origin in Huinong was $>200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and the soil available P level was $<80.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, lower than that of Zhongning. The soil potassium and phosphorus supplying capacity of above 6 years old origin in Huinong was weaker than that of Zhongning. The soil phosphorus supplying capacity of above 10 years old wolfberry origin in Zhongning was the strongest and its' requirement of phosphate fertilizer was the fewest. In this study, theoretical basis and data support were provided for the reasonable fertilization of wolfberry with different planting ages in Huinong district and Zhongning county of Ningxia.

Keywords: Ningxia wolfberry; GIS; different planting ages; Huinong district; Zhongning county; total nitrogen; organic matter; available K; available P