

人为扰动程度对土壤环境和甘草地下根系的影响

祖元刚, 赵则海, 杨逢建, 曹建国

(东北林业大学森林植物生态学教育部重点实验室, 哈尔滨 150040)

摘要:在相对一致的生境条件下,人为干扰(即土壤耕作)是土壤物理性质改变的重要原因,而土壤条件的变化又是影响甘草地下部分形态变化和无性繁殖效率的主要原因。按照土壤扰动程度将甘草分为无扰动野生甘草、轻度扰动野生甘草、重度扰动野生甘草和栽培型甘草。土壤扰动程度对土壤的水分通透性、土壤保水能力、有机质含量、pH 值等指标产生较大的影响。土壤干扰的程度越强,表层土壤水分含量降低,土壤 pH 值增大;土壤干扰的程度对 40cm 以下的土壤受到影响较小。土壤干扰可使适合甘草根茎生活的密沙壤层变薄。不同土壤扰动程度对无扰动野生甘草、轻度扰动野生甘草、重度扰动野生甘草的横走根茎的分布深度具有较大影响。在重度干扰土壤中,如果不考虑对横走根茎的人为破坏,野生甘草的主根分布的上限可能达到 20cm。在不同土壤扰动程度下,3 种野生型甘草休眠芽萌发率均在 10%~15%之间,而栽培甘草高达 29.78%;随着对土壤干扰的加强,野生甘草休眠芽萌发率有下降的趋势(栽培甘草例外)。不同类型的甘草的休眠芽成苗率较低,均不超过 7%,其中野生型、野生轻度干扰型、野生重度干扰型甘草休眠芽成苗率有上升的趋势,但栽培甘草的成苗率最低,只有 2.3%。横走根茎是甘草无性繁殖的重要器官,受土壤环境的影响最大。相对稳定的含水量、较高的有机质含量是保持潜在繁殖能力的重要条件。横走根茎的无性繁殖效率与其分布深度和 pH 值关系不大,而是与其分布土壤层的水分和营养条件密切相关。

关键词:甘草根系;土壤环境;人为干扰;无性繁殖

Influences of artificial disturbing degrees on soil conditions and liquorice roots system

ZU Yuan-Gang, ZHAO Ze-Hai, YANG Feng-Jian CAO Jian-Guo, (Key Laboratory of Forest Plant Ecology, the Ministry of Education of China, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 724~729.

Abstract: In order to obtain cultivated liquorice which characteristics characters and qualities were more approach to wild liquorice, the people often choose some traditional distribution regions of wild liquorice for cultivated liquorice. And sometimes there was a phenomena of mixed growth between wild liquorice and cultivated liquorice. We chose grasslands, protection forest and farmland in Western Heilongjiang Province of China, as the research sites. Because these sample sites were neighbored to each other, some environment conditions such as sunlight, precipitation, air temperature etc., were similar to but soil conditions existed some differences for disturbance degree.

In the relatively consistent environment, the changes of physical aspects of Liquorice soil conditions were attributed to be the artificial disturbance. Conversely, the changes of soil conditions will affect greatly the morphologic and asexual propagation of licorice. According to the disturbance degree on licorice, it was classified into the following four types: no disturbed wild liquorice, slightly disturbed wild liquorice, heavily disturbed wild liquorice and cultivated liquorice. Some important environment factors such as the ability of the soil water penetration, the ability of soil water retention, the organic matter content, pH value etc., had been proved to be related closely to different disturbance degree. Our experiments and observations had showed that the stronger disturbance of soil were followed by the decrease of water content of the surface-layer soil and the increase of pH value. We found that the disturbance had a little effect on soil characters at the depth of 40 cm

基金项目:教育部重点基金资助项目(104191)

收稿日期:2003-11-04; **修订日期:**2004-01-05

作者简介:祖元刚(1952~),男,吉林镇赉人,博士,教授,主要从事植物生态学研究。E-mail:zygorl@public.hr.hl.cn

Foundation item:Supported by the Key Project of Chinese Ministry of Education(No. 104191)

Received date:2003-11-04; **Accepted date:**2004-01-05

Biography:ZU Yuan-Gang, Ph. D., Professor, mainly engaged in plant ecology.

away from the surface and reduced the thickness of the tight sandy soils what adapted to rhizome growth.

With different soil disturbance, the distribution depth of horizontal rhizomes in no disturbed wild liquorice, slightly disturbed wild liquorice, heavily disturbed wild liquorice varied obviously. In the heavy-disturbed soil, if the artificial destroy on horizontal rhizomes of wild liquorice was ignored, the upper limit of distribution depth of horizontal rhizomes of wild liquorice will reach 20 cm. Based on different disturbance degree, the germination rates of dormant buds for three types of wild liquorice were low and variable between 10%~15%, but that of cultured liquorice was high to 29.78%. Along with the increase of disturbance grades, the germination rates of wild liquorice were observed to be in the descending trend except the cultivated type. The survival rates of germination buds of 3 kinds of wild liquorice were quite low, equally less than 7%, and were ascending trend from no disturbance to heavy disturbance. But the survival rate of germination buds of the cultivated liquorice was only 2.3%. The horizontal rhizomes of liquorice was the most important organ of asexual propagation, which was affected mainly by soil environment. The relative stable moisture and high organic matter contents were the important conditions for keeping capability of the potential reproduction. It was the water and nutrition conditions, not the distribution depth or pH value in disturbed soil layers, that was related closely to the asexual propagation efficiency of horizontal rhizomes of liquorice.

Key words:Liquorice roots system; soil condition; artificial disturbance; asexual propagation

文章编号:1000-0933(2004)04-0724-06 中图分类号:Q132.1 文献标识码:A

环境条件对植物的形态结构、生长发育以及繁殖过程等方面产生重要的影响。在资源相对匮乏,外来干扰,特别是人为干扰较大的环境中,植物往往形成以克隆生长为主的繁殖对策,因为植物的无性繁殖过程往往比有性生殖更能适应严酷环境条件,环境条件的胁迫是引起克隆生长植物形态变化的外在因素。有关不同生境条件下植物形态的特征变化的研究较多^[1~5],许多学者对不同生境条件下植物克隆生长特征进行了研究^[6~9],但是多为生境特征差别较为明显的自然生长状态野生物种的研究。在相对一致的生境条件下(如光照、温度、降水等因素完全相同的条件下),在加入若干可以人为控制的扰动因素(这里指土壤扰动)后,深入研究无性系植物形态和无性生殖特征对该物种的生活史特征和产生机理研究以及对生产实践具有重要意义。

甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch)是十分重要的药用植物,广泛应用于世界范围内医药、食品、化工等领域。近几年由于野生甘草资源的急剧减少和甘草采挖带来的环境恶化,使人们加大了栽培甘草的种植力度^[10]。有关不同种类甘草以及不同分布区甘草的形态结构、有效成分等特征的报告很多,但人们注意到土壤条件对甘草品质影响的同时,往往忽略相同土壤环境被人们“改良”之后对甘草的影响。野生及栽培分布区由于土壤耕作、栽植防护林等活动已经对野生甘草原生土壤条件造成了改变。在一定程度上,这种土壤条件的变化对甘草根系的影响人们还不是很清楚,因此本文在中国黑龙江省西部野生甘草和栽培甘草分布区中,探讨甘草根系对土壤扰动的响应问题。

1 研究区域概况

研究地点位于黑龙江省大庆市西部马鞍山,地理位置北纬 45°46′至 46°55′,东经 124°19′至 125°12′之间,海拔约为 150~300m。气候属于温带半干旱大陆性气候类型,年平均降水量 589.6mm,年平均气温 1.3℃,年温差高达 38~48℃;无霜期约 100~150d。土壤质地以细沙和粉沙为主,区内沙化现象比较严重。土壤为栗钙土,钙积层较浅,且紧密,一般在剖面 30~60cm 深处开始出现,厚度约 30~70cm,碳酸钙含量 20%~28%之间,土层从上到下呈弱碱至碱性反应,pH 值 7.5~9.0,局部地区还有碱化现象发生。植被类型以丛生禾本科草为主,其次为走茎与根茎类草本,覆盖度 20%~50%,草层高 5~30cm。常见的植物主要有羊草(*Anerolepidium chinense*)、贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)、兔毛蒿(*Filifolium sibiricum*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、碱蓬(*Suaeda glauce*)、角碱蓬(*S. corniculata*)、寸草苔(*Carex duriuscula*)、芦苇(*Phragmites communis*)等。

2 研究方法

2.1 甘草生境和类型的划分

人们为了尽量使得栽培甘草的性状、品质接近野生甘草,将栽培地点选择传统的野生甘草分布区,常形成野生甘草、栽培甘草混生的现象。由于研究样地相距较近(不超过 200m),如日照、降水、气温等环境条件可以认为是一致的,因此在生境划分中主要考虑土壤特征。在甘草分布区的土壤扰动主要是指人的耕作,将土壤进行深翻,深度达 40cm 以上。按照土壤扰动情况,将甘草的生境分为 3 个类型:无干扰生境(001)、轻度干扰生境(002)和重度干扰生境(003)。无干扰生境是指没有人为干扰的野生甘草自然生长区域;轻度干扰生境是指人工防护林附近,土壤在 15a 前被深翻,以后一直处于自然状态;重度干扰生境是指耕地。

按照生境类型将野生甘草分为无干扰,轻度干扰和重度干扰野生甘草 3 个类型;另外,重度干扰生境中的栽培甘草为第 4 个类型。甘草生境和类型的划分情况见表 1。

表 1 甘草样地概况

Table 1 The general situations of sample area of liquorice

样地编号 No. of sample area	甘草分类 Classify of liquorice	生境 Habitat	土壤深翻情况 Soil ploughed environment	人工管理 Artificial manage	扰动程度 Disturbing degree
001	无扰动野生型 No disturbed wild type	草原 Grassland	自然状态 Nature	无 None	无 None
002	轻度扰动野生型 Light disturbed wild type	防护林边 The side of defend forest	15a At 15 years	无 None	轻度 Light
003	重度扰动野生型 Heavy disturbed wild type	耕地 Farmland	3a At 3 years	除草、除虫 Dispelling Weed and pest	重度 Heavy
003	栽培型(3 年生) Cultivated type	耕地 Farmland	3a At 3 years	除草、除虫 Dispelling Weed and pest	重度 Heavy

2.2 取样方法与室内分析

2.2.1 取样方法 在 2002 年 6 月份,分别在 3 块样地内采挖甘草。野生甘草首先确定甘草主根并以之为中心,在 5m×5m 内挖取根和根茎;栽培甘草挖取全草。分别记录甘草地上分株株高,测量横走根茎、垂直根茎以及主根长度,记录休眠芽、萌发芽数量等。深挖主根的同时记录土壤特征,按层采集土壤样品。

2.2.2 室内分析 甘草根茎的休眠芽萌发可产生垂直根茎和地上部分株,其无性繁殖主要与横走根茎有关。因此休眠芽萌发率是横走根茎萌发芽数量占萌发芽与休眠芽数量之和的比率,成苗率是横走根茎产生分株苗的芽数量占萌发芽数量的比率。

土壤指标测定:土壤含水量(%)和结合水含量(%)采用烘干称重法,pH 值采用酸度计法,土壤有机质含量(%)采用重铬酸钾氧化-硫酸亚铁滴定法。

3 结果与分析

3.1 甘草地下根系分布深度比较

3.1.1 甘草垂直根茎长度的意义 甘草的地下部分主要分为根和根茎两大部分,其中根茎在甘草地下部分所占的比重远远大于主根。甘草的根包括主根、侧根、不定根和毛状根,其中不定根大多从根茎下部产生;甘草的根茎可粗略的分为垂直根茎和横走根茎,具有节、节间和休眠芽。垂直根茎是连接地上茎与横走根茎或主根的根茎,在适合的条件下顶端的休眠芽萌发产生的苗;横走根茎是从主根顶端萌发出来的横向生长的根茎,具有节、节间和休眠芽,休眠芽一旦萌动,向上产生垂直根茎,向下产生不定根^[11]。一般来说甘草的主根分布在横走根茎以下,横走根茎是甘草主根分布土壤深度的上限。垂直根茎上几乎没有不定根,垂茎根长度可以作为为甘草主根距地面的深度指标。

3.1.2 不同土壤扰动程度对甘草主根分布深度的影响 从图 1 可以看出,无扰动野生甘草的垂直根茎长度最大,轻度扰动和重度扰动野生甘草的垂直根茎长度稍短,栽培甘草的最短。

(1)无干扰野生甘草类型 草原样地土壤为自然野生状态,20~40cm 土层紧密坚硬,对水分的下渗和蒸发有较大的阻碍作用,土壤含水量在 40cm 以下深度含水量升高;表层土壤 pH 接近中性,有机质含量较高(见图 2)。因此无干扰野生甘草在没有人

为干扰条件下,甘草主根的分布最深,一般应当在 45cm 深度以下。

(2)轻度扰动野生甘草类型 防护林边土壤受到轻度人为扰动(含防护林的改良作用),土壤含水量在 40cm 以下含水量稍低,这可能是表层土曾被深松过,对水分的通透性增加,土壤结合水降低;pH 增幅较大,在 8.2~9.8 之间,土壤碱化严重(见图 2)。该样地野生甘草的垂直根茎长度在 33cm 长度波动,表明轻微的土壤扰动条件可以使野生甘草的主根分布深度上移,在野外的多次甘草根系采样过程中,均显示防护林甘草分布区内的甘草主根分布的深度比草原上野生甘草浅 12cm 以上。

(3)重度扰动野生甘草类型 耕地土壤是重度扰动土壤,土壤表层松软,透水性较强,因而在 20cm 以上水分蒸发较大,下层土壤含水量明显增加。另外,45cm 以上的土壤结合水量与土壤深度几乎呈负相关,在 40~60cm 深度结合水均达最大值,而这个深度恰好是土壤耕作不能达到的深度,表明耕作对土壤结

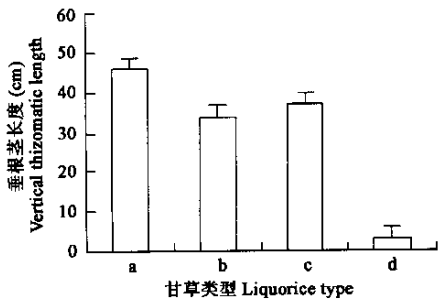


图 1 人为扰动程度对甘草垂直根茎长度的影响

Fig. 1 Effect of vertical thizomatic length of liquorice on artificial disturbance degrees

a 无扰动野生型 No disturbed wild type b 轻度扰动野生型 Light disturbed wild type c 重度扰动野生型 Heavy disturbed wild type d 栽培型(3 年生) Cultivated type

合水含量有减少作用,尽管增强了土壤透水性,但土壤保水能力下降(图 2)。重度干扰野生甘草的垂直根茎长度显示出甘草主根分布较深(图 1)。在经常进行土壤深翻的耕作区内,野生甘草常常被作为杂草处理,地上部分常受到破坏,野生甘草主根往往不容易挖到,并随处可以采集到折断或撕裂的甘草根茎,因此甘草垂直根茎的长度并不能表示野生甘草主根的真实分布深度,而是受到土壤耕作深度(40cm 左右)和人为除草等因素的影响。

(4)栽培甘草类型 栽培甘草生境中土壤特点与重度扰动野生甘草同(栽培甘草与重度扰动野生甘草在耕地中混生)。栽培甘草是在浅层土壤人工播种,深度在 5~10cm 之间,因此它的主根分布较浅(见图 1)。在土壤条件较好时(尤其是水分充足时),从主根顶端萌生大量的横走根茎,均以主根顶端深度四处扩展,产生垂直根茎数量少且长度极短只有少量根茎能产生不定根和地上分株;在土壤变得干旱时,20cm 深度范围内没有形成不定根和地上分株的横走根茎大量脱水、死亡。在栽培甘草根系采样过程中没有发现横走根茎明显下移的现象,另外 3 年生甘草的横走根茎很少能生存到下一年。

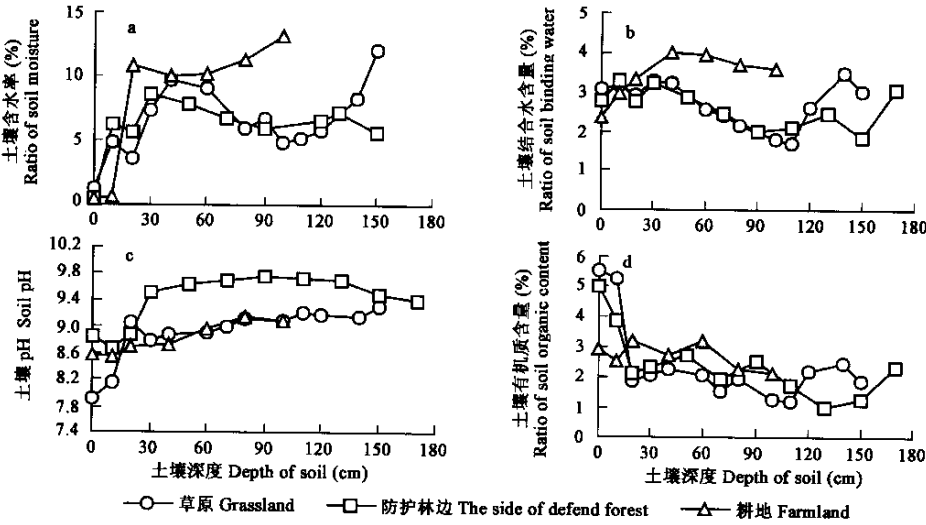


图 2 人为扰动程度对甘草生长土壤环境的影响

Fig. 2 Effect of soil conditions of liquorice growth on artificial disturbance degrees

a 土壤含水率(%) Ration of soil moisture b 土壤结合水含量(%) Ratio of soil binding water c 土壤 pH 值 Soil pH d 土壤有机质含量(%) Ratio of soil organic content

3.2 不同类型甘草地下部分无性繁殖特征比较

甘草是深根系多年生草本,地上部分 1 年生,地下部分多年生,用植株的形态结构判断甘草无性系种群年龄结构较难操作^[12],到目前为止,还没有判明野生甘草根系年龄的有效办法。野生甘草主要是通过根茎上休眠芽来进行无性繁殖,通过形成大量的分株成片分布。在甘草的无性繁殖过程中,休眠芽的萌发和休眠芽萌发后成长为分株幼苗的过程是无性繁殖成功与否的关键。由于垂直根茎直接来源于主根和横走根茎的休眠芽,在无性系扩展上,横走根茎是最重要的部分,休眠芽萌发首先形成垂直根茎,进而成长为地上分株。因此,横走根茎上的休眠芽萌发率和成苗率可以作为甘草无性繁殖的重要指标。

春季是甘草休眠芽萌动的重要时期。不同土壤扰动程度不同类型甘草的休眠芽萌发率比较见图 3。不同类型野生甘草休眠芽萌发率相近,均在 10%~15% 之间,但栽培甘草高达 29.78%。可见不同类型甘草横走根茎的休眠芽萌发率还是很高的。在不同土壤干扰条件下,野生甘草的休眠芽萌发率变化幅度不大,随着对土壤干扰的加强,休眠芽萌发率有下降的趋势。栽培甘草根茎休眠芽萌发主要依赖土壤扰动条件。

与休眠芽萌发率相比,所有类型甘草的休眠芽成苗率均较低,不超过 7%,其中无干扰野生甘草与轻度扰动野生甘草的成苗率接近,均低于重度扰动野生甘草;栽培甘草的成苗率只有 2.3%(图 3)。可见在不同干扰程度的土壤中,休眠芽的萌发率和成苗率并不成比例。

从甘草横走根茎休眠芽的土壤深度情况看,休眠芽萌发与横走根茎分布的土壤深度关系不大,而是与土壤紧密度有关。土壤扰动程度较弱时,野生甘草的休眠芽萌发需要通过较为紧密的土壤层,多数嫩芽未能达到地面就营养耗尽而死亡,因此无干扰野生甘草与轻度扰动野生甘草保持近 15% 的萌发率,5% 左右的成苗率是对自然土壤状态长期适应,在萌动芽中有 1/3 成为幼苗,完成了无性繁殖过程。不同于野生甘草,栽培甘草是在浅层土壤人工播种,在打破种皮限制、灌溉、除草、去除病虫害等方

面达到了良好的管理,甘草的生长条件被优化,甘草主根和根茎生长十分迅速。在表层土壤潮湿时,栽培甘草主根顶端的休眠芽大量萌动。但由于产生的根茎位置较浅,所需要的营养和水分仍靠主根提供,在土壤干旱时根茎容易死亡,很少产生分株,因此栽培甘草的成苗率最低。栽培甘草的大量的无效的无性繁殖过程消耗了大量的养分,影响了栽培甘草主根品质的提高。

4 讨论

在不同土壤扰动条件下 4 种类型甘草根系分布特征见图 4。甘草横走根茎分布层以下为根分布层,之上为垂直根茎分布层,横根茎的分布深度决定甘草主根分布的深度上限。随着土壤被扰动程度的加强,横走根茎分布的深度应上移(图 4c 的横虚线表明应当是野生甘草横根茎分布层)。造成野生甘草横走根茎的分布层变化不大的原因除了人工干扰因素之外,甘草对没有扰动状态土壤的长期适应是主要原因。野生甘草横走根茎主要分布在终年潮湿密沙壤层,该层土壤含水量较大、保水力强,甘草根茎上的休眠芽不会因为土壤干旱而死亡,且根茎产生的大量的不定根是甘草根系中吸收水分的重要部分。土壤表层的紧密沙壤形成的板结层对土壤密沙壤层具有保护作用。土壤深翻之后板结层被破坏,则密沙壤层变薄,密粘沙壤变厚(这层土壤保水力差,土壤含水量低),导致防护林边样地野生甘草主根上移的同时,根系的毛状根在更深处才能吸取到充足的水分(图 2a,b);在 150cm 以下有大量甘草根分布,特别是吸水较强的毛状根分布较多,从而使土壤有机质较多,在 120cm 处反而高于 80~120cm 之间(图 2d)。

甘草已经长期适应了干旱环境,土壤深翻程度越强,表层土壤的水分蒸发越严重,如耕地样地表层土壤内的根茎的大量冗余生长是栽培甘草在湿润条件下的表现,而地表水分缺乏使得甘草主根优先生长,1 年生栽培甘草主根伸长可达 1.5m。对于甘草无性繁殖的重要器官横根茎来说,相对稳定的含水量、较高的有机质含量是保持潜在繁殖能力的重要条件。因此在栽培条件下,土壤经常翻松虽然有利于甘草主根的生长,但为了避免出现大量的冗余根茎消耗大量的养分,可适当进行移栽,以 20cm 深

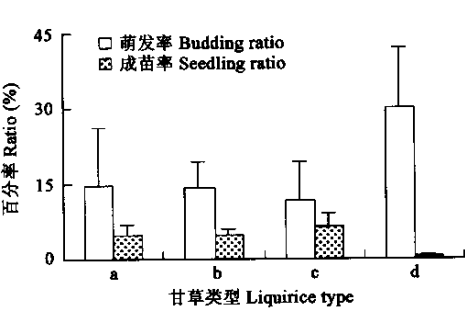


图 3 人为扰动程度对甘草休眠芽萌发率和成苗率的影响
Fig. 3 Budding ratio and seedling ratio of resting buds of liquorice rhizome
a 无扰动野生型 No disturbed wild type b 轻度扰动野生型 Light disturbed wild type c 重度扰动野生型 Heavy disturbed wild type d 栽培型(3 年生) Cultivated type(3a)

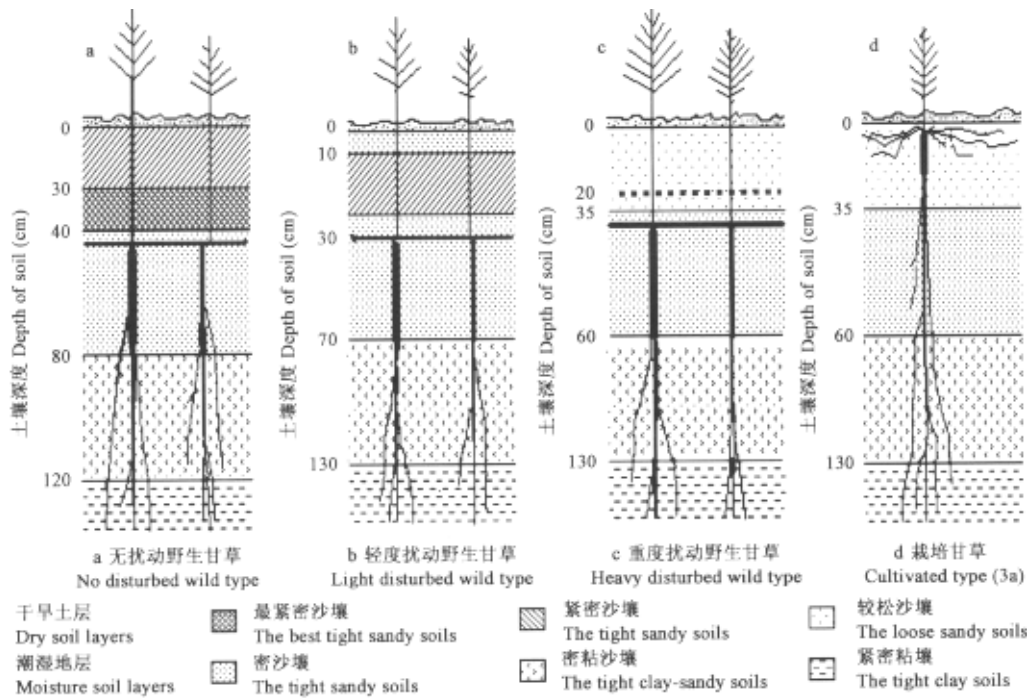


图 4 甘草根系对土壤扰动程度响应的模式图

度较为合适;为了保持土壤水分,可以将深松土壤压实,形成一定厚度的紧密土层,使之接近无扰动草原土壤状态。为了防止土壤表层碱化,可适当采取撂荒,控制杂草的高度,采取生物控制方法降低 pH 值^[13]。

References:

[1] De Kroon H, Hutchings M J. Morphological plasticity in clonal plant: the foraging concept reconsidered. *J. Ecol.* , 1995, **83**(1):143~152.

[2] Dong M, During H J, Werger MJA, *et al.* Morphological responses to nutrient availability in four clonal plants. *Vegetaio*, 1996, **123**: 183~192.

[3] Evans J P. The effects of local resource availability and clonal integration on ramet functional morphology in *Hydrocotyle bonariensis*. *Oecologia*, 1992, **89**: 265~276.

[4] Hutchings M J, De Kroon H. Foraging in plant: The role of morphological plasticity in resource acquisition. *Adv. Ecol. Res.* , 1994, **25**: 159~258.

[5] Li Z Q. Architecture of clonal plants and morphological responses to habitat heterogeneity, *Acta Bot. Sin.* , 1999, **41**(8): 893~895.

[6] Ashman T L and Baker I. Variation in floral sex allocation with time of season and currency. *Ecology*, 1992, **73**(4): 1237~1243.

[7] Delph L F. Sexual-differential resource allocation patterns in the subdioecious shrub *Iiebe subalpina*. *Ecology*, 1990, **71**(4): 1342~1351.

[8] Ford H. The demography of three populations of dandelion. *Bio. J. Linnean Soc.* , 1981, **15**: 1~11.

[9] Rozijn N A M G, Werf D C V D. Effect of drought during different stages in the lifecycle on the growth and biomass allocation of two Aria species. *J. Ecol.* , 1986, **74**: 507~523.

[10] Fu K Z. *On the transforming of Chinese licorice from wild growing into domestication*. Herbin: Press of NorthEast Forest University, 1989. 2.

[11] Li Z J, Liu W Z and Hu Z H. Morphological anatomical studies on the roots and rhizomed of 5 species in *Glycyrrhiza*. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* , 1997, **17**(3): 339~347.

[12] Yang Y F, Zheng H Y, Li J D. Methods of study on age structures of clonal populations in rhizome type grass. *Journal of NorthEast Normal University*, 1998, **30**(1): 49~53.

[13] Guo J X, Jiang S C, Sun G. Comparative study on remedy ways of saline alkali grassland in Songnen Plain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, **9**(4): 425~428.

参考文献:

[5] 李镇清. 克隆植物构型及其对资源异质性的响应. 植物学报,1999,**41**(8): 893~895.

[10] 傅克治. 中国甘草野生变家植. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1989. 2.

[11] 李志军,刘文哲,胡正海. 5种甘草根和根状茎的解剖学研究. 西北植物学报,1997,**17**(3):339~347.

[12] 杨允菲,郑慧莹,李建东. 根茎禾草无性系种群年龄结构的研究方法. 东北师范大学学报,1998,**30**(1):49~53.

[13] 郭继勋,姜世成,孙刚. 松嫩平原盐碱化草地治理方法的比较研究. 应用生态学报,1998,**9**(4): 425~428.