



王振龙,宿翠翠,周琦,等.不同施肥方式对荒漠化地区菊芋饲用品质的影响[J].黑龙江农业科学,2023(8):37-43.

不同施肥方式对荒漠化地区菊芋饲用品质的影响

王振龙,宿翠翠,周琦,邓超超,周彦芳

(甘肃省农业工程技术研究院/武威市农田土壤改良与耕地保育技术创新中心,甘肃 武威 733006)

摘要:针对甘肃省河西地区荒漠化地区面积大,水资源缺乏和生态环境脆弱导致现阶段“与粮争地、争水”矛盾上升的现实问题,选用多年生、抗旱、耐瘠薄且饲用价值较高的特色经济作物菊芋作为研究对象。分别设置6个有机肥(OM)配施常规尿素(N)或树脂包膜缓释尿素(HN)的施肥方式,即 $OM_0 + N_1$ 、 $OM_0 + HN_1$ 、 $OM_1 + N_2$ 、 $OM_1 + HN_2$ 、 $OM_2 + N_3$ 和 $OM_2 + HN_3$,测定菊芋全株生物量、块茎品质、茎叶营养成分等指标,分析不同施肥方式对菊芋饲用品质的影响。结果表明, $OM_2 + HN_3$ 处理下的菊芋总生物量最高,为 $422.26 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$,与 $OM_0 + N_1$ 和 $OM_0 + HN_1$ 处理差异显著; $OM_1 + HN_2$ 处理下的菊糖含量为 $600.93 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,与其他处理差异均显著; $OM_2 + HN_3$ 处理下的菊芋脂肪、纤维在各处理中含量最大。采用主成分和聚类分析法综合评价,在不同施肥处理下菊芋饲用品质差异,结果表明,菊芋饲用品质综合排名依次为 $OM_2 + HN_3$ 、 $OM_2 + N_3$ 、 $OM_1 + HN_2$ 、 $OM_1 + N_2$ 、 $OM_0 + HN_1$ 和 $OM_0 + N_1$;不同施肥处理下菊芋饲用品质可分为3类,第Ⅰ类为 $OM_2 + HN_3$ 和 $OM_2 + N_3$ 处理下的品质最好;第Ⅱ类为 $OM_1 + HN_2$ 和 $OM_1 + N_2$ 处理下的品质良好;第Ⅲ类为 $OM_0 + HN_1$ 、 $OM_0 + N_1$ 处理下的品质一般。综上所述,氮肥减量,增施有机肥相对于不追施有机肥处理可显著提高菊芋饲用品质,配施缓释尿素处理下的菊芋饲用品质要高于普通尿素。

关键词:施肥方式;菊芋;饲用品质;主成分;聚类

菊芋(*Helianthus tuberosus* Linn.)为菊科向日葵属多年生草本植物,对于旱、盐碱、贫瘠等不良环境条件都有很好的抗逆性^[1]。菊芋块茎中菊糖含量占块茎质量的80%以上,菊糖是一种天然碳水化合物,含有丰富的膳食纤维,具有维持肠道微生态平衡、润肠通便、改善肠道菌群的作用^[2-3]。目前,菊芋广泛应用于食品、能源和饲料等方面,是重要的经济作物^[4-6]。

甘肃位于我国西北内陆,常年干旱少雨,年平均年降水量仅为300 mm左右。此外甘肃荒漠和盐碱面积较大,土壤地力较差,耕地产量低,部分耕地已无法种植粮食作物^[7]。甘肃是我国主要粮食、饲草和畜牧等产业发展大省,产业发展需要更多后备土地资源支撑。近年来,甘肃省饲草产业迅速发展,生态环境脆弱和现阶段人畜争粮矛盾与日俱增,正在成为甘肃省经济社会高质量发展和生态环境保护的短板。

菊芋自身具有生态适应性和繁殖能力强,又具有抗旱耐盐、防沙治沙等生态修复功能,能够在退化草地上自然生长,是西部沙荒地区重要的防风固沙作物之一^[8]。菊芋秸秆和块茎可为家畜提供丰富的矿物质和蛋白质,其茎叶和块茎均可作为优质的动物饲料及饲料添加剂^[9]。

康勇建等^[10]在研究化肥减量配施有机肥试验中发现,化肥减量25%配施生物有机肥对燕麦籽粒增产效果最为显著;王冰清等^[11]研究表明,在相同氮素水平下,化肥减量40%并配施20%有机肥对黄瓜、苦瓜、甘蓝这3种蔬菜的产量和品质是最有利的,各种效应达到最优。凹凸棒有机肥作为一种新型的有机肥料,它是以具有离子交换性和强吸附性的凹凸棒为原料,以作物秸秆和畜禽粪便为有机配料,在改善土壤质量,提高作物产量和品质方面有显著成效^[12]。胡风仙^[13]研究发现,树脂包膜尿素缓释氮肥对夏玉米增产效果显著高于普通氮肥;衣文平等^[14]研究表明,树脂包膜的缓释尿素肥效时间较长,一次基施可以满足作物整个生育期对养分的需求,增产增效十分显著。菊芋本身比较耐贫瘠,通常在其种植过程中管理比较粗放。而甘肃省荒漠化地区土壤沙化程度高,土壤有机质含量较低。所以,优化施肥方

收稿日期:2023-03-14

基金项目:甘肃省青年科技基金计划项目(21JR7RA751);甘肃省民生科技专项-东西部扶贫协作专题项目(20CX9NA019)。

第一作者:王振龙(1993—),男,硕士,研究实习员,从事干旱区土壤水高效利用研究。E-mail:1341863263@qq.com。

通信作者:周彦芳(1974—),男,农业推广硕士,副研究员,从事农田土壤改良与地力提升研究。E-mail:151245056@qq.com。

式,提高土壤质量和供肥能力是提高菊芋经济价值和饲用价值的关键措施。为此,本研究通过田间试验,以单施氮肥为对照,研究荒漠化地区凹凸棒有机肥与缓释氮肥配施对菊芋关键生育期饲用品质的影响,以期收获菊芋最大饲用价值提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省武威市凉州区黄羊镇($37^{\circ}40'29''\text{N}$, $102^{\circ}51'59''\text{E}$),海拔 1 510 m,年均气温 7.7°C ,无霜期 150 d 左右,降水量 150 mm,年蒸发量 2 021 mm。日照时数 3 028 h,相对湿度 53%。一年中 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 $3\,016^{\circ}\text{C}$,年太阳辐射总量 $580\sim 660\text{ Cal}\cdot\text{cm}^{-2}$ [15]。区内蒸发量大,降水量少而且主要集中在 6 月—9 月,降水可利用率较低,灌溉以地下水为主,试验地土壤为石灰型荒漠土,土壤基础理化性质为:全氮 $0.44\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,碱解氮 $94\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷 $26.4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $148\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有机质 $8.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH8.11,容重 $1.28\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

1.2 材料

供试菊芋品种为“津芋一号”,由天津市农业科学院提供。

供试肥料为尿素(含 N 量为 46%),宁夏和宁化学有限公司生产;硫酸钾(K_2O 含量为 52%),青海联宇钾肥有限公司生产;过磷酸钙(P_2O_5 含量为 16%),云南兴昆化工有限公司生产。

供试生物有机肥为凹凸棒有机肥(有机质含量 $\geq 45\%$,含氮量 2%,有效活菌数 $\geq 2\text{ 亿}\cdot\text{g}^{-1}$),临泽县鼎丰源凹土高新技术开发有限公司生产。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用随机区组设计,氮肥为常规尿素(N)和树脂包膜缓释尿素(HN)。设置 $\text{OM}_0 + \text{N}_1$ (T1)、 $\text{OM}_0 + \text{HN}_1$ (T2)、 $\text{OM}_1 + \text{N}_2$ (T3)、 $\text{OM}_1 + \text{HN}_2$ (T4)、 $\text{OM}_2 + \text{N}_3$ (T5)、 $\text{OM}_2 + \text{HN}_3$ (T6) 共 6 个处理,其中生物有机肥 OM_0 、 OM_1 、 OM_2 分别为 0、1 500.0 和 3 000.0 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;常规尿素 N_1 、 N_2 、 N_3 和树脂包膜缓释尿素 HN_1 、 HN_2 、 HN_3 分别为 225.0、187.5 和 150.0 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,6 个处理 3 次重复,共 18 个小区。

1.3.2 田间管理 于 2021 年 3 月下旬开始播种,采用平作的种植方式,株行距设为 $60\text{ cm}\times$

70 cm ,播种深度为 10 cm,选取重 30~40 g、无伤、无病的块茎作为种子,播种前用 0.8%高锰酸钾消毒。菊芋抗旱性较强,苗期、现蕾期是浇水的 2 个关键时期,一般 5 月中旬浇出苗水,9 月上旬浇现蕾水,其他时期根据土壤墒情和设置灌水量分 5 次灌水,人工除草 2 次。10 月下旬即可收获。

1.3.3 测定项目及方法 菊芋花期测定地上生物量(AB),用镰刀齐地面刈割单株,105 $^{\circ}\text{C}$ 条件下烘干 48 h 后称干重;成熟期测定地下生物量(UB),以菊芋地下根为中心,以半径 0.4 m 画圆深挖 30 cm,取出地下块茎和根系在烘箱中烘干 48 h(105 $^{\circ}\text{C}$)后称干重;总生物量(TB)以地上生物量和地下生物量之和表示[16]。

成熟期每个小区取 5 株菊芋的块茎,切块后立即以 105 $^{\circ}\text{C}$ 杀青,再以 80 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重,磨粉过 60 目筛后,用于测定块茎中的总糖(TS)、还原糖(RS)和菊糖(LL)含量。块茎中总糖和还原糖分别用苯酚-硫酸法和 3,5-二硝基水杨酸比色法测定[16];菊糖含量以总糖含量和还原糖的差值表示[17]。

地上部分样品烘干粉碎研磨后过 40 目筛,参照 GB 6438—2007 标准测定粗灰分(ASH)含量;参照 GB/T 6432—94 标准测定粗蛋白(CP)含量;参照 GB/T 6433—2006 标准测定粗脂肪(EE)含量;参照 GB/T 20806—2006 标准测定中性洗涤纤维(NDF)的含量;参照 NY/T 1459—2007 标准测定酸性洗涤纤维(ADF)含量。

1.3.4 数据分析 试验数据以 Excel 2010 软件整理,采用 SPSS 21.0 软件进行方差分析、主成分分析及聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥方式对菊芋生物量的影响

由图 1 可知,地上生物量、地下生物量和总生物量均随着有机肥的增施呈增加的趋势,T5 和 T6 处理下的地上生物量显著高于其他处理。其中 T6 处理下的地上生物量最高,为 $309.00\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$,较 T1 高出 26.52%;T5、T6 处理下的地下生物量同样显著高于其他处理,且二者之间无显著差异;菊芋总生物量的大小顺序为 $\text{T6} > \text{T5} > \text{T4} > \text{T3} > \text{T2} > \text{T1}$,T6 处理下的菊芋总生物量最高,为 $422.26\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$,与 T3、T4 和 T5 之间差异不显著,却较 T1、T2 显著高出 25.40%和 21.44%。

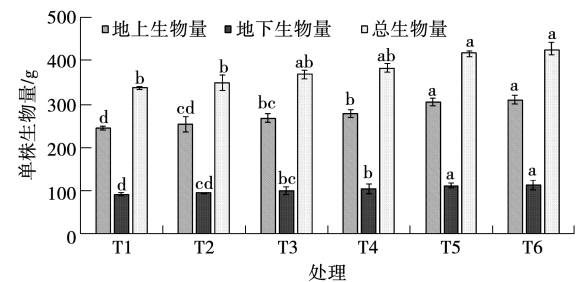


图1 不同施肥方式对菊芋生物量的影响

注:不同小写字母表示不同施肥处理在 $P<0.05$ 水平差异显著。

2.2 不同施肥方式对菊芋块茎品质的影响

由表1可知,T4处理下的菊芋总糖含量最高,为 $645.23\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,显著高于其他处理,其次为T3,总糖含量依次为 $T4>T3>T6>T5>T2>T1$,T5和T6二者之间无显著差异。T1处理下的总糖含量最低,说明氮肥有机肥配施有利于总糖的累积,而且施缓释氮肥效果优于普通氮肥。

T3处理下的还原糖含量最高,为 $48.28\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,且与其他处理差异均显著,T4和T6处理下的还原糖含量最低,二者之间差异不显著,分别为 44.29 和 $44.38\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,且T3处理下的还原糖含量比T4和T6分别显著高出 9.01% 和 8.79% ,T2和T5二者之间差异不显著。

T4处理下的菊糖含量最高,为 $600.93\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,且与其他处理差异均显著,T3、T5、T6分别为 564.53 , 546.69 和 $556.22\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,且三者之间差异不显著;T1处理下的菊糖含量最低,为 $456.57\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,低于T4处理 24.02% ,说明有机肥与氮肥配施有助于菊芋菊糖的积累。

表1 不同施肥方式对菊芋块茎品质的影响

处理	单位: $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$		
	总糖	还原糖	菊糖
T1	$501.99\pm5.56\text{ e}$	$45.43\pm0.15\text{ c}$	$456.57\pm5.56\text{ d}$
T2	$557.14\pm9.27\text{ d}$	$46.33\pm0.06\text{ b}$	$510.81\pm9.26\text{ c}$
T3	$612.81\pm3.12\text{ b}$	$48.28\pm0.11\text{ a}$	$564.53\pm3.12\text{ b}$
T4	$645.23\pm3.64\text{ a}$	$44.29\pm0.10\text{ d}$	$600.93\pm3.63\text{ a}$
T5	$592.86\pm5.28\text{ c}$	$46.17\pm0.15\text{ b}$	$546.69\pm5.28\text{ b}$
T6	$600.61\pm7.19\text{ bc}$	$44.38\pm0.11\text{ d}$	$556.22\pm7.18\text{ b}$

注:不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

2.3 不同施肥方式对菊芋茎叶营养成分的影响

由表2可知,各处理之间菊芋茎叶粗蛋白含量差异不显著,其中T4处理下的粗蛋白含量最高,依次为 $T4>T5>T6>T3>T1>T2$ 。T6处理下的菊芋茎叶粗脂肪含量最高,为 4.74% ,且与其他处理之间差异均显著,其次为T5,说明增施有机肥有利于菊芋茎叶中粗脂肪的积累。T4处理下的粗灰分含量最高,为 14.58% ,T4与除T3外的其他处理差异均显著,且其他处理之间差异均不显著,其中,T6处理下的茎叶粗灰分含量最低,较T4处理显著降低 16.26% 。T6处理下的菊芋茎叶中酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量最高,其次为T5,且二者之间差异均不显著,T6与T1、T2处理之间差异均显著,纤维含量顺序依次为 $T6>T5>T4>T3>T1$ 或 $T2$,说明随着施入有机肥量的增大,有利于两种纤维含量的积累,且配施缓释尿素效果要优于配施普通尿素。

表2 不同施肥方式对菊芋茎叶营养成分的影响

处理	单位:%				
	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分	酸性洗涤纤维	中性洗涤纤维
T1	$6.68\pm0.69\text{ a}$	$3.96\pm0.10\text{ c}$	$13.14\pm0.29\text{ bc}$	$38.11\pm2.52\text{ b}$	$40.71\pm1.73\text{ b}$
T2	$6.63\pm0.96\text{ a}$	$3.51\pm0.10\text{ d}$	$12.49\pm0.33\text{ c}$	$37.67\pm0.65\text{ b}$	$41.51\pm2.06\text{ b}$
T3	$7.03\pm1.01\text{ a}$	$3.42\pm0.14\text{ d}$	$14.14\pm0.38\text{ ab}$	$39.63\pm0.54\text{ ab}$	$41.82\pm1.16\text{ b}$
T4	$9.06\pm0.08\text{ a}$	$3.80\pm0.06\text{ c}$	$14.58\pm0.19\text{ a}$	$41.94\pm1.22\text{ ab}$	$44.80\pm0.63\text{ ab}$
T5	$8.24\pm0.48\text{ a}$	$4.35\pm0.07\text{ b}$	$12.81\pm0.27\text{ c}$	$42.27\pm2.94\text{ ab}$	$45.20\pm1.29\text{ ab}$
T6	$8.04\pm0.21\text{ a}$	$4.74\pm0.07\text{ a}$	$12.21\pm0.31\text{ c}$	$44.53\pm0.87\text{ a}$	$47.26\pm1.32\text{ a}$

2.4 菊芋生物量和品质以及营养成分的相关性

由表3可知,11个不同指标之间存在一定的相关性。地上生物量、地下生物量、总生物量与酸

性洗涤纤维、中性洗涤纤维之间呈现极显著正相关关系;地上生物量与粗脂肪之间呈现显著正相关关系,相关系数为 0.810 ;菊芋总糖与菊糖之间呈

现极显著正相关关系,相关系数为 0.996;粗蛋白与酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维之间呈现显著正相关关系,相关系数分别为 0.793 和 0.795;粗脂肪与酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维之间呈现显著正相

关关系,相关系数分别为 0.790 和 0.795;酸性洗涤纤维与中性洗涤纤维之间呈现极显著正相关关系,相关系数为 0.979。

表 3 菊芋生物量和品质以及营养成分指标之间的相关系数矩阵

指标	地上生物量	地下生物量	总生物量	总糖	还原糖	菊糖	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分	酸性洗涤纤维	中性洗涤纤维
地上生物量	1.000										
地下生物量	0.997**	1.000									
总生物量	0.995**	0.998**	1.000								
总糖	0.577	0.625	0.589	1.000							
还原糖	-0.315	-0.319	-0.316	-0.068	1.000						
菊糖	0.585	0.633	0.597	0.996**	-0.098	1.000					
粗蛋白	0.697	0.740	0.708	0.765	-0.573	0.780	1.000				
粗脂肪	0.810*	0.746	0.772	0.025	-0.612	0.043	0.443	1.000			
粗灰分	-0.263	-0.208	-0.250	0.490	0.163	0.484	0.330	-0.561	1.000		
酸性洗涤纤维	0.946**	0.947**	0.947**	0.627	-0.505	0.640	0.793*	0.790*	-0.113	1.000	
中性洗涤纤维	0.947**	0.951**	0.949**	0.609	-0.567	0.624	0.795*	0.795*	-0.217	0.979**	1.000

注: * 代表差异显著($P<0.05$), ** 代表差异极显著($P<0.01$)。

2.5 主成分分析

为避免反映菊芋营养成分的指标发生重叠交叉,应用主成分分析法在多个指标中筛选出若干个彼此不相关的综合性指标,来反映原来全部指标的大部分信息^[18]。本试验针对菊芋生物量、品质、饲用成分等共 11 项指标以主成分分析法进行降维,筛选出 3 个主成分。由表 4 可知,主成分 1、主成分 2、主成分 3 贡献率分别为 65.522%、22.314%和 9.199%,3 个主成分的方差累积贡献率能够反映各指标 97.034%的信息,说明 3 个主成分可以衡量这 11 个指标的所有信息。第一主成分在地上生物量、地下生物量、总生物量、粗脂肪、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维上荷载值较大,其权重系数分别为 0.979,0.965,0.976,0.785,0.887 和 0.896;第二主成分在总糖、菊糖、粗蛋白、粗灰分上荷载值较大,其权重系数分别为 0.864,0.862,0.641 和 0.850;第三主成分在还原糖上荷载值较大,其权重系数为 0.964。

2.6 不同施肥处理对菊芋饲用品质的综合评价

为确保主成分分析结果的客观性和科学性,将各指标标准化后计作 ZAB、ZUB、ZTB、ZTS、

ZRS、ZLL、ZCP、ZEE、ZASH、ZADF、ZNDF。因此,可得各主成分的函数表达式: $F_1=0.979ZAB+0.965ZUB+0.976ZTB+0.471ZTS-0.219ZRS+0.476ZLL+0.540ZCP+0.785ZEE-0.416ZASH+0.887ZADF+0.896ZNDF$ 。 F_2 、 F_3 同样依照表 4 以相同的函数表达式表示。

表 4 主成分分析的特征值和贡献率

序号	指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
1	地上生物量	0.979	0.152	0.117
2	地下生物量	0.965	0.216	0.126
3	总生物量	0.976	0.168	0.119
4	总糖	0.471	0.864	-0.043
5	还原糖	-0.219	0.022	-0.964
6	菊糖	0.476	0.862	-0.014
7	粗蛋白	0.540	0.641	0.502
8	粗脂肪	0.785	-0.344	0.476
9	粗灰分	-0.416	0.850	-0.008
10	酸性洗涤纤维	0.887	0.265	0.337
11	中性洗涤纤维	0.896	0.216	0.375
特征值		6.341	3.912	1.024
贡献率/%		65.522	22.314	9.199
累积贡献率/%		65.522	87.836	97.034

由表 5 可知,通过隶属函数 $u(X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, ($j=1,2,\cdots,n$)求得 u_1, u_2, u_3 进一步通过权重 $W_j = P_j / \sum_{j=1}^n P_j$, 以及综合评价 D 值: $D = \sum_{j=1}^n [u(X_j) \times W_j]$, 计算可得 T6 处理的得分最高, 为 0.798, 其次为 T5, 得分为 0.709, T1 处理的得分最低, 为 0.078, 排名依次为 $T6 > T5 > T4 > T3 > T2 > T1$, 说明在 $3\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 有机肥+ $150.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的施肥组合下对菊芋生物量、块茎品质以及营养成分效果最佳。再用最短距离法计算出各处理间的欧式距离, 对 6 个处理进行系统聚类。如图 2 所示, 可以把饲用品质分为 3 类, T1 和 T2 两个处理聚为一类, 菊芋饲用品质为三等, T3 和 T4 两个处理聚为一类, 菊芋饲用品质为二等, T5 和 T6 两个处理聚为一类, 菊芋饲用品质为一等, 说明有机肥有利于菊芋

全株饲用品质的提升, 且配施缓释尿素效果要优于普通尿素。

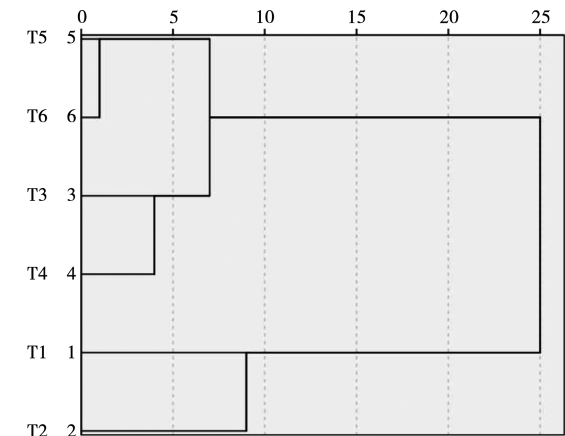


图 2 不同施肥处理聚类分析

表 5 不同处理对菊芋生物量及营养品质指标综合评价

处理	F_1	F_2	F_3	u_1	u_2	u_3	D 值(得分)	排名
T1	-1.159	-1.078	0.669	0.000	0.000	0.822	0.078	6
T2	-0.675	-0.595	-0.470	0.191	0.179	0.408	0.209	5
T3	-0.263	0.755	-1.591	0.353	0.680	0.000	0.395	4
T4	-0.339	1.618	1.158	0.323	1.000	1.000	0.543	3
T5	1.058	-0.189	-0.346	0.874	0.330	0.453	0.709	2
T6	1.378	-0.511	0.580	1.000	0.210	0.790	0.798	1

3 讨论

菊芋的地上和地下部分都可作为优良的饲料原料。地上茎叶部分茎叶营养价值可超苜蓿, 地下的块茎中含有丰富的菊糖, 其营养价值高于马铃薯^[19]。本研究通过不同施肥方式对菊芋地上、地下生物量以及块茎品质和茎叶营养物质的影响, 来探究菊芋最大饲用价值的施肥方式。生物量是直接衡量植物自然生长或不同农艺措施下生长趋势的基本指标^[20-21], 因此需要筛选生物量高的处理可以获得较高的饲料产量, 相关研究表明, 化肥减量配施有机肥可显著提高作物生物量。段文学等^[22]研究表明, 化肥配施有机肥可显著增加甘薯块根的产量; 苟久兰等^[23]研究表明, 有机肥与减量 20% 缓释肥施用仍能达到较好的增产效果。本研究也得到相似结果, 在 $150.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 缓释尿素+ $3\ 000.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 凹凸棒生物有机肥处理下的生物量最大。菊芋块茎中的糖类也是动物不可或缺的营养成分之一, 尤其是菊糖可调控动物各器官的机能, 本研究发现, 当施用有机肥 $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 缓释尿素 $1\ 500.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时的菊芋块茎中总糖和菊糖在各处理中含量最高。孙晓娥等^[24]研究

表明, 当氮肥为 $180.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时, 菊芋块茎能达到最高产量和最优品质, 而过度施加氮肥不仅不利于提高菊芋块茎产量及其品质, 这和本研究的结果基本一致。菊芋作为饲草来说, 粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维是决定其营养价值的重要物质^[25]。有研究表明, 禾本科饲草的粗蛋白含量与施氮量成正比^[26], 而在本研究中菊芋茎叶粗蛋白含量是随着氮肥的减施和增施有机肥呈现先升高后下降的过程。本研究中施用有机肥 $3\ 000.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 缓释尿素 $150.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时, 菊芋茎叶中粗脂肪含量在各处理中含量最高, 为 4.75%, 说明缓释氮肥配施一定比例的有机肥有利于提高玉米营养价值, 这与前人有关饲草营养价值的结论一致^[27]。中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维是反映纤维质量好坏最有效的指标, 其含量与动物的采食和消化有关^[28-29], 本研究中施用有机肥 $150.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 缓释尿素 $3\ 000.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时, 菊芋茎叶中的纤维含量最高, 且相对于不施有机肥的两个处理差异均显著, 说明随着有机肥的增施和氮肥的减量, 有利于纤维在菊芋茎叶中的积累, 提高菊芋饲用品质, 这与胡春花等^[26]对青贮玉米的研究结果是一致的。

全株菊芋的饲用价值主要体现在生物量、糖、纤维、蛋白和脂肪等 11 个指标的含量中,综合这 11 个指标之间的相关性分析,生物量与酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维都存在极显著的正相关关系,而与还原糖和粗灰分之间存在负相关关系,粗蛋白和粗脂肪与酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维都存在显著的正相关关系。为进一步了解这些指标之间的相关关系以及各指标对菊芋饲用价值的贡献,利用主成分分析法和聚类分析法对各处理进行综合评价。本研究采用主成分分析,将表征菊芋饲用品质的 11 个指标进行降维、提取到 3 个主成分,累积贡献率达 97.034%,地上生物量、地下生物量、总生物量、粗脂肪、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维在第一主成分上有较高的荷载值,总糖、菊糖、粗蛋白、粗灰分在第二主成分上有较高的荷载值,还原糖在第三主成分上有较高的荷载值。3 个主成分涵盖了菊芋生物量、糖含量和营养成分 9 个指标,原变量信息无丢失,说明利用主成分分析衡量不同施肥方式对荒漠化地区菊芋饲用品质是可靠的。

4 结论

不同施肥方式处理下,通过对菊芋全株 11 个饲用品质指标进行主成分得分评价和聚类比较,以不同施肥方式的主成分得分评价标准进行排序,排名依次为 $OM_2 + HN_3$ 、 $OM_2 + N_3$ 、 $OM_1 + HN_2$ 、 $OM_1 + N_2$ 、 $OM_0 + HN_1$ 、 $OM_0 + N_1$,即缓释尿素 $150.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 配施有机肥 $3\ 000.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的施肥方式最佳。把主成分综合得分进行聚类分析,将 6 个不同施肥处理下的菊芋饲用品质分为 3 个等级,即 $OM_2 + HN_3$ 、 $OM_2 + N_3$ 为高质量等级, $OM_1 + HN_2$ 、 $OM_1 + N_2$ 为中质量等级, $OM_0 + HN_1$ 、 $OM_0 + N_1$ 为低质量等级。聚类分析结果表明,增施有机肥相对于不追施有机肥处理可显著提高菊芋饲用品质,配施缓释尿素处理下的菊芋饲用品质要高于普通尿素。

参考文献:

- [1] 隆小华,刘兆普,陈铭达,等.半干旱地区海涂海水灌溉菊芋盐肥耦合效应的研究[J].土壤学报,2005.
- [2] 陈奇乐,张益琛,李智,等.张北坝上沙荒地菊芋建植技术[J].中国蔬菜,2020(3):105-106.
- [3] 吕世奇.半干旱区非粮能源植物菊芋高产形成机制及丰产栽培措施研究[D].兰州:兰州大学,2019.
- [4] 赵孟良,刘明池,钟启文,等.29 份菊芋种质资源氨基酸含量和营养价值评价[J].种子,2018,37(3):55-60.
- [5] 刘祖昕,谢光辉.菊芋作为能源植物的研究进展[J].中国农业大学学报,2012,17(6):122-132.
- [6] 王丽慧,李屹,赵孟良,等.刈割次数对菊芋生物量及营养价值影响研究[J].饲料工业,2015,36(3):12-15.
- [7] 黄涛,车宗贤,赵欣楠,等.甘肃河西绿洲灌区农田耕层土壤养分调查与评价[J].甘肃农业大学学报,2021,56(1):126-132,141.
- [8] 高阳,高凯,王琳,等.科尔沁沙地两个菊芋品种叶片 C, N, P 化学计量特征[J].草原与草坪,2019,39(4):72-77.
- [9] 刘鹏,王彦靖,王秀飞,等.不同品种菊芋秸秆营养成分、体外消化率和能量价值的比较[J].中国饲料,2019(21):118-120.
- [10] 康勇建,赵宝平,孙雯,等.化肥减施配合生物有机肥对土壤特性和燕麦产量的影响[J].中国农学通报,2021,37(11):59-64.
- [11] 王冰清,尹能文,郑棉海,等.化肥减量配施有机肥对蔬菜产量和品质的影响[J].中国农学通报,2012,28(1):242-247.
- [12] 祁俊堂.凹凸棒有机肥在设施葡萄上的应用效果研究[J].现代农业科技,2016(9):82-83.
- [13] 胡风仙.树脂包膜尿素不同施用比例对夏玉米产量及经济效益的影响[J].现代农业科技,2017(4):3-4.
- [14] 衣文平,毕长海,屈浩宇,等.树脂包膜尿素与普通尿素不同配比在春玉米上的应用研究[J].核农学报,2013,27(9):1385-1390.
- [15] 吴科生,车宗贤,包兴国,等.灌漠土长期有机配施土壤肥力特征和作物产量可持续性分析[J].水土保持学报,2021,35(3):333-340.
- [16] 沃野,黄佳媛,杨宁,等.现蕾期磷添加对菊芋块茎产量及物质分配规律的影响[J].草地学报,2021,29(7):1594-1598.
- [17] 李晓丹.不同菊芋品种生育、产量及营养成分的比较[D].长春:东北师范大学,2014.
- [18] 邬彤,周涛,袁淑君.数据统计分析:SPSS 原理及其应用:Windows 版[M].2 版.北京:北京师范大学出版社,2001.
- [19] 杨明爽.菊芋的饲用价值及栽培利用技术[J].当代畜牧,1994(6):32-32.
- [20] 田迅,朱铁霞,乌日娜,等.断根对菊芋块茎产量及品质的影响[J].草业科学,2015,32(12):2083-2088.
- [21] 杨楠,丁玉川,焦晓燕,等.种植密度对高粱群体生理指标、产量及其构成因素的影响[J].农学学报,2013,3(7):11-17.
- [22] 段文学,张海燕,解备涛,等.化肥和生物有机肥配施对鲜食型甘薯块根产量、品质及土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,2021,27(11):1971-1980.
- [23] 苟久兰,何佳芳,周瑞荣,等.缓释肥与有机肥配施对马铃薯产量及养分吸收的影响[J].贵州农业科学,2011,39(12):151-153.
- [24] 孙晓娥,孟宪法,刘兆普,等.氮磷互作对菊芋块茎产量和品质的影响[J].生态学杂志,2013,32(2):363-367.
- [25] 杨在宾,杨立杰,姜淑贞,等.菊芋生长后期生物产量及营养价值[J].草业科学,2018,35(1):140-145.
- [26] 胡春花,张吉贞,孟卫东,等.不同栽培措施对青贮玉米产量和营养品质的影响[J].热带作物学报,2015,36(5):847-853.

[27] 杨楠,丁玉川,焦晓燕,等. 种植密度对高粱群体生理指标,产量及其构成因素的影响[J]. 农学学报,2013,3(7): 11-17.

[28] 秦丽萍,柯文灿,丁武蓉,等. 温度对垂穗披碱草青贮品质的影响[J]. 草业科学,2013,30(9):1433-1438.

[29] 薛艳林,孙林,殷国梅,等. 生物添加剂和填装密度对菊芋青贮饲料品质的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2017,38(1): 39-43.

Effects of Different Fertilization Methods on Forage Quality of *Helianthus tuberosus* Linn. in Desertification Area

WANG Zhenlong, SU Cuicui, ZHOU Qi, DENG Chaochao, ZHOU Yanfang

(Wuwei Farmland Soil Improvement and Farmland Conservation Technology Innovation Center / Gansu Academy of Agri-Engineering Technology, Wuwei 733006,China)

Abstract: In view of the fact that the large area of desertification land, the lack of water resources and the fragile ecological environment in Hexi Region of Gansu Province have led to the rising contradiction between "competing for land and water with grain" at this stage. The characteristic cash crop *Helianthus tuberosus*, which is perennial, drought resistant, barren tolerant and has high feeding value, was selected as the research object. Six different fertilization methods are set respectively, with single nitrogen fertilizer as the control: OM₀ + N₁, OM₀ + HN₁, organic fertilizer with nitrogen fertilizer: OM₁ + N₂, OM₁ + HN₂, OM₂ + N₃, OM₂ + HN₃. The effects of different fertilization methods on the feeding quality of *Helianthus tuberosus* were analyzed. By measuring the relevant indicators of *Helianthus tuberosus*: aboveground biomass, underground biomass, total biomass, total sugar, reducing sugar, inulin, crude protein, crude fat, crude ash, acid detergent fiber, neutral detergent fiber. The results showed that the total biomass of *H. tuberosus* under OM₂ + HN₃ treatment was the highest, at 422.26 g·plant⁻¹, which was significantly different from OM₀ + N₁ and OM₀ + HN₁ treatments. The inulin content under OM₁ + HN₂ treatment was 600.93 g·kg⁻¹, which was significantly different from other treatments. The content of *H. tuberosus* fat and fiber under OM₂ + HN₃ treatment was the highest among all treatments. Using principal component analysis and cluster analysis to comprehensively evaluate the differences in feed quality of *H. tuberosus* under different fertilization treatments. The results showed that the comprehensive ranking of *H. tuberosus* feeding quality was OM₂ + HN₃, OM₂ + N₃, OM₁ + HN₂, OM₁ + N₂, OM₀ + HN₁, OM₀ + N₁. The feeding quality of *H. tuberosus* under different fertilization treatments divided into three categories. The first category was OM₂ + HN₃ and OM₂ + N₃, which had the best quality. The second category was OM₁ + HN₂ and OM₁ + N₂, which had good quality. The third category was OM₀ + HN₁ and OM₀ + N₁, which had general quality. In summary, the feed quality of *H. tuberosus* can be significantly improved by reducing nitrogen fertilizer and increasing organic fertilizer compared with the treatment without topdressing organic fertilizer, and the feed quality of *H. tuberosus* under the treatment of slow release urea is higher than that of common urea.

Keywords: fertilization method; *Helianthus tuberosus* Linn; feed quality; principal component analysis; cluster analysis

协办单位

黑龙江省作物学会

黑龙江省农业科学院水稻研究所

黑龙江省农业科学院克山分院

黑龙江省农业科学院黑河分院

黑龙江省农业科学院绥化分院

黑龙江省农业科学院佳木斯分院

黑龙江省农业科学院牡丹江分院