

何进勤,雷金银,桂林国,等. 不同氮水平及生物有机肥对旱地土壤养分和马铃薯产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(10):191-196.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.10.036

不同氮水平及生物有机肥对旱地土壤养分和马铃薯产量及品质的影响

何进勤,雷金银,桂林国,罗 昀,金建新

(宁夏农林科学院农业资源与环境研究所,宁夏银川 750002)

摘要:针对宁南山区养殖业快速发展带来的牛粪还田利用问题,拟开展牛粪生物发酵有机肥(简称“有机肥”)与化学氮肥配施对旱地土壤养分及马铃薯产量品质影响的研究。结果表明,M2N1 处理(生物有机肥用量为 9 000 kg/hm²,氮肥用量为 150 kg/hm²)、M2N2 处理(生物有机肥用量为 9 000 kg/hm²,氮肥用量为 300 kg/hm²)耕层(0~20 cm)土壤有机质平均含量最高,而有机肥和氮肥配施对土壤全氮含量的影响较小,随着有机肥用量的增加,耕层土壤碱解氮含量呈逐渐增加趋势,高氮处理土壤碱解氮平均含量显著增加(均达 90 mg/kg 以上),速效磷、速效钾平均含量相对基本保持平衡。从马铃薯产量品质来看,有机肥施用量为 4 500 kg/hm²(M1)时,随着氮肥用量的增加,马铃薯单株结薯数、产量整体均呈增加趋势;当有机肥施用量增加到 13 500 kg/hm²(M3)时,随着氮肥用量的增加,马铃薯产量、商品薯率整体呈逐渐降低的变化趋势。高有机肥低氮肥用量有利于马铃薯粗蛋白含量的提高,化学氮肥用量与马铃薯淀粉含量负相关。

关键词:有机无机肥;旱地土壤;马铃薯;产量;品质;施氮量;土壤养分

中图分类号: S147.2;S532.06

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2021)10-0191-06

有机无机肥料配施作为减施化肥的重要研究方法之一,是我国当前提倡的科学施肥方式。多年来,人们在追求高产的同时不断增施化肥,不但导致土壤质量下降,还造成环境污染^[1-4]。多数研究表明,有机无机肥料配施可以降低土壤容重、改善土壤团粒结构、提升土壤有机质和氮磷钾养分含量、增加土壤酶活性及丰富微生物群落结构等,同时还可显著提高作物产量,改善产品品质^[4-8]。李娟等的研究表明,不同有机无机肥配施对土壤有机质、全氮、全磷含量提高效果显著,长期施用有机肥可以降低土壤 pH 值,以化肥与厩肥配施对土壤肥力的提升效果最佳^[9]。高菊生等的研究表明,施用有机肥土壤的全量养分含量比施用化学肥料高,速效养分含量也有变化;有机无机肥连

续配施能促使作物持续高产稳产^[10],可见施用有机肥对提升土壤肥力与作物产量均有较好的效果。有关有机无机肥料配施对土壤质量与作物产量影响的研究已有大量报道,但是这些研究大多以高产田或特定区域农田土壤为主^[11-14],关于在低产田或宁南山区旱地土壤中栽培马铃薯的报道较少。

干旱缺水与盲目施肥是影响宁夏南部山区马铃薯产业的主要制约因素^[15-16]。近年来,随着养殖业的快速发展和农业生产技术的提高,该地区马铃薯的生产状况有所改善,但是由于农民大量施用化肥和不合理施用有机肥(生粪直接还田),造成土壤环境污染风险提升、杂草危害加重、马铃薯土传病害突显,使得马铃薯产量、品质偏低且不稳定^[17-22]。如何安全合理地利用养殖业带来的有机物料对于当地马铃薯产业的发展具有重要的现实意义,通过这一方式还能够减少农民的生产成本、提高土壤的质量。因此,本试验以宁南山区牛粪生物发酵肥与化学氮肥配施技术作为研究对象,以马铃薯作为指示性作物,探讨不同牛粪生物发酵肥与氮肥组合配施对旱地土壤养分及马铃薯产量品质的影响,提出最优配施技术,以期当地农业可持续发展及马铃薯产量品质改善提供理论依据。

收稿日期:2020-08-20

基金项目:国家自然科学基金(编号:41561059);宁夏农林科学院全产业链创新示范课题(编号:YES-16-0902);宁夏回族自治区科技支撑项目(编号:2011ZYN156)。

作者简介:何进勤(1981—),男,宁夏西吉人,硕士,副研究员,主要从事土壤肥料与植物营养研究。E-mail:hexiaofei1211@163.com。

通信作者:雷金银,博士,副研究员,主要从事生态农业研究。E-mail:7019435@qq.com。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采用 2 因素 3 水平完全随机区组设计,A 因素为牛粪生物发酵有机肥用量,设 3 个水平,分别为 M1 低用量有机肥处理(有机肥用量为 4 500 kg/hm²)、M2 中用量有机肥处理(有机肥用量为 9 000 kg/hm²)、M3 高用量有机肥处理(有机肥用量为 13 500 kg/hm²)。B 因素为氮肥用量,设 3 个水平,分别为 N1 低氮水平(150 kg/hm²)、N2 中氮水平(300 kg/hm²)、N3 高氮水平(450 kg/hm²)。上述不同处理组合后共得到如表 1 所示的 9 个处理,每个处理设 3 次重复。每个小区面积为 14 m²。磷、钾统一按照测土配方水平撒施。本试验为 3 年(2017—2019 年)定位试验,本文仅采用了部分数据。

表 1 不同处理的施肥方案

处理	生物有机肥用量 (kg/hm ²)	氮肥用量 (kg/hm ²)
M1N1	4 500	150
M1N2	4 500	300
M1N3	4 500	450
M2N1	9 000	150
M2N2	9 000	300
M2N3	9 000	450
M3N1	13 500	150
M3N2	13 500	300
M3N3	13 500	450

注:P 肥、K 肥按试验小区面积统一施用(重钙含 46% P₂O₅,9 个小区共施用 10 kg;硫酸钾含 52% K₂O,9 个小区共施用 3.3 kg)。

1.2 试验地点

试验地位于宁夏回族自治区固原市原州区头营镇石羊村,试验地基础土壤含 0.73 g/kg 全氮、48.2 mg/kg 碱解氮、31.8 mg/kg 速效磷、324 mg/kg 速效钾、11.7 g/kg 有机质,pH 值为 8.5,全盐含量为 0.65 g/kg。

1.3 材料与试剂

本研究所用作物为马铃薯青薯 9 号,所涉及有机肥均为牛粪生物发酵有机肥(含有 63.2% 有机质、0.18% 全氮、0.88% 全磷、2.00% 全钾、1 569 mg/kg 碱解氮、475.7 mg/kg 速效磷、8 250 mg/kg 速效钾)。尿素(含 46% N),由中国石油化工股份有限公司宁夏石油分公司生产;硫酸钾(含 52% K₂O),由河北高桥农业科技有限公司生

产;重钙(含 46% P₂O₅),由云南三环嘉吉化肥有限公司生产。

1.4 样本测试

土壤有机质、氮、磷、钾等养分含量参照鲍士旦《土壤农化分析》^[23]进行测定。

1.5 数据整理与统计

数据整理与统计用 Excel 和 DPS 18.10 完成。

2 结果与分析

2.1 不同处理对马铃薯株高的影响

由图 1 可以看出,当有机肥用量为 4 500 kg/hm² 时,增施化学氮肥对马铃薯株高的影响不显著;当有机肥用量为 9 000 kg/hm² 时,随着氮肥用量的增加,马铃薯株高逐渐增加;而当有机肥用量为 13 500 kg/hm² 时,随着化学氮肥用量的增加,马铃薯株高整体呈逐渐降低的趋势。从整个试验处理来看,高有机肥、低氮处理对马铃薯株高增加的效果最明显,说明增施有机肥减施化学氮肥对于增加马铃薯株高有一定的促进作用。

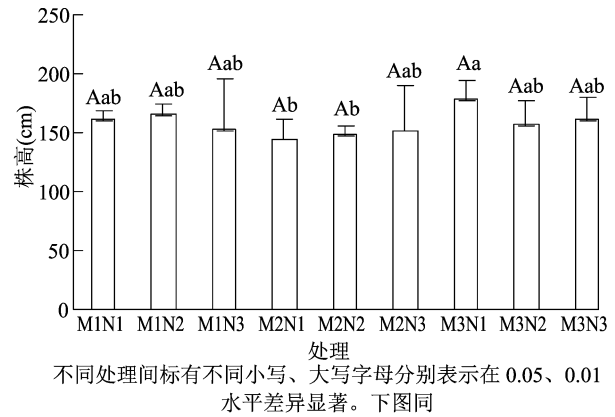


图1 不同处理马铃薯株高的变化

2.2 不同处理对土壤质量含水量的影响

马铃薯在 10 月 1 日收获后,测定土壤质量含水量,得到 3 年平均质量含水量。由图 2 可以看出,不同处理对土壤质量含水量影响较大,从有机肥用量来看,在同等施氮水平下增加有机肥用量可以提高土壤质量含水量,与低有机肥施用量相比,中有机肥施用量处理的土壤含水量增加;从氮肥施用量来看,在同等有机肥投入条件下,增施化学氮肥处理的土壤质量含水量呈先增加后降低的变化趋势,即在同等有机肥处理条件下,中量氮肥投入土壤含水量较高,这可能与作物长势造成的土壤水分吸收和蒸腾有关。

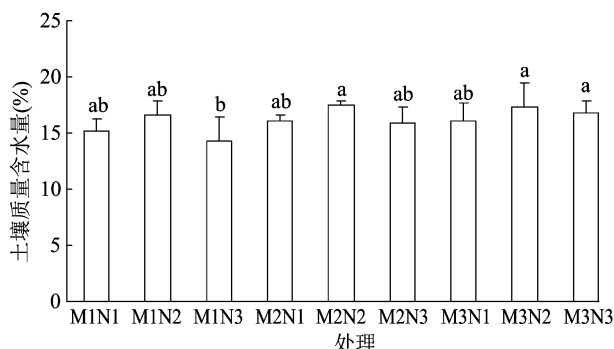


图2 不同处理土壤质量含水量的变化

2.3 不同处理对马铃薯收获后耕层(0~20cm)土壤养分含量的影响

2.3.1 不同处理对耕层土壤有机质含量的影响

试验结果(图3)表明,M2N1、M2N2处理对旱地土壤有机质含量的提升效果最明显。从不同有机肥用量来看,在低量有机肥处理区,随着氮肥用量的增加,土壤有机质含量呈先降低再升高的趋势,且3年的变化趋势基本一致;在中量有机肥处理区,随着化学氮肥用量的增加,表层土壤有机质含量2017年呈逐渐增加的趋势,但是在2018年呈逐渐降低趋势;在高量有机肥处理区,随着化学氮肥用量的增加,土壤有机质含量在2017年、2018年呈先降低再增加的趋势,但是在2019年,土壤有机质含量随化学氮肥用量的增加而逐渐降低。

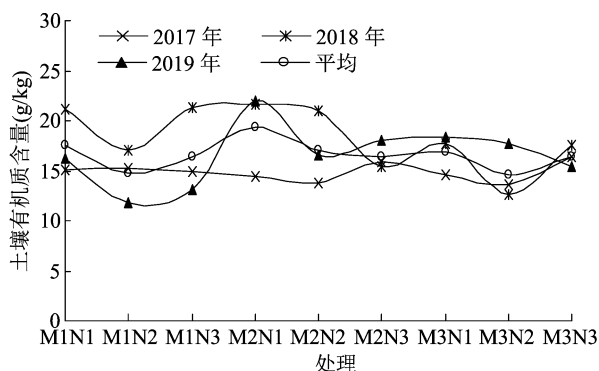


图3 不同处理土壤有机质含量的变化

2.3.2 不同处理对耕层土壤全氮、碱解氮含量的影响

从图4、图5可以看出,在不同年份,不同有机肥与氮肥配施对马铃薯收获后耕层土壤全氮、碱解氮含量的影响各不相同。从土壤全氮含量看,不同处理对土壤全氮含量的影响较小,不同有机肥用量对土壤全氮含量影响的差异甚微,而随着氮肥用量的增加,土壤全氮含量略有增加;从土壤碱解氮含量来看,不同处理间的土壤碱解氮含量存在显著差异,总体随着有机肥用量的增加而逐渐增加,土壤

碱解氮含量平均值总体呈增加趋势,在低、中有机肥区3年数据变化趋势基本一致,但在高有机肥区2018年随着氮肥用量的增加土壤碱解氮含量呈先降低再增加的趋势。由此可见,化学氮肥对增加土壤碱解氮含量的效果更为明显,在中量或高量有机肥配施高氮处理下,碱解氮在土壤中的残留相对较多。

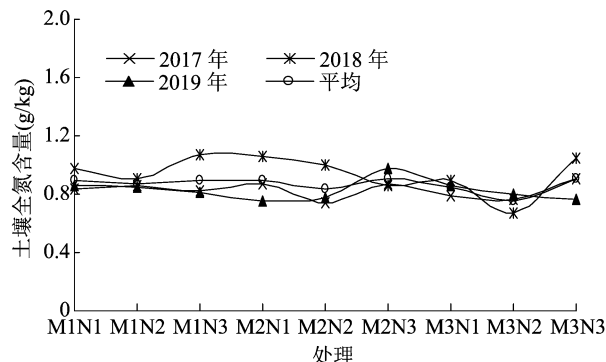


图4 不同处理土壤全氮含量的变化

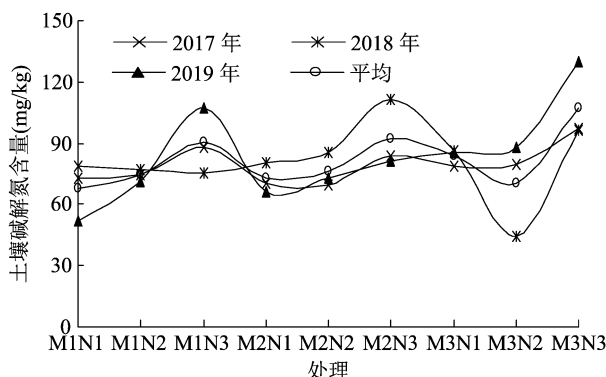


图5 不同处理土壤碱解氮含量的变化

2.3.3 不同处理对耕层土壤速效磷、钾的影响 从图6、图7可以看出,不同处理对马铃薯收获后耕层土壤速效磷、速效钾含量的影响均较大。首先从土壤速效磷来看,3年平均数据显示,随着有机肥用量的增加,土壤速效磷含量整体呈增加趋势,随着化学氮肥用量的增加,土壤速效磷含量平均值在低、中、高有机肥区均呈先降低后增加的变化趋势;2019年,在低、高有机肥区随着化学氮肥用量的增加土壤速效磷逐渐降低,中有机肥区土壤速效磷含量呈先降低再升高的变化特点。其次从土壤速效钾含量变化特点来看,土壤速效钾平均含量受有机肥及氮肥用量的影响较小,但是从年季间的变化来看,在中有机肥高氮或高有机肥区,土壤速效钾含量呈先降低再升高的变化趋势。

2.3.4 不同处理对马铃薯产量性状的影响 3年马铃薯平均产量数据(表2)显示,不同处理对马铃薯

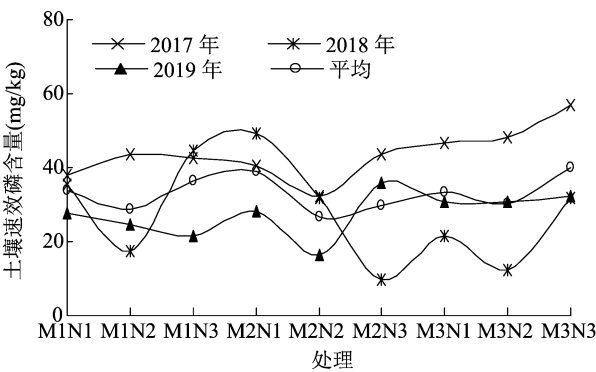


图6 不同处理土壤速效磷含量的变化

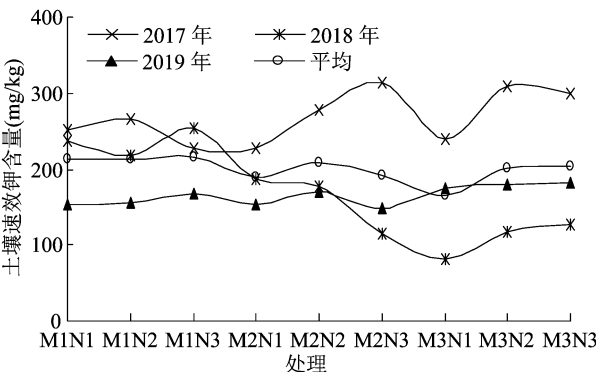


图7 不同处理土壤速效钾含量的变化

薯产量性状影响差异较大。首先,从马铃薯单株结薯来看,增加有机肥对马铃薯单株结薯数影响较小,而氮肥用量的变化对马铃薯单株结薯数影响较大,低有机肥(4 500 kg/hm²)施入的情况下,随氮肥用量的增加马铃薯单株结薯数整体呈逐渐增加趋势,有机肥用量增加到 13 500 kg/hm²后,随氮肥用量的增加马铃薯单株结薯数呈降低的趋势,但处理间的变化未达到显著差异水平。

表2 不同处理马铃薯产量性状统计结果

处理	单株结薯数 (个/株)	商品薯率 (%)	产量 (kg/hm ²)
M1N1	9.7 ± 1.3Aa	74.3 ± 4.4Aa	69 840 ± 8 370BCDc
M1N2	8.9 ± 1.3Aa	76.1 ± 8.9Aa	65 880 ± 11 730CDcd
M1N3	10.3 ± 0.8Aa	79.8 ± 1.7Aa	62 100 ± 7 035CDcd
M2N1	8.8 ± 2.2Aa	70.7 ± 6.1Aa	63 885 ± 3 585CDcd
M2N2	8.5 ± 0.6Aa	77.4 ± 6.5Aa	82 440 ± 2 475ABab
M2N3	8.5 ± 1.0Aa	75.7 ± 4.0Aa	68 310 ± 2 175BCDc
M3N1	9.3 ± 1.9Aa	78.0 ± 9.2Aa	89 550 ± 6 480Aa
M3N2	8.4 ± 2.2Aa	81.0 ± 4.1Aa	72 045 ± 1 215BCbc
M3N3	7.9 ± 1.5Aa	72.3 ± 1.4Aa	54 585 ± 6 855Dd

注:同列数据后不同小写、大写字母分别表示在 0.05、0.01 水平差异显著。表 3 同。

其次,从马铃薯商品薯来看,不同处理变化趋势与马铃薯单株结薯数基本一致,有机肥施入量增

加对马铃薯商品薯率影响效果在各处理间的差异仍达不到显著水平,这可能与定位试验连续投入有机肥有关。

最后,从马铃薯产量情况来看,有机肥和化学氮肥施用量均对马铃薯产量影响较大。有机肥施入量为 4 500 kg/hm²或 13 500 kg/hm²时,随着氮肥用量的增加马铃薯产量均逐渐降低,这种变化趋势在有机肥为 13 500 kg/hm²时更为明显,且处理间差异达到显著水平。从整个试验处理来看,有机肥用量为 13 500 kg/hm²,氮肥用量为 150 kg/hm²时,马铃薯产量最高,为 89 500 kg/hm²,其次为中量有机肥中氮水平(82 440kg/hm²),而高有机肥(13 500 kg/hm²)高氮肥(450 kg/hm²)投入马铃薯产量最低,只有 54 585 kg/hm²。由此可见,合理的有机肥和氮肥配施是马铃薯高产的前提。

2.4 不同处理对马铃薯品质的影响

从表 3 可以看出,不同处理对马铃薯品质的影响各不相同。首先,从粗蛋白含量看,在低有机肥用量(4 500 kg/hm²)、高有机肥用量(13 500 kg/hm²)处理下,马铃薯粗蛋白含量的提高对氮肥施入量较为敏感,但是在中等有机肥用量(9 000 kg/hm²)处理下,马铃薯粗蛋白含量受氮肥施入量的影响相对低高有机肥区较小。按有机肥施入量 4500 kg/hm²配施 300 kg/hm²氮肥或有机肥施入量 13 500 kg/hm²配施 150 kg/hm²氮肥时,马铃薯粗蛋白含量最高。其次,从马铃薯淀粉含量看,有机肥配施氮肥对马铃薯淀粉含量的提高效果非常显著,平均淀粉含量达到 18.0%,在低、中、高量有机肥区的低氮肥(150 kg/hm²)处理下,马铃薯淀粉含量均在 21.0%以上,超过了全国马铃薯淀粉最高含量(20.7%)。由此可见,有机肥施入量对马铃薯淀粉含量的影响较小,但是化学氮肥施入量对马铃薯淀粉含量的影响较大,氮肥用量越小,对马铃薯淀粉积累越有利。从马铃薯总糖含量看,试验各处理对马铃薯总糖含量的影响均较小。

3 讨论与结论

3.1 讨论

科学的有机无机肥料配合施用对马铃薯的植株生产、产量提升、品质改善具有极其重要的作用,而氮肥是植物生长必需的第一大营养元素,在植物生长发育过程中发挥着极其重要的作用^[24]。马铃薯的生长发育及产质量都与氮素营养密切相关,缺氮

表 3 不同处理马铃薯品质统计结果

试验处理	粗蛋白含量 (%)	淀粉含量 (%)	总糖含量 (%)
M1N1	4.33 ± 0.42Aa	23.38 ± 1.32Aa	3.45 ± 0.30Aab
M1N2	4.43 ± 0.40Aa	15.82 ± 0.66CDc	3.32 ± 0.19Aab
M1N3	2.58 ± 0.22DEd	18.45 ± 0.93Bb	3.54 ± 0.13Aa
M2N1	2.90 ± 0.27CDcd	21.81 ± 0.99Aa	3.19 ± 0.06Aab
M2N2	3.65 ± 0.28ABCb	17.42 ± 0.19BCb	3.24 ± 0.20Aab
M2N3	3.46 ± 0.27BCbc	10.75 ± 0.54Ee	3.16 ± 0.13Ab
M3N1	4.47 ± 0.48Aa	22.44 ± 1.59Aa	3.22 ± 0.12Aab
M3N2	3.97 ± 0.36ABab	14.20 ± 0.53Dd	3.38 ± 0.05Aab
M3N3	1.95 ± 0.05Ee	17.80 ± 0.51BCb	3.34 ± 0.32Aab

或氮肥过量均不利于马铃薯高产和品质改善。一些研究者认为,随着施氮量的增加,马铃薯块茎的产量表现为先增加后降低的单峰曲线变化趋势,但达到峰值产量时的适宜施氮量存在着明显差异^[25-28]。本研究认为,在不同有机肥施用区,随施氮量水平的变化,马铃薯产量、品质及土壤有机质和氮磷钾养分均存在明显差异,这也与增施有机肥、减施氮肥的研究结果一致。

在有机无机培肥地力方面的大量研究结果表明,有机无机肥配施是影响土壤肥力水平的重要施肥技术之一。姚源喜通过开展有机肥与氮肥配合定位试验,结果表明,通过少施或不施磷钾肥,把有机肥与氮肥配施,作物可获得高产,土壤有机质含量可逐年递增 0.10% 左右,有效磷、有效钾含量也逐年递增^[29]。王晓春等研究发现,生物有机肥能显著增加马铃薯的产量,同时又能提高马铃薯的淀粉含量^[8]。李英男分析得出,施用堆厩肥可以防止养分过分吸收,适当减少氮、钾肥量,能够提高马铃薯的淀粉品质^[30]。李成学等研究发现,在施肥适量的情况下,施用有机肥的马铃薯淀粉含量均高于无机复合肥处理^[31]。穆俊祥等采样 3 个正交区组的试验研究结果表明,合理的有机肥和氮磷钾组合配施能使马铃薯产量、淀粉含量和商品率明显提高^[32-33]。吕彦彬等研究发现,有机肥能使马铃薯的产量、淀粉含量分别提高 19.7%、1.92%^[34]。刘淑英研究得出,在增加土壤碱解氮方面,等氮量的有机肥优于无机肥,有机肥与化肥配合施用对培肥土壤有更显著的作用^[35]。张恩平等的研究结果也显示,有机肥与化肥配施处理土壤的供氮能力比较平稳,而单施化肥处理土壤的理化性质差,土壤供肥、保肥能力差^[36]。由此可见,施用有机肥对土壤肥力

与作物产量均有较好的效果,不仅能获得最经济的农产品,而且还留下较多的养分为下茬作物吸收利用。本研究结果显示,中量有机肥配施低中量氮肥土壤的有机质含量提升明显,有机肥和化学氮肥配施对土壤全氮含量的影响较小,但对碱解氮含量的影响较大,但是随着有机肥用量的增加,耕层土壤碱解氮含量呈逐渐增加的趋势,在低有机肥用量区,随着化学氮肥用量的增加,土壤碱解氮含量整体呈逐渐增加的趋势,中量有机肥或高量有机肥配施高氮投入的碱解氮在土壤中残留得较多。同时有机肥配施低中量氮肥可以增加土壤速效磷、速效钾含量,但高有机肥 + 高氮肥不利于土壤速效钾含量的提升,这与前人的研究结果^[37-38]有部分类似。由此可见,合理的有机、无机肥配合施用才能有效提高土壤养分含量,全面促进作物生长,提高作物产量。

3.2 结论

增施有机肥或有机无机肥配施对马铃薯植株株高的增加效果明显,对旱地土壤蓄水保墒作用显著。本试验通过 3 年定位跟踪研究,主要形成以下 3 点结论:

(1) 高有机肥、低氮处理对马铃薯株高增加的效果最明显,说明增施有机肥减施化学氮肥对于增加马铃薯株高有一定的促进作用。有机肥用量为 9 000 kg/hm²,化学氮肥施用量为 300 kg/hm² 土壤蓄水保墒效果最佳。

(2) 有机肥的不同施用量增加了土壤有机质平均含量,但对土壤全氮含量影响较小。不同有机肥区随氮肥用量差异土壤有机质、氮磷钾养分含量各有差异,低量有机肥区随氮肥用量增加,土壤有机质、速效磷平均含量先降低再升高,碱解氮含量逐渐增加;中有机肥区随氮肥用量的增加,土壤有机质、碱解氮平均含量逐渐降低,速效磷含量平均值先降低再升高,速效钾平均含量呈先升高后降低;在高有机肥区随氮肥用量增加,土壤有机质、碱解氮、速效磷平均含量先降低后升高,土壤速效钾平均含量呈增加趋势。中量或高量有机肥配施高氮处理,土壤碱解氮平均含量在 90 mg/kg 以上。

(3) 低有机肥区随氮肥用量增加马铃薯单株结薯数、产量整体呈增加的趋势,中、高有机肥区随氮肥用量增加马铃薯的单株结薯数整体呈降低趋势。高有机肥低氮肥用量有利于马铃薯粗蛋白含量的提高,生物有机肥施入量对马铃薯淀粉含量的影响

较小,但化学氮肥的施入量对马铃薯淀粉含量的影响较大,氮肥用量越小,对马铃薯淀粉积累越有利。

参考文献:

- [1]王芳,张金水,高鹏程,等.不同有机物料培肥对渭北旱塬土壤微生物学特性及土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(3):702-709.
- [2]廖佳丽.水肥管理对旱地马铃薯生长和水分利用效率及土壤肥力的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2009:8-13.
- [3]汪德水.旱地农田肥水关系原理与调控技术[M].北京:中国农业科技出版社,1995:3-50.
- [4]于亚军,李军,贾志宽,等.旱作农田水肥耦合研究进展[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):220-224.
- [5]彭耀林,朱俊英,唐建军,等.有机无机肥长期配施对水稻产量及干物质生产特性的影响[J].江西农业大学学报,2004,26(4):485-490.
- [6]王季春.不同施氮量对马铃薯产量的影响[J].马铃薯杂志,1994(8):76-80.
- [7]贺诚.青海省乐都县干旱山区马铃薯氮磷肥施用技术研究[J].安徽农业科学,2007,35(8):2270,2284.
- [8]王晓春,吴树龙.生物有机肥对马铃薯产量和淀粉含量的影响[J].张家口农专学报,2002,18(3):4-6.
- [9]李娟,赵秉强,李秀英,等.长期有机无机肥配施对土壤微生物学特性及土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2008,41(1):144-152.
- [10]高菊生,徐明岗,王伯仁,等.长期有机无机肥配施对土壤肥力及水稻产量的影响[J].中国农学通报,2005,21(8):211-214,259.
- [11]王效瑜,吴林科,王收良,等.宁南山区马铃薯生产现状与发展对策[J].中国马铃薯,2005,19(1):61-63.
- [12]何进勤,桂林国,陈秉焱.宁南山区马铃薯种薯不同栽培模式品种适应性研究[J].中国马铃薯,2012,26(5):284-288.
- [13]何进勤,陈智君,桂林国,等.宁夏旱作农区不同品种马铃薯栽培模式研究[J].西北农业学报,2013,22(11):26-31.
- [14]吴林科,郭志乾,王晓瑜.优质马铃薯生产技术[J].银川:宁夏人民出版社,1986:55-65.
- [15]马琨,张丽,杜茜,等.马铃薯连作栽培对土壤微生物群落的影响[J].水土保持学报,2010,24(4):229-233.
- [16]高飞,贾志宽,韩清芳,等.有机肥对宁夏南部旱农区土壤物理性状及水分的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):105-110.
- [17]丁海兵,雷尊国,邓宪平,等.不同施肥水平对马铃薯农艺性状及产量的影响[J].安徽农业科学,2008,36(28):12338-12339.
- [18]李成军.不同肥料的组配施用对马铃薯产量的影响试验[J].中国马铃薯,2002,16(5):294-296.
- [19]马辉.含氯化肥在马铃薯上应用效果的研究[J].中国马铃薯,2000,14(2):79-80.
- [20]秦光齐,石永安,江舒,等.生物有机肥对马铃薯增产效应试验[J].中国马铃薯,2000,14(1):14-16.
- [21]宇万太,姜子绍,马强,等.施用有机肥对土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(5):1057-1064.
- [22]冶秀香,刘亚军,李越,等.不同培肥方式对马铃薯生长及土壤性状的影响[J].农业科学研究,2016,37(1):25-30.
- [23]鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:25-200.
- [24]黄强,郑顺林,郭函,等.氮增效剂对马铃薯叶片及土壤氮的影响[J].江苏农业学报,2019,35(5):1087-1094.
- [25]李国琴,李秉雄,王顺江.农家肥、氮肥、磷肥配施对马铃薯产量的影响[J].中国马铃薯,2005,19(5):262-265.
- [26]王贵寅,张兰松,宋加杰,等.有机肥对提高旱地作物利用土壤水分的作用机理研究[J].河北农业科学,2002,6(2):25-28.
- [27]Miller D E, Martin M W. The effect of irrigation regime and, subsoiling on yield and quality of three potato cultivars[J]. American Potato Journal, 1987, 64(3):17-25.
- [28]杨金娟.不同培肥方式对中部干旱区马铃薯植株及土壤质量的影响[D].银川:宁夏大学,2013:7-9.
- [29]姚源喜.有机无机肥配合累计施用对土壤肥力影响的研究[J].土壤肥料,1982(5):14-16.
- [30]李英男.施肥对马铃薯加工品质的影响[J].马铃薯杂志,1995,9(3):186-187.
- [31]李成学,郭建芳,陆欣,等.SV肥对马铃薯的产量及品质的影响[J].陕西农业科学,2005(4):13-15.
- [32]穆俊祥,曹兴明,弓建国,等.有机肥和氮磷钾肥配施对马铃薯产量和品质的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2009,27(4):428-432.
- [33]穆俊祥,曹兴明,弓建国,等.氮磷钾和有机肥配合施用对马铃薯淀粉含量和产量的影响[J].土壤,2009,41(5):844-848.
- [34]吕彦彬,栗占芳,张凤英.生物有机肥在马铃薯上施用效应研究[J].河北北方学院学报(自然科学版),2007,23(1):13-15,20.
- [35]刘淑英.不同施肥对西北半干旱区土壤脲酶和土壤氮素的影响及其相关性[J].水土保持学报,2010,24(1):219-223.
- [36]张恩平,张淑红,李天来,等.有机肥与无机肥配施对菜田土壤氮磷封养分含量的影响[J].黑龙江农业科学,2001(2):5-8.
- [37]吕殿青,刘军,李瑛,等.旱地水肥交互效应与耦合模型研究[J].西北农业学报,1995,4(3):72-76.
- [38]聂向荣.不同氮肥水平下马铃薯品质变化及氮素营养诊断的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009:28-36.