

不同施肥处理对旱作免耕土壤养分、微生物量及燕麦产量的影响

鲁富宽¹, 王润莲^{1*}, 刘慧军², 赵宝平³, 刘景辉³, 武俊英¹

(1. 内蒙古农业大学职业技术学院, 内蒙古 土默特右旗 014109; 2. 内蒙古翁牛特旗农业技术推广站, 内蒙古 翁牛特旗 024500; 3. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010019)

摘要:以旱作免耕条件下燕麦田为研究对象, 设置了不施肥(CK)、单施氮肥(N)、单施磷肥(P)、单施钾肥(K)、氮磷肥配施(NP)和氮磷钾肥配施(NPK)6个处理, 研究其对旱作免耕土壤养分、微生物量及燕麦产量的影响。结果表明: 施肥处理可以在不同程度上提高旱作免耕燕麦田的土壤有机质、全量养分和速效养分含量; 不同施肥处理土壤微生物量碳、氮、磷在燕麦生育期内呈先增加后降低的趋势, 土壤微生物量碳和氮高低顺序均表现为氮磷钾肥配施>氮磷肥配施>单施氮肥>单施磷肥>单施钾肥>不施肥, 土壤微生物量磷高低顺序表现为氮磷钾肥配施>氮磷肥配施>单施磷肥>单施氮肥>单施钾肥>不施肥, 其中氮磷钾肥配施和氮磷肥配施处理土壤微生物量碳、氮、磷与不施肥处理差异均达到显著水平; 不同施肥处理产量表现为氮磷钾肥配施>氮磷肥配施>单施氮肥>单施磷肥>单施钾肥>不施肥, 除单施磷肥和单施钾肥处理外, 其他处理均与不施肥处理显著差异, 其中氮磷钾肥配施处理产量最高, 为2 238.25 kg/hm², 较对照增产24.3%。

关键词:施肥; 旱作免耕; 土壤养分; 微生物量; 燕麦产量

中图分类号: S512.6

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2021)05-0026-05

Effects of Different Fertilization Treatments on Soil Nutrients, Microbial Biomass and Oat Yield in Dry Farming and No-tillage Field

LU Fukuan¹, WANG Runlian^{1*}, LIU Huijun², ZHAO Baoping³, LIU Jinghui³, WU Junying¹

(1. Vocational and Technical College, Inner Mongolia Agricultural University, Tumd Right Banner 014109; 2. Agricultural technology extension station of Ongniud Bannar, Ongniud Bannar 024500; 3. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China)

Abstract: Taking the dry farming and no-tillage oat field as the research object, six treatments: no fertilization(CK), single nitrogen application(N), single application of phosphate fertilizer(P), single application of potassium fertilizer(K), combined application of nitrogen, phosphorus and potassium(NP), and combined application of nitrogen, phosphorus and potassium(NPK) were set up. Effects of different fertilization treatments on soil nutrients, microbial biomass and oat yield in dry farming and no-tillage field was studied. The results showed that fertilization treatments could increase the soil organic matter, total nutrient and available nutrient content in dry farming and no-tillage oat fields to varying degrees. Soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in different fertilization treatments increased first and then decreased during the oat growing period, the order of soil microbial biomass carbon and nitrogen was as follows: NPK>NP>N>P>K>CK, the order of soil microbial biomass phosphorus level is as follows: NPK>NP>P>N>K>CK, and among them, the difference in soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus between the NPK and NP and CK reached significant levels. The yield performance of different fertilization treatments was NPK>NP>N>P>K>CK. Except for P and K, the other treatments were significantly different from the CK treatment. Among them, NPK had the highest yield, which was 2 238.25 kg/ha, and which is 24.3% higher than the control.

Key words: Fertilization; Dry farming and no-tillage; Soil nutrient content; Soil microbial biomass; Oat yield

收稿日期: 2020-07-23

基金项目: 现代农业产业技术体系资金资助(CARS-07); 内蒙古科技计划项目(201501037)

作者简介: 鲁富宽(1969-), 男, 副教授, 硕士, 主要从事生态修复研究。

通讯作者: 王润莲, 女, 硕士, 副教授, E-mail: wangrunlian2005@126.com

免耕作为保护性耕作技术之一,在各种大田作物上广泛推广和应用,可有效保护农田土壤^[1]、减少水土流失^[2]、增加土壤养分^[3]、提高土壤微生物量^[4],达到节本增效、增产增收的目的,对于促进农业可持续发展意义重大^[5]。燕麦是内蒙古阴山北麓地区的主要农作物,富含人体所需的多种营养物质,是难得的健康食品,深受北方人民的青睐,但近年来由于受气候和人为因素的影响,燕麦田土壤生态环境遭到严重破坏,燕麦产量受限^[6]。土壤养分和土壤微生物量是土壤生态系统的主要组成成分^[7],能够及时反映出土壤质量状况^[8-9],是衡量施肥效果的主要依据。因此,在旱作免耕条件下,施肥对土壤性质及产量影响的研究就变得尤为重要。目前,有关旱作免耕或施肥对土壤性质及作物产量的研究较多^[7,10-13],但多为单一旱作免耕或施肥处理条件下的土壤性质及产量研究,关于在旱作免耕条件下配套施肥对燕麦田土壤性质及产量的研究较少。本研究以旱作燕麦田为研究对象,在免耕条件下研究施肥对土壤养分、土壤微生物量及燕麦产量的影响,以期对内蒙古燕麦免耕施肥技术应用和推广提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验于2017年在内蒙古武川县内蒙古农业大学燕麦良种繁育基地(41°10'N,111°36'E)进行,该地区气候干燥,属中温带大陆性季风气候,平均海拔1551 m,年均气温3.3℃,≥10℃年有效积温2570.5℃·d,年均降水量280 mm,无霜期110 d左右。试验地土壤为栗钙土,0~20 cm耕层土壤基本性质:有机质含量6.55 g/kg,全氮含量0.56 g/kg,全磷含量0.45 g/kg,碱解氮含量35.27 mg/kg,速效磷含量9.32 mg/kg,速效钾含量61.39 mg/kg,pH值7.63。

1.2 试验设计

试验选用燕麦品种为燕科1号。设置6个处

理:不施肥(CK)、单施氮肥(N)、单施磷肥(P)、单施钾肥(K)、氮磷肥配施(NP)和氮磷钾肥配施(NPK)。施用氮肥为尿素(N 46%),磷肥为过磷酸钙(P₂O₅ 17%),钾肥为硫酸钾(K₂O 50%),纯N、纯P₂O₅、纯K₂O用量分别是52 kg/hm²、45 kg/hm²和45 kg/hm²。所有小区均为连续10年免耕的旱作燕麦田,采用随机区组排列,每个处理重复3次,小区面积为60 m²(4 m×15 m)。试验于5月24日播种,9月26日收获,播量150 kg/hm²,行距25 cm,肥料作为底肥一次性施入土壤,全生育期农田管理依照当地管理习惯进行。

1.3 测定项目与方法

分别在燕麦生育苗期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期采取多点混合法用土钻钻取0~20 cm土层土壤,取部分鲜样测定土壤微生物量碳、氮、磷含量,剩余土壤自然风干用于测定土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷含量;在燕麦收获时每小区取2 m²进行测产,并取20株植株进行考种。土壤有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法测定,全氮采用半微量凯氏法,全磷用HClO₄-H₂SO₄法,碱解氮含量用碱解扩散法,速效磷含量用0.5 mol/L NaHCO₃法^[14];土壤微生物量碳、氮、磷采用氯仿熏蒸浸提法^[15]。

1.4 数据分析

试验数据均采用Excel 2007软件和SPSS 17.0统计软件进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对土壤养分的影响

由表1可知,不同施肥处理对土壤养分有不同程度的影响。其中土壤有机质含量表现为NPK>NP>N>CK>P>K,NPK和NP显著高于P、K、CK,NPK、NP和N三者间差异不显著,N、P、K和CK四者间差异不显著;土壤全氮含量表现为NPK=N>NP>CK>P>K,NPK、NP和N显著高于P、K、CK,NPK、NP和N三者间差异不显著,P与K和CK差

表1 不同施肥处理对土壤养分含量的影响

处理	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
CK	7.26b	0.61b	0.47b	20.53b	35.76b	9.84b	65.88b
N	7.28ab	0.71a	0.47b	20.51b	40.65a	10.32b	67.24b
P	7.04b	0.60bc	0.52a	21.22ab	36.83b	12.65a	68.51b
K	6.93b	0.59c	0.48b	21.48ab	36.21b	10.13b	76.65a
NP	7.57a	0.70a	0.53a	20.55b	41.22a	12.92a	69.83b
NPK	7.76a	0.71a	0.53a	22.56a	42.36a	13.11a	82.43a

注:同列不同小写字母表示在0.05水平上差异显著,下同

异均不显著;土壤全磷含量表现为 $NPK=NP>P>K>N=CK$,其中含磷各处理均显著高于不含磷处理,含磷各处理之间、不含磷各处理之间差异不显著;土壤全钾含量表现为 $NPK>K>P>NP>CK>N$,NPK与N、NP、CK差异显著,与P、K差异不显著,NP、N、P、K和CK间差异均不显著;土壤碱解氮含量表现为 $NPK>NP>N>P>K>CK$,其中含氮各处理均显著高于不含氮处理,含氮各处理之间、不含氮各处理之间差异不显著;土壤速效磷含量表现为 $NPK>NP>P>N>K>CK$,其中含磷各处理均显著高于不含磷处理,含磷各处理之间、不含磷各处理之间差异不显著;土壤速效钾含量表现为 $NPK>K>NP>P>N>CK$,其中含钾各处理均显著高于不含钾处理,含钾各处理之间、不含钾各处理之间差异不显著。

2.2 不同施肥处理对土壤微生物量碳的影响

由图1可知,不同施肥处理土壤微生物量碳在燕麦生育期内呈先增加后降低的趋势,抽穗期达到最大。不同生育时期,各施肥处理土壤微生物量碳均高于CK,高低顺序表现为 $NPK>NP>N>P>K>CK$,N、P、K、NP和NPK处理平均土壤微生物量碳分别较CK高9.28%、12.36%、4.68%、25.30%和26.80%。从显著性来看,苗期NP和NPK均显著高于CK,N、P、K和CK四者间差异不显著,NP、

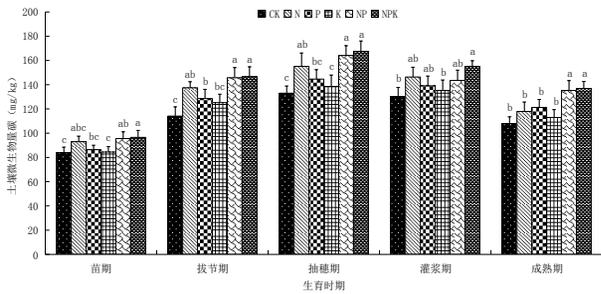


图1 不同施肥处理对土壤微生物量碳的影响

NPK和N三者间差异不显著;拔节期除K处理外,其他处理均显著高于CK,NP、NPK和N三者间差异不显著,N、P和K三者间差异不显著;抽穗期NP、NPK和N显著高于CK,P、K和CK三者间差异不显著,NP、NPK和N三者间差异不显著;灌浆期NPK处理显著高于CK,其他处理均与CK差异不显著,NPK、NP、N、P四者间差异不显著;成熟期NP和NPK均显著高于其他处理,其他处理间差异均不显著,NP和NPK二者差异不显著。

2.3 不同施肥处理对土壤微生物量氮的影响

由图2可知,不同施肥处理土壤微生物量氮在燕麦生育期内呈先增加后降低的趋势,抽穗期

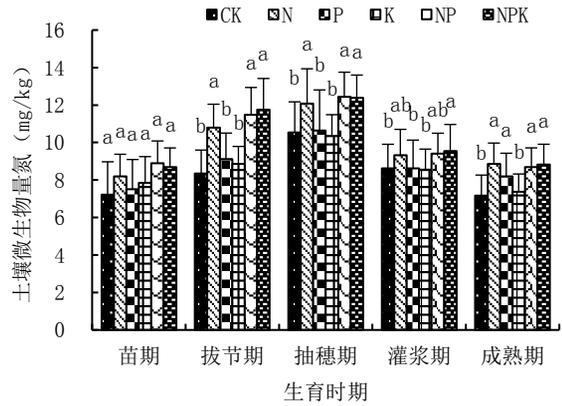


图2 不同施肥处理对土壤微生物量氮的影响

达到最大。不同生育时期,各施肥处理土壤微生物量氮均高于CK,高低顺序大致表现为 $NPK>NP>N>P>K>CK$,N、P、K、NP和NPK处理平均土壤微生物量氮分别较CK高17.52%、5.22%、2.57%、21.51%和22.11%。从显著性来看,苗期各处理间差异均不显著;拔节期和抽穗期NPK、NP和N三者间差异不显著,P、K和CK三者间也无显著差异;灌浆期NPK显著高于P、K和CK处理,除NPK外,其他处理间差异均不显著,NPK、NP和N三者间差异不显著;成熟期NPK、NP、N和P显著高于CK和K,NPK、NP、N和P四者间差异不显著,CK和K间差异不显著。

2.4 不同施肥处理对土壤微生物量磷的影响

由图3可知,不同施肥处理土壤微生物量磷在燕麦生育期内呈先增加后降低的趋势,灌浆期达到最大。不同生育时期各施肥处理土壤微生物量磷均高于CK,N、P、K、NP和NPK处理平均土壤微生物量磷分别较CK高19.78%、32.00%、9.03%、41.48%和42.40%。从显著性来看,苗期除K处理

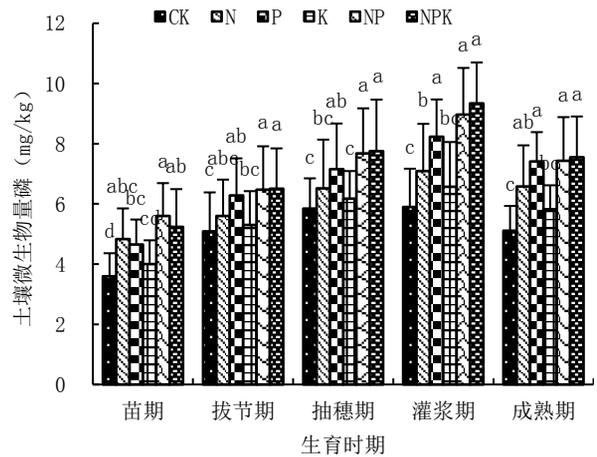


图3 不同施肥处理对土壤微生物量磷的影响

外其他施肥处理均显著高于CK, NPK、NP和N三者间差异不显著, K和CK二者之间差异不显著, N、P和K三者间差异不显著; 拔节期NPK、NP和P均显著高于CK, NPK、NP、N和P四者间差异不显著, N、P、K三者间差异不显著, N、K、CK三者间差异不显著; 抽穗期NPK、NP和P均显著高于CK和K, NPK、NP显著高于N, NPK、NP和P三者间差异不显著, N、K、CK三者间差异不显著, N和P二者间差异不显著; 灌浆期除K外所有施肥处理均显著高于CK, NPK、NP和P显著高于其他处理, NPK、NP和P三者间差异不显著, N和K二者间差异不显著, K和CK差异不显著; 成熟期NPK、NP、N和P均显著高于CK, K和CK间差异不显著, N和K差异不显著, NPK、NP、P显著高于K, NPK、NP、N和P四者间差异不显著。

2.5 不同施肥处理对燕麦产量及其构成因素的影响

表2显示, 免耕不同施肥处理对燕麦产量及其产量构成因素作用显著。从穗数上看, 除了P处理与CK差异不显著外, 其他处理均与CK差异显著, 其中NPK燕麦穗数最高, NP处理其次, NPK处理与P处理、K处理差异显著; 从穗粒数看, 不同施肥处理均显著高于免耕不施肥处理, 含氮处理之间差异不显著; 从千粒重上看, 各施肥处理均显著高于CK, 其中NPK显著高于其他处理, 各处理较CK高1.4~3.5 g; 对于产量而言, 各处理产量表现为NPK>NP>N>P>K>CK, 除K外, 其他处理均与CK差异显著, 其中NPK处理产量最高, 为2 238.25 kg/hm², 较对照增产24.3%, K与CK差异不显著, 产量为1 878.9 kg/hm², 较对照增产4.3%。

表2 不同施肥处理对燕麦产量及其构成因素的影响

处理	穗数 (万穗/hm ²)	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)
CK	312.3c	23.2b	25.6c	1 801.4d
N	334.5ab	25.8a	27.1b	1 952.1c
P	322.4bc	25.2a	27.0b	1 903.6c
K	332.2b	24.8a	27.5b	1 878.9cd
NP	349.4ab	25.5a	27.3b	2 132.1b
NPK	356.2a	26.1a	29.1a	2 238.25a

3 讨论

土壤养分能够直接反映土壤供肥能力情况, 对施肥的响应较为敏感^[16]。柳燕兰等^[17]研究表明, 施用化肥或化肥与有机肥配施都能明显提高土壤有机质含量。肖强^[18]研究发现, 长期施用氮

肥可提高土壤中全氮及速效氮的含量, 施用钾肥可提高土壤速效钾和缓效钾含量, 且二者变化趋势一致。姜小凤等^[19]研究表明, 单施氮肥、氮磷配施以及氮磷配施三种方式均能增加土壤中的全氮含量。曲均峰等^[20]认为, 长期施用磷肥能够显著提高土壤全磷及有效磷含量。本研究表明, 施肥处理可以在不同程度上提高土壤养分含量, 其中土壤有机质含量表现为NPK>NP>N>CK>P>K, NPK和NP显著高于P、K、CK, 含氮处理高于不含氮处理; 含氮、含磷、含钾处理的土壤全氮、全磷、全钾含量分别高于不含氮、不含磷、不含钾处理, NPK土壤全量养分均显著高于其他处理; 含氮、含磷、含钾处理的土壤碱解氮、速效磷、速效钾含量分别显著高于不含氮、不含磷、不含钾处理, 这与王天乐等^[21]的研究结果一致。

土壤微生物量是衡量土壤养分有效转化的重要指标, 在土壤养分循环利用和有机质矿化过程中不可或缺^[22]。刘恩科等^[23]研究发现, 与不施肥处理相比, 施肥可以显著提高土壤的微生物量碳的含量, 主要原因是施肥可以增加生物产量, 改善土壤环境, 有利于土壤有机质的降解和微生物量碳的增加。施肥对土壤微生物的活跃度具有一定的促进作用, 施肥玉米种植地土壤微生物生物量碳氮高于未施肥处理^[24]。本研究表明, 不同施肥处理土壤微生物量碳、氮、磷在燕麦生育期内呈先增加后降低的趋势, 土壤微生物量碳高低顺序表现为NPK>NP>N>P>K>CK, 平均土壤微生物量碳分别较CK高26.80%、25.30%、12.36%、9.28%和4.68%; 土壤微生物量氮高低顺序大致表现为NPK>NP>N>P>K>CK, 平均土壤微生物量氮分别较CK高22.11%、21.51%、17.52%、5.22%和2.57%; 土壤微生物量磷高低顺序表现为NPK>NP>P>N>K>CK, 平均土壤微生物量磷分别较CK高42.40%、41.48%、32.00%、19.78%和9.03%, 其中NPK和NP土壤微生物量碳、氮、磷与CK差异均达到显著水平。

施肥能够改善土壤结构, 改良土壤理化性质, 提高土壤养分含量, 促进土壤肥力提升, 进而影响到作物产量^[25]。本研究表明, 各处理产量表现为NPK>NP>N>P>K>CK, 除P和K处理外, 其他处理均与CK差异显著, 其中NPK处理产量最高, 为2 238.25 kg/hm², 较对照增产24.3%, K与CK差异不显著, 产量1 878.9 kg/hm², 较对照增产4.3%。说明施肥可以明显增加免耕燕麦田中微生物数量, 提高土壤有效养分转化效率, 提升土壤肥力, 从而促进作

物生长,提高作物产量,氮磷钾复配效果更好^[25]。

4 结 论

4.1 施肥处理可以在不同程度上提高旱作免耕燕麦田的土壤养分含量,其中土壤有机质含量NPK和NP处理显著高于P、K和CK处理,含氮处理高于不含氮处理;含氮、含磷、含钾处理的土壤全氮、全磷、全钾含量分别高于不含氮、不含磷、不含钾处理,NPK土壤全量养分均显著高于其他处理;含氮、含磷、含钾处理的土壤碱解氮、速效磷、速效钾含量分别显著高于不含氮、不含磷、不含钾处理。

4.2 不同施肥处理土壤微生物量碳、氮、磷在燕麦生育期内呈先增加后降低的趋势,土壤微生物量碳高低顺序表现为NPK>NP>N>P>K>CK,平均土壤微生物量碳分别较不施肥处理高26.80%、25.30%、12.36%、9.28%和4.68%;土壤微生物量氮高低顺序大致表现为NPK>NP>N>P>K>CK,平均土壤微生物量氮分别较不施肥处理高22.11%、21.51%、17.52%、5.22%和2.57%;土壤微生物量磷高低顺序表现为NPK>NP>P>N>K>CK,平均土壤微生物量磷分别较不施肥处理高42.40%、41.48%、32.00%、19.78%和9.03%,其中NPK和NP处理土壤微生物量碳、氮、磷与不施肥处理差异均达到显著水平。

4.3 不同施肥处理产量表现为NPK>NP>N>P>K>CK,除P和K处理外,其他处理均与不施肥处理差异显著,其中NPK处理产量最高,为2 238.25 kg/hm²,较对照增产24.3%。

参考文献:

- [1] 武 均,蔡立群,罗珠珠,等.保护性耕作对陇中黄土高原雨养农田土壤物理性状的影响[J].水土保持学报,2014,28(2):112-117.
- [2] 陈 强,Yuriy S Kravchenko,陈 渊,等.少免耕土壤结构与导水能力的季节变化及其水保效果[J].土壤学报,2014,51(1):11-21.
- [3] 刘 威,黄 丽,鲁剑巍,等.两种保护性耕作对土壤养分、结构和产量的影响[J].土壤通报,2015,46(2):420-427.
- [4] 孙 建,刘 苗,李立军,等.免耕与留茬对土壤微生物量C、N及酶活性的影响[J].生态学报,2009,29(10):5508-5515.
- [5] 刘 芳,雷海霞,王 英,等.我国免耕技术的发展及应用[J].湖北农业科学,2010,49(10):2557-2562.
- [6] 刘慧军,刘景辉,于 健,等.土壤改良剂对燕麦土壤理化性状及微生物量碳的影响[J].水土保持学报,2012,26(5):68-72,77.
- [7] 王润莲,张志栋,刘景辉,等.免耕留茬覆盖对旱作燕麦土壤养分及微生物量的影响[J].水土保持学报,2016,30(4):183-187,193.
- [8] 杨秉珣,刘 泉,王 彬.嘉陵江流域不同类型植被多样性与土壤养分和酶活性的关系[J].水土保持研究,2016,23(6):45-51,58.
- [9] 王巍巍,魏春雁,张之鑫,等.不同种稻年限盐碱地水田表层土壤酶活性变化及其与土壤养分关系[J].东北农业科学,2016,41(4):43-48.
- [10] 张建军,樊廷录,赵 刚,等.旱地玉米留膜留茬免耕栽培的土壤水热及产量效应[J].核农学报,2016,30(11):2274-2281.
- [11] 高 婕,李 倩,刘景辉,等.免耕留茬对内蒙古后山地区油菜田土壤呼吸和水热变化的影响[J].作物杂志,2012(3):81-85.
- [12] 刘厚雪,丁 伟,戴航宇,等.不同施肥方式对抗旱转基因大豆田杂草群落的影响[J].东北农业科学,2016,41(1):86-90.
- [13] 徐 双,柳新伟,崔德杰,等.不同施肥处理对滨海盐碱地棉花生长和土壤微生物及酶活性的影响[J].水土保持学报,2015,29(6):316-320.
- [14] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:22-36.
- [15] 吴金水,林启美,黄巧云,等.土壤微生物量测定方法及其应用[M].北京:气象出版社,2006:54-61.
- [16] 王宪奎,李建贵,刘隋赞昊,等.不同施肥措施对灰枣园土壤速效养分含量的影响[J].经济林研究,2016(2):35-40.
- [17] 柳燕兰,宋尚有,郝明德.长期定位施肥对灰绵土酶活性及土壤养分状况的影响[J].土壤通报,2012,43(4):798-803.
- [18] 肖 强.肥料配施对马铃薯生育、水分利用效率和土壤养分的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2014.
- [19] 姜小凤,王淑英,丁宁平,等.施肥方式对旱地土壤酶活性和养分含量的影响[J].核农学报,2010,24(1):136-141.
- [20] 曲均峰,李菊梅,徐明岗,等.长期不施肥条件下几种典型土壤全磷和Olsen-P的变化[J].植物营养与肥料学报,2008(1):90-98.
- [21] 王天乐,卫智军,闫瑞瑞,等.氮、磷、钾不同施肥配比对土壤养分的影响[J].北方园艺,2017(23):147-154.
- [22] 吕 盛,王子芳,高 明,等.秸秆不同还田方式对紫色土微生物量碳、氮、磷及可溶性有机质的影响[J].水土保持学报,2017,31(5):267-272.
- [23] 刘恩科,赵秉强,李秀英,等.长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J].植物生态学报,2008(1):176-182.
- [24] 熊兴梅,谢菊芬,陈加新.玉米不同施肥水平对土壤微生物生物量的影响[J].现代园艺,2013(14):8,10.
- [25] 李文祥.长期不同施肥对壤土肥力及作物产量的影响[J].中国土壤与肥料,2007(2):23-25.

(责任编辑:刘洪霞)