

控施肥料对黄河三角洲盐碱土区苜蓿草地产量及土壤养分的影响

李 焯¹, 张 民¹, 焦树英¹, 李永强¹, 贾继文¹, 沈玉文², 张子胥¹, 孔柏舒¹

(1. 土肥资源高效利用国家工程实验室, 山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018;

2. 山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 济南 250100)

摘要: 采用田间随机区组试验方法, 对黄河三角洲盐碱垦殖区苜蓿草地进行施肥处理, 以期获得肥料类型对苜蓿产量的影响效应和土壤养分变化情况, 为黄河三角洲退化苜蓿草地恢复和延缓衰退提出科学依据, 对维护黄河三角洲苜蓿草地功能和周边环境具有重要的生态学意义。结果表明: 不同类型肥料的输入均能显著提高苜蓿产量, 平均增产幅度为 19%, 对于不同类型肥料, 速效肥短期内可以取得较好的苜蓿生物学产量; 但从周年生产来看, 控释肥 I(AF)和控释肥 II(BF)均可以促进分枝数量、根系长度、体积和干重增加, 而控释肥 II(BF)表现为增产效果最好, 比对照增产 22%, 控释肥 I(AF)与速效肥(HF)差异显著($P < 0.05$)。不同类型肥料对土壤营养特性作用效果不同, 施肥区 0—20 cm 深度的速效磷和速效钾含量普遍比对照区高 1.5~3.0 倍, 这也是施肥区域苜蓿总产量提高的物质基础, 说明在黄河三角洲地区, 合理的施肥措施可以促进苜蓿产量的提高和土壤养分的变化, 牧草的增产为草地恢复和延缓衰退奠定了基础。

关键词: 黄河三角洲; 控释肥; 苜蓿草; 苜蓿产量; 土壤养分

中图分类号: S812

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2019)05-0217-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2019.05.032

Effects of Controlled Release Fertilizer on Alfalfa Grassland Yield and Soil Nutrients in Saline-alkali Soil Region of Yellow River Delta

LI Ye¹, ZHANG Min¹, JIAO Shuying¹, LI Yongqiang¹,

JIA Jiwen¹, SHEN Yuwen², ZHANG Zixu¹, KONG Baishu¹

(1. National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100)

Abstract: The field randomized block experiment method was used to apply fertilizer to alfalfa fields in saline-alkali reclamation areas of the Yellow River Delta, in order to obtain the effects of fertilizer types on alfalfa yield and the changes of soil nutrients, and provide scientific basis for the restoration and delaying recession of alfalfa fields in the Yellow River Delta, and this research had important ecological significance for maintaining the functions of alfalfa fields and the surrounding environment in the Yellow River Delta. The results showed that the application of different types of fertilizers could significantly improve the alfalfa yield, with an average increase of 19%. For different types of fertilizers, the quick-acting fertilizer could get better biological yield of alfalfa in a short period. However, for the annual production, controlled release fertilizer I (AF) and controlled release fertilizer II (BF) could promote the increase of branch number, root length, volume and dry weight, while controlled-release fertilizer II (BF) was the best in improving the alfalfa yield, it improved the yield by 22% compared with the CK, and there was a significant difference in the yield between controlled release fertilizer I (AF) and quick-acting fertilizer (HF) ($P < 0.05$). The different type fertilizer had different effects on soil nutrient characteristics, the content of soil available potassium and available phosphorus in 0—20 cm depth of fertilizer treatment plots was 1.5 ~ 3.0 times higher than that of CK, and this was also the material basis for the increase of total alfalfa yield in the fertilization area, which indicated that reasonable fertilization measures could promote the increase of alfalfa yield and the change of soil nutrients in the Yellow River Delta area, and the increase of forage yield laid a foundation for grassland restoration and delaying recession.

收稿日期: 2019-03-01

资助项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0800602); 山东省科技厅重点研发计划项目(2016CYJS05A02, 2017CXGC0304); 国家自然科学基金项目(31302014); 山东省自然科学基金项目(ZR2016BQ30)

第一作者: 李焯(1994—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事农业资源利用研究。E-mail: zplye@126.com

通信作者: 焦树英(1978—), 女, 副教授, 硕士生导师, 主要从事草地生态与农业资源研究。E-mail: jshysd@163.com

Keywords: Yellow River Delta; controlled release fertilizer; alfalfa forage; alfalfa yield; soil nutrient

黄河三角洲垦殖区棉花和苜蓿的种植历史悠久,潜力面积巨大。上世纪 90 年代初开始引入许多大规模草业公司,形成了我国面积最大的成片分布的苜蓿人工草地。遥感数据对黄河三角洲 30 多年的土地利用变化研究表明,土地利用格局中,人工草地是新生湿地内面积变动最活跃的一类,增长面积最大的是新垦殖牧草地和耕地的转入^[1],由于湿地垦殖农业的生态脆弱性,近年来盐碱地的改良利用一直是生产上迫切需要解决的问题。黄河三角洲盐碱垦殖区苜蓿草地是极具特色的农区草地类型,在保护黄河三角洲生态环境起着重要作用,由于受人口剧增、土地开垦、石油开采等自然和人为因素的影响,黄河三角洲苜蓿草地出现不同程度的退化,其恢复与重建已是保护黄河三角洲生态环境的研究热点^[2]。有研究^[3-4]表明,施肥能提高苜蓿生物量,延长盛产期 10~15 年及苜蓿种群衰退发生的时间,更好地实现苜蓿人工草地生态和生产功能的平衡与可持续利用^[5]。但是在农业上大量化肥的施用造成环境污染、生态平衡破坏等一些列问题不容忽视^[6],牺牲土壤环境质量进行农业生产是不可持续的,因此,合理施肥对土壤长期有效利用及环境保护具有重要意义^[7]。

控释肥是一种高效、无污染的肥料类型,解决了普通速效肥利用率低和污染环境的问题^[8],是发展土地可持续利用、健康生产的有效途径^[7],在各项农业

措施中得到了证实^[9],但在牧草方面还没有广泛利用和被牧草生产者所接受。草地牧草产量的提高是发展畜牧业和维护生态环境的基础^[10],土壤养分状况是评价草地退化生态系统生态功能恢复与维持的关键度量指标^[11],因此,本试验以黄河三角洲苜蓿草地为研究对象,通过配方控释肥、普通速效肥对苜蓿草地的施用,分析不同肥料类型施用区紫花苜蓿产量性状及土壤养分变化规律,探讨肥料类型对紫花苜蓿草地的影响效应,旨在为黄河三角洲盐碱垦殖区退化苜蓿草地恢复、延缓衰退、发展苜蓿产业以及盐碱垦殖区土地健康及可持续利用提供基础数据和理论参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于黄河三角洲地区的山东省东营市河口区,东经 118°39′—119°08′,北纬 37°47′—37°84′,海拔 3~12 m,属于暖温带大陆性季风气候,无霜期 193 d,年降水量 585 mm,年蒸发量 1 900~2 000 mm,年平均气温 12.1 ℃。在施肥处理前测定试验地 0—20 cm 土壤理化性质(表 1)。土壤以粉粒为主,表层土壤质地主要为轻壤,土壤耕性良好,适宜播种苜蓿,但是由于土壤发育年轻,还未形成稳定的团聚体结构,保水保肥能力较差。大部分土壤盐渍化现象严重,属典型滨海氯化物盐渍土区。

表 1 试验地土壤理化性质

土层 深度/cm	全氮/ (g·kg ⁻¹)	土壤有机碳/ (g·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	电导率/ (μS·cm ⁻¹)	pH
0—20	0.65	37.01	2.91	99.27	127.43	7.82

1.2 试验设计和测定方法

根据紫花苜蓿营养需求和黄河三角洲土壤特性,设计 2 种专用控释肥配方,牧草专用控释肥 I(N—P₂O₅—K₂O 为 2:3:2)和专用控释肥 II(N—P₂O₅—K₂O 为 2:3:3),肥料设计关键指标和施肥量见表 2。采用随机区组试验方法,4 次重复,每个区组内设计 4 个处理:(1)当地习惯施肥区(HF);(2)牧草专用控释肥 I(AF);(3)牧草专用控释肥 II(BF);(4)不施肥对照区(CK),试验用肥为金正大生态工程集团股份有限公司提供,根据苜蓿对养分需求进行肥料配制。小区面积 10 m×8 m,区组内随机排列,各小区单灌单排,区组田埂宽 40 cm、高 30 cm,区组按照土壤肥力差异设置,除施肥种类不同,其他管理措施一致。试验区在黄河三角洲占地总面积为 1 500 m²,耕种总面积为 10 m×8 m×4×4=1 280 m²(4 个处理,每个处理 4 次重复)。试验区苜蓿为当地农场于 2015 年 4 月初播种并连续生长 3 年的主栽紫花苜蓿(*Medicago sativa*)草地,每年于 5 月底、7 月底、10 月初进行 3 次刈割,试验用地无需重新播种。

表 2 肥料设计指标和施肥量

处理	肥料类型	肥料总量/(kg·hm ⁻²)			控释比例/%		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
HF	普通速效肥	86	140	140	0	0	0
AF	牧草专用肥 I	86	140	86	50	20	20
BF	牧草专用肥 II	86	140	140	50	20	20
CK	不施肥	0	0	0	0	0	0

注:控释肥均采用硫包膜尿素,树脂包复肥、磷酸二铵和氯化钾。

试验于 2017 年春季土壤解冻后,3 月底分别按处理设计用量施肥,其他管理同当地苜蓿管理习惯;按照当地刈割时间和次数进行分小区刈割(每年 3 次刈割分别在 5,7,10 月),每小区内随机选取 1 m² 样方,4 次重复,刈割前测定苜蓿株高,齐地面刈割自然风干并称重,再将茎叶分开分别称重测定茎叶比,计算分次刈割产量及总产量;每小区随机选择 10 株,在初花期刈割前测定各级分枝数^[12],在最后 1 次刈割时取相应样方进行苜蓿的根系测定,每个样方选取 5 株苜蓿,定量测定每株苜蓿根系生物量、根长度和根

体积,每小区 4 次重复。供试土样于 3 次刈割时采集,在每个重复样地按照“S”形采集 20 个样点,用直径 5 cm 土钻按 10 cm 深度 5 层取样,20 个样点按相同土层混合后去除植物根系和杂物,采用 4 分法从中选取 1 kg 作为代表该点的混合样品,带回室内自然风干,过 1 mm 孔径的土壤筛用于测定土壤养分。有机质采用重铬酸钾—浓硫酸外加加热法;全氮采用凯氏定氮法;速效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提—钼锑抗比色法;速效钾用醋酸氨浸提—火焰光度法^[13]。相关计算公式^[14]为:

$$\text{茎叶比}(\%) = \text{茎干重}(\text{kg}) / \text{叶干重}(\text{kg}) \times 100\%$$

$$\text{分次刈割产量}(\text{kg}/\text{hm}^2) = \text{地上部植株干重}(\text{kg}) / \text{小区面积}(\text{m}^2) \times 10^4$$

$$\text{总产量}(\text{kg}/\text{hm}^2) = \text{第 1 次刈割产量}(\text{kg}/\text{hm}^2) + \text{第 2 次刈割产量}(\text{kg}/\text{hm}^2) + \text{第 3 次刈割产量}(\text{kg}/\text{hm}^2)$$

$$\text{肥料农学效率}(\text{AE}, \text{kg}/\text{kg}) = (\text{施肥作物经济产量}(\text{kg}/\text{hm}^2) - \text{不施肥作物经济产量}(\text{kg}/\text{hm}^2)) / \text{肥料投入量}(\text{kg}/\text{hm}^2)$$

1.3 数据统计

采用 Excel 2016 软件进行数据统计和构建表格,采用 SPSS 21.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA)检验,

采用 Origin 2018 软件进行图形绘制。

2 结果与分析

2.1 施用控释肥对紫花苜蓿生物学特性的影响

苜蓿叶片的作用偏重于功能性,光合作用、呼吸作用等重要生理生化过程主要在叶片中进行。叶片中蛋白质、脂肪、可溶性碳水化合物的含量都比茎秆高得多,营养价值也高。茎叶比越小,叶片占的比例越大,粗蛋白含量越高,品质越好。分枝数是影响紫花苜蓿产草量的重要因子之一^[15]。施用不同类型肥料能使紫花苜蓿生物学特性发生变化(表 3),苜蓿平均株高在控释肥(AF)和控释肥 II(BF)处理下高于速效肥(HF)和不施肥(CK)处理;BF 处理的茎叶比显著低于其他 3 个处理,说明控释肥 II 有助于苜蓿叶片比例的提高;不同处理的分枝强度显示,控施肥处理 AF 和 BF 均可以促进各级分枝数量,尤其表现为对 2 级和 3 级分枝数量的加强,且差异显著($P < 0.05$)。AF 处理 1 级分枝数最高,在速效肥 HF 和不施肥 CK 处理没有产生 3 级分枝,说明控施肥的缓释肥料在后期有助于分枝的增多,可以潜在的促进苜蓿枝条的更新和产量的增加。

表 3 紫花苜蓿生物学特性

处理	株高/cm	茎叶比/%	各级分枝/(枝·株 ⁻¹)		
			1 级	2 级	3 级
HF	54.23±4.09a	0.63±0.05a	15.00±5.00ab	16.00±5.20ab	0±0a
AF	58.79±5.42a	0.65±0.03a	13.33±3.21b	23.67±6.43a	1.67±2.08a
BF	58.13±3.76a	0.48±0.04b	20.00±1.00a	22.00±3.46a	0.67±1.15a
CK	54.06±4.38a	0.66±0.01a	14.67±2.31ab	8.00±1.73b	0±0a

注:表中数据为平均值±标准差;同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

2.2 施用控释肥对紫花苜蓿根系的影响

根系具有吸收水分和无机盐输送到茎、叶的功能。施用不同类型肥料能使紫花苜蓿根系产生差异(图 1),施肥(HF、AF、BF)处理可以促进苜蓿根干重、根体积、根长度的增加,高于不施肥(CK)处理,且控释肥(AF、BF)处理的根系指标均大于速效肥(HF)处理,施用控释肥分别比速效肥处理根干重增加 11.76%(AF)和 16.13%(BF)、根体积增加 3.80%(AF)和 5.85%(BF)、根长度增加 3.97%(AF)和 2.00%(BF),说明控释肥可以促进苜蓿根系的生长,即表现为指标根干重、根体积、根长度的增加,提升苜蓿根系吸收水分和无机盐的能力,为苜蓿生长所需养分和水分提供保障。

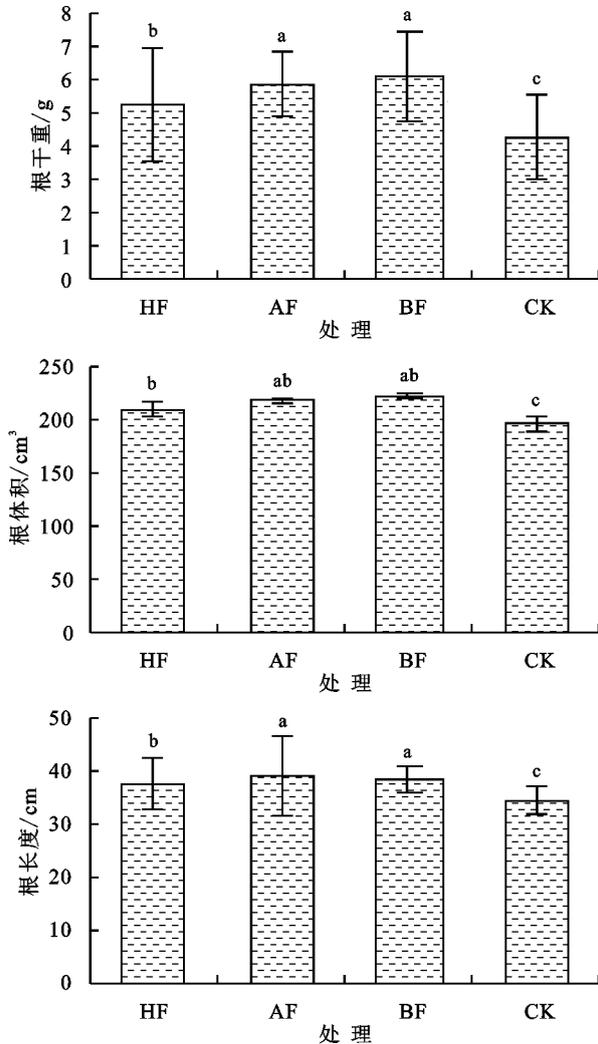
2.3 施用控释肥对紫花苜蓿产量的影响

通过对种植 3 年的紫花苜蓿进行 2 种配方控释肥和普通速效肥的施用,第 1 茬刈割时,紫花苜蓿产量在速效肥 HF 区最高(表 4),显著高于其他 2 个施肥区和不施肥区($P < 0.05$),但第 2,3 茬产量均为控释肥 BF 区最高,显著高于其他区产量($P < 0.05$),从

数值上来看产量高低顺序为 BF>AF>HF>CK,表明不同配比的肥料施用后均可使紫花苜蓿产量得到明显提高,但影响程度存在差异。速效肥 HF 区在第一茬刈割前时间段内能及时为苜蓿生长提供营养支持,产生较快的肥力效应,使得紫花苜蓿的分蘖分枝数都较高,所以产量最高;AF 和 BF 区缓控释肥在第 1 茬刈割前的时间段肥料释放的比较缓慢,肥力供应不如速效肥快,因此在 5 月份第 1 次刈割时的产量不及速效施肥区的产量高;第 2,3 茬产量的最高值出现在 BF 区($P < 0.05$),AF 区与 HF 区差异不显著($P > 0.05$),表明缓控释肥 II(BF)对紫花苜蓿产量从第 2 茬开始发挥了较好的作用,具有明显的促进和提高作用。

紫花苜蓿 3 茬累积产量显示(表 4),不同配比控释肥和普通速效肥均能提高紫花苜蓿的总产量,但不同肥料类型增产效果不同。控释肥 II(BF)可以获得最多的总产量,单位面积干物质产量达到 1 618.87 g/m²,显著高于控释肥 I(AF)、普通速效肥(HF)和对照区($P <$

0.05),与对照区相比,增产幅度达 22%。速效肥 HF 区和缓控释肥 I(AF)区显著差异($P<0.05$),与对照不施肥相比,增产幅度为 17%。控释肥在施肥后能够延迟被作物吸收与利用的时间,其释放的速率与作物吸收养分的规律相吻合,随着植物对养分的需求逐渐释放,极大限度的提高了肥料的利用率。



注:图柱上方不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

图 1 施用控释肥对紫花苜蓿根系的影响

表 4 不同肥料处理区苜蓿产量

单位:kg/hm²

处理	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	总产量
HF	11117.15 ± 278.04a	2520.07 ± 249.23b	1603.26 ± 186.19b	15240.47 ± 254.36c
AF	10842.23 ± 357.24b	2758.59 ± 333.62b	2049.45 ± 265.78b	15649.48 ± 369.45b
BF	9729.56 ± 296.86c	3479.45 ± 283.15a	2979.64 ± 125.36a	16188.65 ± 347.62a
CK	9587.36 ± 186.59d	1928.16 ± 233.94c	1495.56 ± 198.65c	13010.18 ± 187.62d

表 5 紫花苜蓿氮、磷、钾累积及利用率

处理	N 累积量/ (kg · hm ⁻²)	P 累积量/ (kg · hm ⁻²)	K 累积量/ (kg · hm ⁻²)	N 农学利用率/ (kg · kg ⁻¹)	P 农学利用率/ (kg · kg ⁻¹)	K 农学利用率/ (kg · kg ⁻¹)
HF	418.05 ± 19.5b	47.703 ± 4.65bc	183.34 ± 14.32b	25.93 ± 1.02c	16.16 ± 0.96b	16.90 ± 1.06c
AF	446.79 ± 20.36ab	55.87 ± 4.96ab	236.93 ± 15.68a	30.69 ± 1.32b	18.46 ± 0.89b	30.69 ± 1.25a
BF	477.68 ± 21.35ab	60.81 ± 5.12ab	271.97 ± 14.78a	35.71 ± 1.26a	23.03 ± 1.23a	21.99 ± 0.96b
CK	340.25 ± 20.64c	40.77 ± 5.37c	143.49 ± 12.65c			

2.4 紫花苜蓿养分累积量及农学利用效率

施用不同肥料能使紫花苜蓿养分累积量及农学利用效率发生变化(表 5),不施肥(CK)处理的紫花苜蓿植株氮、磷、钾累积都小于施肥(HF、AF、BF)处理($P<0.05$)。施用控释肥(AF、BF)处理的紫花苜蓿植株氮、磷、钾含量高于速效肥(HF)处理,且差异显著($P<0.05$),说明控释肥料增加了苜蓿对氮磷钾肥的吸收,促进植株茎秆健壮,增强植株抗寒能力。增加苜蓿地的蛋白含量,提高苜蓿品质。从农学利用效率来看,施用控释肥氮、磷和钾的农学利用率随着养分控释量的增加而显著提高($P<0.05$),控释肥 II(BF)比控释肥 I(AF)氮肥和磷肥农学利用效率增加 16.36%和 24.79%。

2.5 施用控释肥对苜蓿草地土壤养分含量的影响

经过不同肥料处理后显示(图 2),不同处理区土壤养分含量随着土层的加深而减少,土壤全氮含量在不同施肥区差异不显著($P>0.05$),速效磷和速效钾含量在耕作层 0—30 cm 范围内有显著差异($P<0.05$),其中速效肥处理区 0—10,10—20 cm 的速效磷含量最高,显著高于控释肥 I(AF)区和控释肥 II(BF)区($P<0.05$),其次为 AF,不施肥 CK 为最低,在磷肥施用量基本相同的条件下,施用控释肥处理的小区土壤中速效磷含量减少说明通过控释肥缓慢释放促进了植物对磷肥的吸收;而在 20—30 cm 时,控释肥 I(AF)区表现出了含量高于其他区,说明控释肥不仅能增加苜蓿地吸收,还能使多余的养分保存在土壤中,增加土壤的肥力。速效钾含量与其他养分变化趋势略有不同,在 0—10 cm 土层内,速效钾含量在速效肥区最高,而在 10—20 cm 层次内 3 个施肥区钾含量显著高于不施肥区(CK),20—30,30—40 cm 层控释肥 II(BF)区速效钾含量显著增高($P<0.05$),40—50 cm 速效钾含量差异不显著($P>0.05$)。

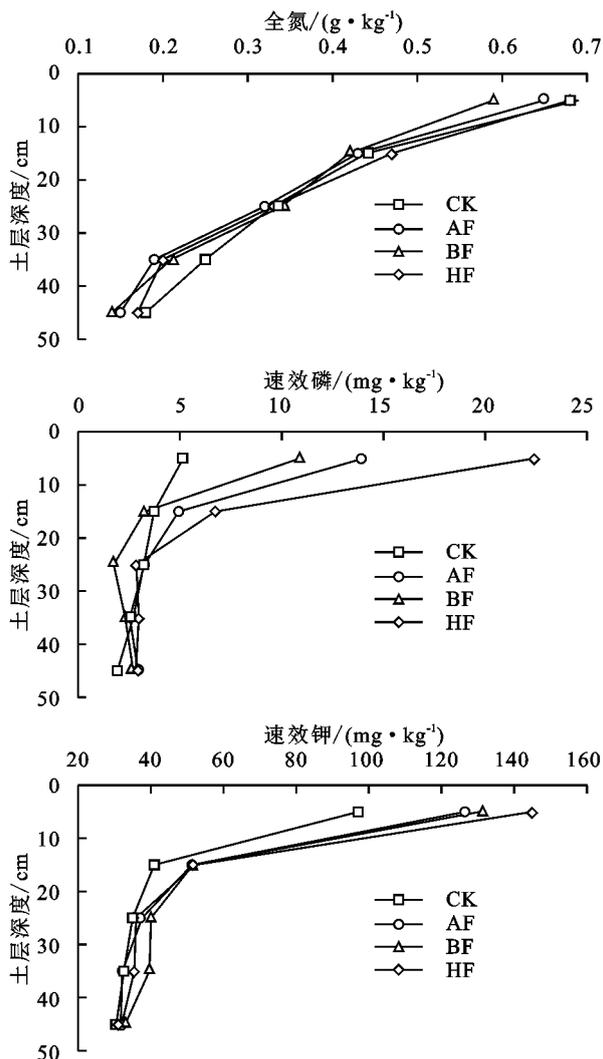


图 2 不同施肥处理区土壤养分含量

2.6 相关性分析

通过钾肥控释量和产量及 6 个农艺性状的相关系

表 6 相关性分析

指标	钾控释量	产量	根体积	根长度	根干重	茎叶比	株高	分枝数
钾控释量	1.000							
产量	0.991	1.000						
根体积	1.000*	0.987	1.000					
根长度	0.617	0.508	0.639	1.000				
根干重	0.993	0.969	0.996	0.705	1.000			
茎叶比	-0.716	-0.802	-0.696	0.108	-0.629	1.000		
株高	0.869	0.797	0.883	0.925	0.921	-0.278	1.000	
分枝数	0.472	0.352	0.498	0.985	0.573	0.277	0.846	1.000

注: ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关; * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

近年来,由于农业生产中肥料施用量逐年增加,但利用率普遍较低,不仅造成化肥资源的巨大浪费,更导致严重的环境污染^[20],而控释肥能减少养分的损失,提高养分利用率。施用控释肥氮、磷和钾的农学利用率随着养分控释量的增加而显著提高($P < 0.05$),控释肥 II(BF)比控释肥 I(AF)氮肥、磷肥农学利用效率分别增加 16.36% 和 24.79%。目前,土壤缺钾面积逐步扩大,缺钾程度不断加深,作物施钾效果

数(表 6)中可以看出,钾肥控释量与产量存在显著的正相关关系。不同施肥处理下影响苜蓿产量的主要因子是根体积,随着苜蓿根体积的增加,产量呈上升趋势,因而产量与根体积存在正相关关系,相关系数为 0.987;产量与根长度、根干重、株高和分枝数呈正相关关系,根体积与根干重、根长度、株高、分枝数呈正相关关系,由此可见,苜蓿农艺性状间相互作用,且一个性状的变化会使其他性状的发生改变。茎叶比代表植株叶片生长状况,也对苜蓿的产量有重要的影响,产量与茎叶比呈负相关关系,相关系数为 -0.802。

3 讨论

紫花苜蓿的生长不仅需要一定的光照、水分、空气和温度,还需要从土壤中吸收各种营养物质,仅仅依靠土壤中有限的养分是远远不够的,需要向土壤中施入一定量的肥料^[16],而针对大面积退化草地的恢复重建,最迫切的任务是要提高退化草地的土壤肥力,加速牧草繁衍能力和改善牧草的种群结构^[17],普通速效肥料施入土壤后迅速溶解,短期内土壤中累积大量养分离子,施肥后期普通速效肥料处理的有效养分含量下降,相对于速效肥料,控释肥克服了前期供应过量、后期供应不足的缺点,可持续的供应牧草养分^[18],促进苜蓿对养分的吸收利用,可以提高牧草产量和肥料氮磷钾的利用率。随着时间的推移,由于缓控释肥的养分缓慢释放到土壤中,增加中后期养分的吸收积累,最终提高产量^[19]。试验结果表明,第 2,3 茬产量的最高值出现在 BF 区($P < 0.05$),AF 区与 HF 区差异显著($P < 0.05$),由于控释肥的肥效较长,提高了苜蓿在中后期养分供应量,从而提高了苜蓿产量。

日益显著,对于苜蓿的产量和质量来说,钾是关键性的肥料元素,钾能促进豆科植物根瘤菌的固氮作用^[21],增施钾肥已成为提高作物产量的重要措施之一^[22]。有关研究^[23]表明,钾肥还能促进植株茎秆健壮,增加苜蓿枝杆的生长,提高苜蓿的分枝数,紫花苜蓿分枝数与产草量呈正相关关系^[15],分枝数是紫花苜蓿产草量的重要构成因子。本试验得出,在缓控释肥 I(AF)与缓控释肥 II(BF)的氮、磷控释含量相当

的情况下,缓控释肥 II 控释钾含量高于缓控释肥 I,缓控释肥 II (BF)处理比缓控释肥 I(AF)处理苜蓿分枝数量有明显增高的现象,说明控释肥通过增加肥料的释放周期,在苜蓿生育后期仍能保证土壤钾素的供应^[24],肥料更多地被植物吸收,增加了苜蓿的分枝强度,进而增加了苜蓿产量。

因此,在黄河三角洲盐碱垦殖区,可以通过施用控释肥料来促进苜蓿生物学指标的增长,改善盐渍化土壤养分含量^[25],提高土壤的肥力,进而提高苜蓿地上部生物学产量^[26],延缓苜蓿草地生态系统的退化,提高草地生态系统服务功能和可持续发展,同时减少因施用速效肥料带来的农业面源污染问题。

4 结论

(1)不同配比控释肥和普通速效肥均能提高紫花苜蓿干草产量,但不同肥料类型增产效果不同。普通速效肥促进苜蓿早期生长,第 1 茬产量显著高于其他处理;缓控释肥延长养分释放时间,可持续地供应牧草养分,使得苜蓿第 2,3 产量和总产量显著增高,且缓控释肥 I(AF)控释钾含量较高,其产量显著高于缓控释肥 II(BF),说明钾肥具有提高苜蓿产量的潜力。

(2)不同配比控释肥和普通速效肥均能促进紫花苜蓿的生长,缓控释肥作用效果显著,提高了苜蓿的株高、根干重、根体积和根长度等指标,说明控释肥增加肥料在土壤中的释放时间,可以提高肥料的利用率,促进苜蓿的生长。

参考文献:

[1] 肖杨,赵庚星.黄河三角洲典型地区土地利用变化遥感监测及驱动力分析[J].测绘与空间地理信息,2016,39(9):43-46.

[2] 凌敏,刘汝海,王艳,等.黄河三角洲柽柳林场湿地土壤养分的空间异质性及其与植物群落分布的耦合关系[J].湿地科学,2010,8(1):92-97.

[3] 马霞,王丽丽,李卫军,等.不同施氮水平下接种根瘤菌对苜蓿固氮效能及种子生产的影响[J].草业学报,2013,22(1):95-102.

[4] Ventroni L M, Volenec J J, Cangiano C A. Fall dormancy and cutting frequency impact on alfalfa yield and yield components [J]. Field Crops Research, 2010, 119(2/3):252-259.

[5] 王书转,郝明德,普琼,等.黄土区苜蓿人工草地群落生态与生产功能演替[J].草业学报,2014,23(6):1-10.

[6] 毕舒怡.不同水肥组合对苜蓿生产性能和品质的影响[D].北京:中国农业科学院,2017.

[7] 祁娟,姚拓,白小明,等.复合菌肥替代部分磷肥对苜蓿草地生产力及土壤肥力的影响[J].草业学报,2017,26(10):118-128.

[8] Liu J, Yang Y, Gao B, et al. Bio-based elastic polyurethane for controlled-release urea fertilizer: Fabrication, properties, swelling and nitrogen release characteristics [J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 209:528-537.

[9] 邵蕾,张民,王丽霞.不同控释肥类型及施肥方式对肥料利用率和氮素平衡的影响[J].水土保持学报,2006,20(6):115-119.

[10] 王亚玲,李晓芳,师尚礼,等.紫花苜蓿生产性能构成因子分析与评价[J].中国草地学报,2007,29(5):8-15.

[11] 唐冰,刘世荣,蔡道雄,等.南亚热带不同植被恢复模式下土壤理化性质[J].应用生态学报,2010,21(10):2479-2486.

[12] 魏臻武,符听,曹致中,等.苜蓿生长特性和产草量关系的研究[J].草业学报,2007,16(4):2-6.

[13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,1999:42-50.

[14] Reis A F B, Almeida R E M, Lago B C, et al. Aerobic rice system improves water productivity, nitrogen recovery and crop performance in Brazilian weathered lowland soil [J]. Field Crops Research, 2018, 218:59-68.

[15] 张菁,张于卉,马力,等.播期和施肥对冬闲田紫花苜蓿生长和品质的影响[J].中国草地学报,2015,37(6):35-41.

[16] 肖燕子,格根图,吕世杰,等.中苜 2 号苜蓿高产配方施肥的研究[J].干旱区资源与环境,2016,30(9):183-189.

[17] 孙瑞.施用有机无机复混肥对退化高寒草地群落组成及土壤肥力的影响[D].兰州:兰州大学,2016.

[18] 党民团,刘娟.我国保水缓/控释肥料的研发进展[J].磷肥与复肥,2011,26(5):23-25.

[19] 金容,李兰,郭萍,等.控释氮肥比例对土壤氮含量和玉米氮素吸收利用的影响[J].水土保持学报,2018,32(6):214-221.

[20] 邵蕾,王丽霞,张民,等.控释肥类型及氮素水平对氮磷钾利用率的影响[J].水土保持学报,2009,23(4):170-175.

[21] 肖文一,陈德新,吴渠来.饲用植物栽培与利用[M].北京:农业出版社,1991.

[22] 杨恒山,曹敏建,李春龙,等.苜蓿施用磷、钾肥效应的研究[J].草业科学,2003,20(11):19-22.

[23] 董合林,李鹏程,刘敬然,等.钾肥用量对麦棉两熟作物产量和钾肥利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2015,21(5):1159-1168.

[24] 朱国梁,毕军,夏光利,等.不同缓释肥料对黄瓜产量、品质及养分利用率的影响[J].中国土壤与肥料,2013(1):68-73.

[25] 王燕,赵哈林,潘成臣.土地利用方式对盐渍化农田土壤理化特性的影响[J].干旱区资源与环境,2014,28(2):149-155.

[26] 刘学敏,罗久富,邓东周,等.氮添加对不同退化程度高寒草地生态系统的影响[J].草业科学,2018,35(12):2773-2783.