

黄腐酸钾对春青稞“苏拉青2号”产量、肥料利用率及土壤养分的影响

袁成立¹, 张海芳², 田科兴³

(1. 西藏拉萨市农业技术推广总站, 西藏 拉萨 850000; 2. 西藏自治区农业技术推广服务中心, 西藏 拉萨 850000; 3. 西藏林周县农业技术推广站, 西藏 拉萨 850000)

摘要:为测试施用黄腐酸钾对春青稞“苏拉青2号”产量、肥料利用率及土壤养分含量的影响,在西藏拉萨市林周县开展黄腐酸钾施用田间试验,结果表明:对比全肥区处理⑤,施用测土配方复混肥22 kg/667 m²+追肥尿素7.5 kg/667 m²;在同等养分投入下,处理⑥施用黄腐酸钾未表现出增产效果;在同等水平氮、磷、钾养分肥料施入下,处理⑥降低肥料综合利用率、降低氮、磷、钾3种主要养分的肥料利用率指标;施用黄腐酸钾后,土壤有机质、全氮、全磷养分含量及土壤pH值提高,但土壤全钾养分含量略有下降。

关键词:黄腐酸钾;春青稞;肥料利用率;土壤养分
中图分类号:S512.3 **文献标志码:**A

Effects of Potassium Fulvic Acid on Yield, Fertilizer Utilization and Soil Nutrients of Spring Highland Barley ‘Sulaqing No. 2’

YUAN Chengli¹, ZHANG Haifang², TIAN Kexing³

(1. Lhasa Agricultural Technology Extension Station, Tibet Lhasa 850000, China; 2. Agricultural Technology Extension Service Center of Tibet Autonomous Region, Tibet Lhasa 850000, China; 3. Linzhou County Agricultural Technology Extension Station, Tibet Lhasa 850000, China)

Abstract: In order to test the effects of potassium fulvate acid application on the yield, fertilizer utilization rate and soil nutrient content of spring highland barley Sulaqing No. 2, a field experiment was conducted in Linzhou County, Lhasa City. The results showed that compared with the treatment ⑤ (application of soil testing formula compound fertilizer 22 kg/667 m²+ topdressing urea 7.5 kg/667 m²), under the same nutrient input, treatment ⑥ (application of potassium fulvic acid) did not show a yield increase effect. Under the same level of nitrogen, pHosphorus, potassium fertilizer application, treatment ⑥ reduce the comprehensive utilization rate of fertilizer, reduce the fertilizer utilization index of nitrogen, pHosphorus, potassium three main nutrients. After applying potassium fulvic acid, soil organic matter, total nitrogen, total pHosphorus nutrient content and soil pH value increased, but soil total potassium nutrient content decreased slightly.

Key Words: potassium fulvic acid; spring highland barley; fertilizer utilization rate; soil nutrient

青稞是西藏粮食安全的“压舱石”,不仅是藏族群众的“生命之粮”,也是西藏农牧民群众的“致富之粮”,西藏的粮食安全,就是确保青稞安全;不断提高肥料利用率、实现化肥减量增效、提高青稞产量、品质,是西藏和谐稳定发展的基础^[1-2],也是加快西藏农业农村现代化、保护耕地生态环境、创建国家生态文明高地的必然举措。已有研究表明,施用黄腐酸具有提高作物产量和产品品质、提高肥料利用率、增强作物抗逆性、调节土壤pH值等诸多作

用^[3-6],但黄腐酸在西藏高原地带、高寒气候条件下应用,特别是应用于青稞作物相关研究尚不多见。

黄腐酸是腐殖酸中分子量最小、生理活性最高、具有多种官能团的一类水溶性小分子聚合物,也是一种多价酚型芳香族化合物与氮化合物的缩聚物,外观为棕褐色粉末,香甜气味,系纯天然发酵品,无毒副作用^[6]。根据黄腐酸的来源不同,一般分为矿源黄腐酸钾和生化黄腐酸钾,矿源黄腐酸是一种应用范围较广的生物刺激剂、土壤改良剂,其在农业上有着广泛的用途^[7]。本文所讨论黄腐酸钾属于矿源黄腐酸钾,在常规肥料利用率试验的基础上增加了黄腐酸钾全肥区处理设计,可测试在同

收稿日期:2023-07-10
作者简介:袁成立(1993-),男,助理农艺师,主要从事土壤肥料工作,E-mail:929677150@qq.com。

等养分(氮、磷、钾)投入情况下,施入黄腐酸对春青稞“苏拉青2号”产量、肥料利用率以及土壤养分含量的影响,相关数据同拉萨市测土配方推荐用肥进行对比,供西藏土壤肥料同行参考,为推进化肥减量增效、加快全区青稞产业发展、进而保障西藏粮食安全提供科学参考依据。

1 材料和方法

1.1 供试地点和土壤

地点:西藏拉萨市林周县强嘎乡强嘎村,北纬29.937 78°,东经91.141 94°,海拔3 777 m。地块交通便利,农田基础设施基本配套,灌排水正常,供试土壤为砂壤土,土壤肥力中等,试验地前茬作物为油菜,产量约为90 kg/667 m²,试验前多点采集0~20 cm耕层土样,用常规分析方法进行测试分析,全氮含量为0.928 g/kg,有机质含量为16.3 g/kg,全磷含量为1.03 g/kg,全钾含量为21.54 g/kg,pH值为8.41。

1.2 供试材料与规格用量

1.2.1 供试作物

春青稞,品种为“苏拉青2号”,播量为15 kg/667 m²。

1.2.2 供试肥料相关参数

尿素:N%≥46%,执行标准GB/T2440-2017,生产厂家:云南云天化股份有限公司。

粒状重过磷酸钙:P₂O₅≥44%,执行标准GB21634-2008;生产厂家:云南云天化股份有限公司。

氯化钾:K₂O≥60%,执行标准GB6549-2011;生产厂家:格尔木盛农复混肥有限责任公司。

测土配方复混肥:拉萨市测土配方复混肥,总养分≥45%(N-P₂O₅-K₂O=22-13-10),执行标准GB/T15063-2020;生产厂家:青海格尔木盛农复混肥有限责任公司。

(矿源)黄腐酸钾:黄腐酸≥35%,K₂O≥10%,pH值为6,粉状,执行标准HG/T5334-2018;生产厂家:沃德福农业科技有限公司;用法:作基肥,播种前均匀撒施于地表;主要作用:改良土壤团粒结构,疏松土壤,固氮、解磷、活化钾的吸收,增根壮苗,提高产量。

1.3 试验设计

本次试验共设计5个处理,每个处理作3次重复,各小区面积为20 m²,试验田间设计图如图1所示。试验处理分别是:①无肥区,CK;②无氮区;③无磷区;④无钾区;⑤全肥区、⑥黄腐酸钾全肥区。各处理施肥情况详见表1。

图1 试验田间设计布置图

保护				
保护	重复Ⅰ	重复Ⅱ	重复Ⅲ	保护
	处理①	处理⑥	处理②	
	处理②	处理⑤	处理③	
	处理③	处理④	处理⑥	
	处理④	处理③	处理⑤	
	处理⑤	处理②	处理①	
	处理⑥	处理①	处理④	
保护				

1.4 试验实施

试验于2022年5月12日播种,条播。各小区除施肥不同外,灌溉、除草、病虫害防治等其他田间管理措施均相同。

表1 不同处理春青稞“苏拉青2号”每667 m²肥料用量 kg

编号	处理	N					P		K				测土配方肥		养分 总量	
		底肥+追肥		底肥尿素		追肥尿素		重过磷酸钙		氯化钾		黄腐酸钾肥				
		纯量		纯量	实物量	纯量	实物量	纯量	用量	纯量	实物量	纯量	实物量	纯量		实物量
1	无肥 (ck)	0		0		0		0		0		0		0		0
2	无氮	0		0		0		2.86	6.5	2.2	3.667	0		0		5.06
3	无磷	8.29		4.84	10.52	3.45		0		0	3.667	0		0		10.49
4	无钾	8.29		4.84	10.522	3.45		2.86	6.5	0		0		0		11.15
5	全肥	3.45				3.45		7.5		0				0	0	9.9 22 13.35
6	黄腐 酸钾	8.29		4.84	10.522	3.45		2.86	6.5					2.2	22	13.35

1.5 调查内容与测试方法

2022年9月15日收获,各小区单打单收计产,每个处理小区取3个1 m²样品进行测产,开展田间考种,记录其有效穗数、穗粒数等,并对试验地各处理土壤进行多点采样(0~20 cm耕层),检测土样有机质(土壤检测第6部分:土壤有机质的测定 NY/T1121.6-2006),pH值(土壤 pH 值的测定 NY/T1377-2007),全N(土壤检测第24部分:土壤全氮的测定自动定氮仪法 NY/T1121.24-2012),全P(森林土壤磷的测定 LY/T1232-2015),全K(土壤全钾测定法 NY/T87-1988)等常规指标;植株样品洗净、烘干、粉碎、过筛后用H₂SO₄-H₂O₂进行消煮,测定青稞植株氮、磷、钾含量。全氮测定采用凯氏定氮法、全磷测定采用钒钼黄比色法、全钾测定采用火焰光度计法。

1.6 相关测试肥料利用率指标定义

对于有明确标注各养分含量的化肥,其利用率(%)=(氮磷钾全肥区作物吸收的养分量-缺素区作物吸收的养分量)/养分施入量×100%,所以常定义氮肥利用率(RE_N): $RE_N = \frac{U_{NPK} - U_{PK}}{F_N} \times 100\%$ 。

式中:U_{NPK}为氮磷钾全肥区植株全氮吸收量,U_{PK}为无氮区植株全氮吸收量,F_N为氮肥投入量。

磷肥利用率(RE_P): $RE_P = \frac{U_{NPK} - U_{NK}}{F_P} \times 100\%$ 。

式中:U_{NPK}为氮磷钾全肥区植株全磷吸收量,U_{NK}为无磷区植株全氮吸收量,F_P为磷肥投入量。

钾肥利用率(RE_K): $RE_K = \frac{U_{NPK} - U_{NP}}{F_K} \times 100\%$ 。

式中:U_{NPK}为氮磷钾全肥区植株全磷吸收量,U_{NP}为无磷区植株全氮吸收量,F_K为钾肥投入量。

市场上流通肥料中,存在部分肥料并未明确标注各养分(如氮、磷、钾)含量,比如生物有机肥、农用微生物菌肥、商品有机肥等,对于此类肥料,可通过田间试验结果计算所施入肥料的肥料综合利用率,肥料综合利用率=(施肥区作物养分吸收量-不施肥区作物养分吸收量)/(施肥区肥料施用量×肥料中养分含量百分比)

2 结果与分析

2.1 产量分析

试验后各处理产量详见表2,3,试验各处理理论产量位次⑤>⑥>④>③>②>①与实测产量位次一致,全肥区处理⑤产量最高,理论产量389.46 kg/667 m²,实测产量为272.99 kg/667 m²,处理⑥次之,理论产量为325.11 kg/667 m²,实测产量为228.24 kg/667 m²;再次分别为处理④③②,理论产量产量分别252.08 kg/667 m²,218.58 kg/667 m²,160.60 kg/667 m²;实测产量分别为184.67 kg/667 m²,181.33 kg/667 m²,147.78 kg/667 m²,处理①最低,理论产量为152.05 kg/667 m²,实测产量145.78 kg/667 m²。各处理理论产量均高实测产量,缺素处理区产量普遍较低,尤其是缺氮区处理②,产量显著低于缺磷区处理③、缺钾区处理④,也印证了氮肥对作物产量的主要贡献力。对照处理①(ck),处理⑤全肥区增产62.87%,处理⑥增产29.89%,处理④增产25.30%,处理③增产24.39%,处理②增产效果最低,仅为1.37%;横向对比处理⑤与处理⑥,2个处理均为全肥区,所施入氮磷钾3种肥料养分含量均一致,区别在于所施入钾肥来源不同,处理⑤产量明显高于处理⑥,处理⑥较之处理⑤产量下降44.75 kg/667 m²,下降幅度达16.39%。

表2 不同处理春青稞“苏拉青2号”理论产量

处理 编号	处理	单穗粒 数/粒	有效穗 数/万穗	千粒质 量/g	667 m ² 理论 产量/kg	位次
1	无肥(ck)	30.24	14.73	34.14	152.05	6
2	无氮	30.20	14.84	35.83	160.60	5
3	无磷	36.32	16.17	37.22	218.58	4
4	无钾	36.13	17.34	40.24	252.08	3
5	全肥	44.40	20.43	42.94	389.46	1
6	黄腐 酸钾	42.20	18.44	41.78	325.11	2

表3 不同处理春青稞“苏拉青2号”实际产量

编号	处理	籽粒	平均	秸秆	平均	籽粒产量位次
1	无肥(ck)	149.33	151.33	136.67	145.78	6
2	无氮	148.67	169.33	125.33	147.78	5
3	无磷	206.67	168.67	168.67	181.33	4
4	无钾	220.00	160.00	174.00	184.67	3
5	全肥	252.33	276.71	289.93	272.99	1
6	黄腐酸钾	203.33	260.00	221.37	228.24	2

对试验各处理籽粒产量开展方差分析,结果表明:肥料间 $F < F_{0.05} < F_{0.01}$,表明此时试验重复间差异不显著,肥料间 $F > F_{0.01} > F_{0.05}$,表明此时各肥料处理间差异极显著,各处理肥料因素对产量影响极大。为进一步探明试验各肥料处理对产量的影响,应进行多重比较,这里采用LSD法(表4)。

表4 不同处理春青稞“苏拉青2号”产量方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
重复间 ssb	2	504.81	252.41	0.43	4.10	7.56
肥料间 ssa	5	36357.35	7271.47	12.27	3.33	5.64
误差 sse	10	5 927.98	592.80			
总变异 ssT	17	42 790.14				

首先用单因素方方差分析得出 $MSe=SSe/dfe=953.256$,再计算 $t_{0.05}=TINV(0.05,12)=2.179$, $t_{0.01}=3.055$, $n=3$, $LSD_{0.05}=41.19$, $LSD_{0.01}=57.75$ 。

由表5、6可知,处理⑤与处理⑥差异显著,处理⑤与处理①、②、③、④差异极显著;处理⑥与处理③、④差异显著,与处理①、②差异极显著;其余处理间差异不显著。横向对比试验处理⑤与处理⑥,两者在试验设计上均属于全肥区,其中施入氮肥、磷肥、钾肥在养分含量上是一致的,试验结果显

示处理⑤施用测土配方复混肥产量最高,且二者产量差异达到显著水平。

表5 单因素方差分析表

差异源	SS	df	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
处理间	36 357.512	5	7 271.502	13.564**	3.11	5.06
处理内 (误差)	6 432.968	12	536.081			
总变异	42 790.48	17				

2.2 肥料利用率分析

通过表7可计算出试验中施入不同肥料的利用率,结果如表8所示,全肥区处理⑤施入测土配方复混肥综合利用率为45.05%,氮肥利用率为36.65%、磷肥利用率为10.8%、钾肥利用率为66.93%;全肥区处理⑥施用尿素、重过磷酸钙与黄腐酸钾肥料3种肥料综合利用率为31.05%,未达到2020年主要粮食作物肥料利用率40.2%水平,其中氮肥利用率为21.7%、磷肥利用率为8.94%、黄腐酸钾钾肥利用率为40.69%。对比全肥区处理⑤⑥两个处理,施用黄腐酸钾处理肥料综合利用率同比降低14个百分点、氮肥利用率同比降低14.95个百分点,磷肥利用率同比降低1.86个百分点,钾肥利用率同比降低26.24个百分点。

表6 不同处理春青稞“苏拉青2号”产量多重比较

处理	产量	处理①	处理②	处理③	处理④	处理⑥	处理⑤
		145.78	147.78	181.33	184.67	228.24	272.99
处理⑤	272.99	127.21**	125.21**	91.66**	88.32**	44.75*	0
处理⑥	228.24	101.03**	80.46**	46.91*	43.57*	0	
处理④	184.67	38.89	36.89	3.34	0		
处理③	181.33	35.55	33.55	0			
处理②	147.33	2	0				
处理①	145.78	0					

*为差异显著,**为差异极显著, $LSD_{0.05}=41.19$, $LSD_{0.01}=57.75$ 。

2.3 土壤养分含量变化分析

2.3.1 有机质含量

对比播前土壤有机质含量:缺肥区处理土壤有机质含量均有所降低,其中处理①有机质含量降低0.67 g/kg,下降4.11%,处理②有机质含量降低0.1 g/kg,降低0.61%;处理③有机质含量降低0.3 g/kg,降低1.84%;处理④有机质含量提高0.57 g/kg,提升3.50%;处理⑤有机质含量提高0.33 g/kg,提升2.02%;处理⑥有机质含量提高0.73 g/kg,提升4.48%。对比处理⑤与处理⑥,在施入等养分肥料后土壤有机质含量均有所提高,但较

之处理⑤施入测土配方复混肥料,处理⑥施入黄腐酸后对提高土壤有机质含量效果更为显著(图2)。

2.3.2 土壤全氮含量

对比播前土壤全氮含量:缺肥区处理①、②、③、④土壤全氮含量全部表现为降低,分别降低了0.018 g/kg、0.128 g/kg、0.118 g/kg、0.058 g/kg,处理⑤、⑥土壤全氮含量提高,对比播前分别提升0.162 g/kg、0.432 g/kg,提升率分别为17.46%、46.55%,对比处理⑤施用测土配方复混肥与处理⑥施用黄腐酸钾两个全肥区,处理⑥用黄腐酸钾全肥区对提高土壤全氮含量效果更加显著(图3)。

表7 不同处理春青稞“苏拉青2号”养分测试结果

g/kg

编号	处理	产量/kg		含氮量		含磷量		含钾量	
		籽粒	秸秆	秸秆	籽粒	秸秆	籽粒	秸秆	籽粒
1	无肥(ck)	145.78	189.78	6.8867	7.5333	0.3610	3.0600	8.2067	4.7300
2	无氮	147.78	227.78	7.0800	10.4400	0.3767	3.0600	7.7400	4.3567
3	无磷	181.33	247.56	7.9400	11.6333	0.3963	2.3367	7.1200	4.5800
4	无钾	184.67	273.11	8.0733	10.3567	0.4097	2.4333	6.8433	4.4167
5	全肥	272.99	340.00	7.1467	13.7867	0.4067	2.5367	8.3433	4.8367
6	黄腐酸钾	228.24	305.22	6.9033	12.4767	0.4160	2.8500	8.3533	4.5133

表8 不同处理春青稞“苏拉青2号”肥料利用率

编号	处理	全肥区养分吸收量/kg			缺素区养分吸收量/kg			施肥量/kg			利用率/%			综合
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	
1	无肥(ck)													
2	无氮				3.155			2.86	2.20					
3	无磷					0.522		8.29	2.20					
4	无钾						2.685	8.29	2.86					
5	全肥	6.193	0.831	4.157				8.29	2.86	2.20	36.65	10.80	66.93	45.05
6	黄腐酸钾	4.955	0.777	3.580			2.685	8.29	2.86	2.20	21.70%	8.94	40.69	31.05

表9 不同处理春青稞“苏拉青2号”土壤养分含量 g/kg

编号	处理	pH值	有机质	全氮	全磷	全钾
播前		8.41	16.3	0.928	1.03	21.54
1	无肥(ck)	8.36	15.63	0.91	1.03	21.35
2	无氮	8.34	16.20	0.80	0.99	21.69
3	无磷	8.36	16.00	0.81	1.03	20.89
4	无钾	8.33	16.87	0.87	1.08	20.27
5	全肥	8.32	16.63	1.09	1.03	22.82
6	黄腐酸钾	8.45	17.03	1.36	1.10	21.12

2.3.3 土壤全磷含量

对比播前土壤全磷含量:试验后各处理土壤全磷含量变化较为复杂,缺肥区处理①、③含量未发生改变,处理②土壤全磷含量降低0.04 g/kg,处理④土壤全磷含量提高0.05 g/kg;全肥区处理⑤土壤全磷含量未发生改变,处理⑥施用黄腐酸钾全肥区土壤全磷提高0.05 g/kg,提高率为4.85%(图3)。

2.3.4 土壤全钾含量

对比播前土壤全钾含量:处理①土壤全钾含量下降0.19 g/kg,降低0.88%,处理②土壤全钾含量提高0.15 g/kg,提升0.70%,处理③土壤全钾含量下降0.65 g/kg,降低3.02%,处理④土壤全钾含量下降1.27 g/kg,降低5.90%,处理⑤土壤全钾含量提高1.28 g/kg,提升5.94%,处理⑥土壤全钾含量下降0.42 g/kg,降低1.95%。对比全肥区处理⑤、⑥,处

理⑤施用测土配方复混肥后,土壤全钾含量有所提升,而处理⑥施用黄腐酸钾替代化肥钾源后土壤全钾含量略有下降(图2)。

2.3.5 土壤pH值影响

对比播前土壤pH值,试验后处理①、②、③、④、⑤土壤pH值均表现为下降,试验所用黄腐酸钾产品pH值为6,属于弱酸性肥料,但试验唯一表现出提高土壤pH值效果的是施用黄腐酸钾的处理⑥。

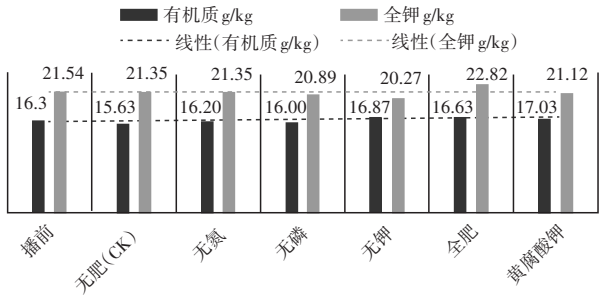


图2 不同处理土壤有机质、全钾含量变化

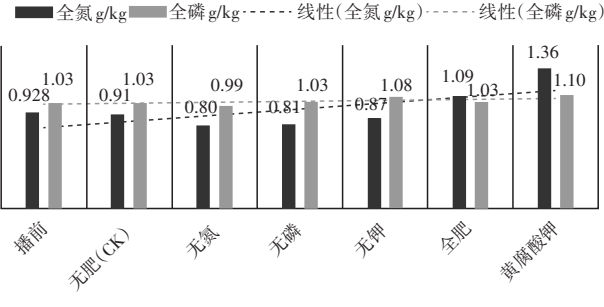


图3 不同处理土壤全氮、全磷含量变化

3 讨论

3.1 产量影响

试验产量结果与预期结果相反,有研究表明施用黄腐酸后有增加麦类作物产量的效果^[7-9],故在试验前预估处理⑥产量较之处理⑤施用测土配方复混肥将有所提升或者不会有显著差异,但试验结果显示处理⑥施用黄腐酸钾产量显著低于处理⑤产量水平,减产 44.75 kg/667 m²,下降幅度达 16.39%。黄腐酸钾在拉萨市春青稞苏拉青 2 号田间试验中未表现出增产效用。

3.2 利用率及土壤养分影响

对比试验全肥处理区处理⑤、⑥,两者在试验设计上均属于全肥区,其中施入氮肥、磷肥、钾肥在养分含量上是一致的,不同在于处理⑥钾肥来源为黄腐酸钾,除钾肥外,增加了黄腐酸的施入,张丽丽等研究发现施用黄腐酸可提高作物施入氮肥吸收效率^[10],张毅认为施用黄腐酸能克服碱性土壤对磷的固定效应,提高磷肥利用率^[11]。但在试验中处理⑥表现却未能达到预期,氮肥、磷肥、钾肥及综合利用率均低于处理⑤施入测土配方复混肥各项肥料利用率指标,施用黄腐酸钾处理未表现出提高肥料利用率的效用。

施用黄腐酸钾处理在试验中表现为:提高了土壤有机质、全氮、全磷含量及土壤 pH 值,而土壤全钾养分含量则略有下降。

3.4 原因分析

分析以上施用黄腐酸钾对青稞产量、肥料利用率影响,可能有以下两点原因:一是由于黄腐酸钾施用方法不适导致,有研究黄腐酸产品效用相关试验常以水溶喷施或结合大水灌溉冲施为主,这类黄腐酸施用方式的试验效果较为显著^[11-12],在本试验以黄腐酸钾为钾源作基肥播前撒施于试验地表,未结合灌溉施用;二是可能由于试验地所在的青藏高原高海拔、高寒气候因素,限制了黄腐酸钾发挥增产效能。同时,施用黄腐酸处理后土壤全钾含量降低及 pH 值提升原因暂不明了,以上都需要进一步开展田间试验印证、分析。

4 结论

综上,较之全肥区处理⑤:施用测土配方复混肥 22 kg/667 m²+追肥尿素 7.5 kg/667 m²,处理⑥施

用黄腐酸钾未表现出增产效果;在同等水平氮、磷、钾养分肥料施入下,处理⑥增施黄腐酸钾降低肥料综合利用率与氮肥、磷肥、钾肥 3 种主要养分肥料利用率指标;施用黄腐酸钾后,土壤有机质、全氮、全磷养分含量及土壤 pH 值提高,但土壤全钾养分含量略有下降。

由于只有一年田间试验数据,且试验点只有一个,还不能全面代表全区高原地带、高寒气候生产实际环境,且试验所用黄腐酸钾产品与施用方法过于单一,也不能完全代表黄腐酸产品施用效果。建议在西藏青稞主要推广品种上继续开展黄腐酸相关田间试验,重点开展不同黄腐酸产品、施用方法、施用量等相关研究,进一步摸清黄腐酸应用于西藏青稞作物产量、品质、肥料利用率、土壤养分等方面影响效果及其作用机理,进而助力全区青稞产业发展。

参考文献:

- [1] 杨冬庚,廖超子.青稞安全事关国家治边稳藏大局——西藏自治区高标准农田建设纪实[J].中国农业综合开发,2020(9):26-34.
- [2] 顿珠加布,旺姆,巴桑玉珍.推动西藏青稞产业高质量发展的建议[J].农业科技与信息,2022,19(21):107-111.
- [3] 李绪行,殷蔚蕊,邵莉楣,等.黄腐酸增强小麦抗旱能力的生理生化机制初探[J].植物学通报,1992,27(2):44-46.
- [4] 李绪行,邵莉楣,殷蔚蕊,等.黄腐酸和汪平酸对小麦种子萌发与幼苗生长及绿豆下胚轴生根的影响[J].植物学通报,1991,26(3):51-55,57.
- [5] 王高伟,胡光洲,孔倩,等.煤炭腐植酸的基本性能及其工农业应用[J].煤炭技术,2007,26(11):111-114.
- [6] 魏红珍.黄腐酸钾市场现状及发展前景[J].盐科学与化工,2020,49(3):6-7,16.
- [7] 张昭会,李放,朱琳,等.矿源黄腐酸钾施用方法对大豆产量的影响[J].化肥工业,2019,46(2):65-69.
- [8] 王寒梅,霍晓阳,李艳辉.黄腐酸生物有机肥对水稻生产的影响研究[J].农业科技与装备,2022(3):21-22.
- [9] 肖树涛.嘉有黄腐酸微生物菌剂在冬小麦上的应用研究[J].农业科技通讯,2019(2):44-46.
- [10] 张丽丽,史庆华,巩彪.中、碱性土壤条件下黄腐酸与磷肥配施对番茄生育和磷素利用率的影响[J].中国农业科学,2020,53(17):3567-3575.
- [11] 张毅.不同黄腐酸施用量对隆子黑青稞生理特性及产量的影响[D].拉萨:西藏大学,2020.
- [12] 郎朗,张星,李任丰,等.施用矿物源黄腐酸钾对黄瓜生长、产量及土壤的影响[J].腐植酸,2020(2):56-59.