

根叶互作调控下的 牧草再生机制研究

GENYE HUZUO TIAOKONG XIA DE
MUCAO ZAISHENG JIZHI YANJU

王晓凌 赵 威 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

根叶互作调控下的 牧草再生机制研究

GENYE HUZUO TIAOKONG XIA DE
MUCAO ZAISHENG JIZHI YANJIU

王晓凌 赵 威 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书选取了内蒙古草原典型的优势植物——羊草,和世界上分布较为广泛的牧草——多花黑麦草为研究对象,细致地研讨了根叶互作调控下的牧草再生机制。从根系对叶片生长影响的角度,详细探讨了羊草对放牧和放牧环境变化的生理生态适应性。以根系诱导的植物激素对叶片生长的调控为核心,较为系统地阐述了多花黑麦草根系诱导的叶片细胞分裂素对叶片再生的调控机制。本书内容详实,实验数据合理。全书共分为四章,主要内容包括:绪论、羊草再生对过度放牧和一个的生理生态响应、根叶互作调控下的多花黑麦草再生及时的生理生态学研究、总结与展望。

图书在版编目 (C I P) 数据

根叶互作调控下的牧草再生机制研究 / 王晓凌, 赵威著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 3
ISBN 978-7-5170-3055-3

I. ①根… II. ①王… ②赵… III. ①牧草—再生—研究 IV. ①S54

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第060485号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:陈 洁 封面设计:崔 蕾

书 名	根叶互作调控下的牧草再生机制研究
作 者	王晓凌 赵 威 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话:(010)68367658(发行部)、82562819(万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京鑫海胜蓝数码科技有限公司
印 刷	三河市天润建兴印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 12.75印张 228千字
版 次	2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	42.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

随着环境科学的发展,人们对环境问题的认识也越来越深刻。近些年来,北方地区频繁发生的沙尘暴,与草原的重度退化有直接的关系,严重影响了北方大部分地区的畜牧业生产和农牧民的生活,威胁到地区的生态安全。维持草原的生态系统平衡具有重要作用,放牧是草地利用的主要方式,而过度放牧是草地退化的重要原因。牧草的耐牧性是牧草维持自身生存、维持草场持续生产和提高产草量的重要因素,因此研究牧草的再生对草原生态系统的恢复具有重要意义。

本书内容大致分为4章:第1章为绪论,简要概述了牧草再生、影响牧草再生的生理与生态因子和牧草再生机制的关键科学问题。第2章为羊草再生对过度放牧和刈割的生理生态响应,首先概述了试验区和研究材料,讨论了野外试验样地、控制试验地点、植物学特性、生态学特性、经济价值等;然后研究了放牧对羊草根系及土壤质量的影响,给出了材料与方法、土壤容量测定、土壤有机碳和全氮的测定、土壤含水量的测定、羊草形态和种群特征的测定,过度放牧对土壤容重、养分、水分含量的影响,过度放牧对羊草形态特征、生物量分配、种群特征影响等;接着研究羊草叶片气体交换和叶绿素荧光特性及水分利用效率对放牧的响应,刈割后施肥和干旱处理对羊草补偿性生长的影响;最后讨论了羊草刈割后的补偿性光合作用。第3章为根叶互作调控下的多花黑麦草再生机制的生理生态学研究,其研究内容为多花黑麦草概述,断根与外源喷施细胞分裂素诱导的根叶互作对黑麦草持续再生机制的影响,梯度断根诱导细胞分裂素对黑麦草持续再生的影响,根系硝态氮吸收对黑麦草持续再生的调控机制,细胞分裂素调控的不同茬高黑麦草再生机制研究以及生长素诱导的叶根信号传递对黑麦草再生的影响等。第4章是对全书的总结与展望。

全书由王晓凌、赵威撰写,具体分工如下:

第1章、第3章:王晓凌(河南科技大学);

第2章、第4章:赵威(河南科技大学)。

本书出版,得到国家自然科学基金项目“根叶互作诱导的细胞分裂素对多花黑麦草持续性再生的调控机制(U1304326)”和国家自然科学基金项目“河南暖温性草地群落的放牧再生性补偿与其固碳潜力关系研究

(U1304306)”的资助,另外,也得到河南科技大学学术专著出版基金资助,在此特致谢意。

本书在写作的过程中参考了大量书籍,但由于作者的水平 and 所收集的资料有限,书中难免存在疏漏和不足之处,望广大读者批评指正。

作 者

2015 年 1 月

目 录

前言	1
第 1 章 绪论	1
1.1 牧草再生概述	1
1.2 影响牧草再生的生理与生态因子	2
1.2.1 水分	2
1.2.2 光照	3
1.2.3 土壤养分	4
1.2.4 种群竞争	5
1.2.5 碳水化合物	5
1.2.6 激素	6
1.2.7 茬高	8
1.2.8 去叶次数	9
1.2.9 放牧	10
1.3 牧草再生机制的关键科学问题	11
参考文献	11
第 2 章 羊草再生对过度放牧和刈割的生理生态响应	18
2.1 试验区和研究材料概述	18
2.1.1 试验区概况	18
2.1.2 野外试验样地植被状况	24
2.1.3 研究材料概述	24
参考文献	27
2.2 放牧对羊草根系及土壤质量的影响	28
2.2.1 引言	28
2.2.2 材料与方法	30
2.2.3 结果与分析	33
2.2.4 讨论	37

2.2.5 小结	38
参考文献	39
2.3 羊草叶片气体交换和叶绿素荧光特性及水分利用效率对 放牧的响应	41
2.3.1 引言	41
2.3.2 材料与方法	43
2.3.3 结果与分析	44
2.3.4 讨论	49
2.3.5 小结	50
参考文献	51
2.4 刈割后施肥和干旱处理对羊草补偿性生长的影响	53
2.4.1 引言	53
2.4.2 材料与方法	54
2.4.3 结果与分析	60
2.4.4 讨论	70
2.4.5 小结	72
参考文献	72
2.5 羊草刈割后的补偿性光合作用	76
2.5.1 引言	76
2.5.2 材料与方法	77
2.5.3 结果与分析	78
2.5.4 讨论	85
2.5.5 小结	86
参考文献	87
2.6 结论	89
 第3章 根叶互作调控下的多花黑麦草再生机制的生理生态学研究 ..	91
3.1 多花黑麦草概述	91
3.1.1 植物学特性	91
3.1.2 生态学特性	91
3.1.3 农学与畜牧学特性	92
参考文献	93
3.2 断根与外源喷施细胞分裂素诱导的根叶互作对黑麦草持续	

再生机制的影响.....	93
3.2.1 引言	93
3.2.2 材料与方法	94
3.2.3 结果与分析	97
3.2.4 讨论	103
3.2.5 小结	105
参考文献.....	106
3.3 梯度断根诱导细胞分裂素对黑麦草持续再生的影响	108
3.3.1 引言	108
3.3.2 材料与方法	109
3.3.3 结果与分析	112
3.3.4 讨论	122
3.3.5 小结	124
参考文献.....	124
3.4 根系硝态氮吸收对黑麦草持续再生的调控机制	125
3.4.1 引言	125
3.4.2 材料与方法	126
3.4.3 结果与分析	133
3.4.4 讨论	145
3.4.5 小结	149
参考文献.....	149
3.5 细胞分裂素调控的不同茬高黑麦草再生机制研究	152
3.5.1 引言	152
3.5.2 材料与方法	153
3.5.3 结果与分析	158
3.5.4 讨论	172
3.5.5 小结	175
参考文献.....	175
3.6 生长素诱导的叶根信号传递对黑麦草再生的影响	177
3.6.1 引言	177
3.6.2 材料与方法	178
3.6.3 结果与分析	180
3.6.4 讨论	184

3.6.5 小结	185
参考文献	186
3.7 结论	187
 第4章 总结与展望	189
4.1 宏观和微观的有机统一	189
4.2 化感与牧草再生展望	190
参考文献	191
 后记	194

第 1 章 绪 论

1.1 牧草再生概述

我国草地资源丰富,居世界第二位,仅次于澳大利亚。全国拥有天然草地面积 4 亿 hm^2 ,占国土总面积约 42%,大部分草地分布在西部,其中可利用面积 3 亿 hm^2 ,占国土总面积约 1/3,是农田面积的 3 倍以上。由此可见,我国的草地畜牧业发展潜力巨大。此外,丰富的草地资源是实现我国农业可持续发展、良好生态环境的重要屏障。草原作为我国陆地上面积最大的生态系统,不仅是草地畜牧业及早作农业的基地,而且是维护陆地生态平衡不可替代的保障。因此,草原作为国土资源的重要组成部分,其经济和生态功能不容忽视。

草地的一个最基本的特征就是去叶后的再生。世界牧草之王“紫花苜蓿”地上部分被刈割后,其枝条和叶片均能再次生长出来,再生能力强的苜蓿品种,一年内刈割 4 到 5 次,依然能够再生。作为世界上的三大牧草之一,三叶草也具有较强的再生能力,剪割后可从根部分蘖生长出新的枝条,其耐刈割,刈割后能很快地恢复覆盖的效果。黑麦草是一种具有较高经济价值且广布于世界各地的栽培牧草,其去叶后可从茎基的分蘖节处发出新的分蘖芽,被剪掉的半截叶子还可以继续再生,一个生长季节通过多次刈割可收获 4~5 次。不仅上述世界上的主要牧草存在着再生现象,而且目前不少中外学者还报道了燕麦、华北驼绒藜、梯牧草、矮象草等草的再生(张志芬等,2014;纳钦等,2012;Jing 等,2012;Kozloski 等,2005;Li 等,2011)。

基于牧草的再生,通过多次刈割的再生牧草能多次收获茎叶等产品,这样可以明显地提高产量。在内蒙古西辽河平原中部的研究发现紫花苜蓿通过刈割 4 次收获的产量比仅收获 1 次的产量高约 82%(杨恒山等,2004),常春等(2013)在宁夏贺兰山农牧场进行了苜蓿种植试验,发现通过刈割 4 次收获的产量比通过刈割 2 次收获的产量高约 26%。多花黑麦草生长迅速,再生同样是促进其产量提高的一种有效途径。申晓萍等(2011)在广西来宾的研究表明,通过刈割 3 次而收获的黑麦草产草料是通过刈割 1 次产草量的 2 倍多,于应文等(2002)在贵州省威宁县的试验结果发现,黑麦草草地刈割 4 次后收获的草总产量,是生长过程中未刈割而收获的草产量的 3

倍多。在由红豆草和红三叶等 5 种豆科、禾本科牧草组成的混播草地上,高寒醉马草草甸上,以及象草草地上等的刈割后再生的研究均发现,割后再生的确是提高草地产草量的一个有效途径(张鲜花等,2014;景媛媛等,2014;梁志霞等,2013)。简而言之,牧草的再生是提高其产草量的重要保障。

牧草及饲料作物是农业和畜牧业的重要生产资料,对畜牧业的发展具有十分重要的作用。而优良的牧草是畜牧业发展的关键,牧草及饲料作物营养品质的优劣不仅影响家畜的生长和发育,也影响畜产品的产量和品质。年刈割 3 次苏丹草再生后的茎叶的粗蛋白含量是年刈割 1 次和 2 次的 1.07 倍和 1.04 倍;留茬 8 cm 高时的苏丹草再生茎叶的干草及粗蛋白质产量最高,分别达 27.64 t/hm² 和 3.29 t/hm²,高于或低于 8 cm 均影响其产草量和粗蛋白质含量(刘景辉等,2005)。以燕麦开花期 1 次刈割为对照,探讨了不同刈割次数对燕麦青草干草产量和粗蛋白、酸性洗涤纤维含量等指标的影响(刘刚和赵桂琴,2006)。结果表明,1 年内刈割 2 次的干草产量以及单位面积粗蛋白产量不但没有提高,反而有显著的降低,但刈割 2 次的牧草品质比刈割 1 次的好,其茎叶比值较低,粗蛋白、粗灰分含量较高,适口性好。特别是刈割的头茬草,酸性洗涤纤维含量显著低于二茬草及对照。对多年生 3 叶龄黑麦草 *Lolium perenne* 进行刈割并留不同的茬高,结果发现留茬 50 mm 的再生茎叶中的可溶性碳水化合物含量是留茬 20 mm 植株的 3.1 倍(Donaghy 和 Fulkerson,1998)。可见,再生是影响牧草营养品质的一个非常重要的方面。

另外,牧草的再生性还有助于促进草地或草场的更新,维持草地和草场持续的生产力。更为重要的是,该再生性还与牧草的耐牧性密切相联系。牧草的耐牧性,是指牧草被牧食以后刺激植物再生长的机制,反映了牧草抵御草食动物牧食的能力,对于草地放牧至关重要。因此,对于牧草而言再生具有重要的基础理论意义,开展此项研究意义重大。

1.2 影响牧草再生的生理与生态因子

1.2.1 水分

水分是植物必不可少的组分之一,在正在生长着的植物体中,幼嫩叶子的含量为 80%~90%,根系的含量可达 70%~95%,茎等植物组织中的含水量叶达到了 50%以上。水分在植物的生长发育过程中还起着媒介和发生场所的作用。植物的各种生化反应均须以水为介质或溶剂来进行,水还

是光合作用的基本原料之一,它参加各种水解反应和呼吸作用中的多种反应。植物的生长,通常靠吸水使细胞伸长或膨大,膨压降低,生长就减缓或停止。可见水分对植物的生长发育至关重要。牧草的再生也是一个生长发育的过程,因此,水分对牧草的再生同样至关重要。

在河北坝上地区对老芒麦的田间定位实测表明,老芒麦的再生草生长缓慢的关键原因是水分匮乏,进行冬灌或拔节期灌溉,可显著提高再生草产量或头茬草的产量,全年总的产草量可提高40%到200%以上(王皓和李子忠,2008)。据在荒漠草原的草场进行的模拟放牧的刈割试验发现,在降雨较少的情况下对荒漠草原的草场进行多次刈割,会引起草场再生速率的急剧下降(赛胜宝等,1991)。多年生黑麦草,草地早熟禾和苇状羊茅3种草坪草在田间持水量为30%~50%范围内时,随着土壤含水量的增加,它们的再生速率也呈现增加的趋势(徐敏云等,2005)。Jia等(2006)在半干旱黄土高原地区的兰州榆中,采用在田间起垄、沟垄相间、垄上覆膜、沟内种植、垄面产流、沟内集雨的种植方法来种植苜蓿,结果发现该种植方式可使一年刈割两次苜蓿的产草量较裸地平作增产10~40%。主要原因在于垄面集雨会增加苜蓿的水分供应,会促进其再生长。

降水以及灌溉水主要是通过其在时间和空间上的变化改变了土壤含水量,进而通过影响植物根系而对植物的生长发育进行影响。因此,根系在水分对牧草再生的影响中起着关键性的作用。

1.2.2 光照

植物的根从地下吸收水份和肥料,通过木质部的导管输送到所有的叶片之上,进行光合作用,合成营养后再从皮层由上而下输送到全身供生长发育之用。可见光照对于植物如同吃饭对于我们人类一样,十分重要。假如没有光照,叶绿素的合成、花青素的形成、水分的吸收与蒸腾、细胞质的流动等等生命活动都无法进行。牧草的再生也是一个生长发育的过程,因此,光照对牧草的再生同样至关重要。

在上海崇明的研究发现,光照会影响香樟林下由羊茅、百喜草、狗牙根和紫花苜蓿构成的混播草地的生产力,同一放牧强度下混播草地再生草量均呈现随光照强度增大而增大的趋势(李志刚等,2011)。在北京进行的气象因子对苜蓿刈割后再生高度的研究发现,光照是一个影响苜蓿刈割后再生高度的关键性因子(高菲和卢欣石,2012)。另据王娟等(2006)的研究发现,遮阴会严重影响扁穗牛鞭草的刈割后的再生草量。可见,光照是影响牧草去叶后再生的一个必然条件,这对从以根对叶的角度来研究牧草的再生也具有至关重要的参考意义。

1.2.3 土壤养分

土壤养分是指由土壤提供的植物生长所必需的营养元素,能被植物直接或者转化后吸收。土壤养分可大致分为大量元素、中量元素和微量元素,包括氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、硼(B)、钼(Mo)、锌(Zn)、锰(Mn)、铜(Cu)和氯(Cl)13种元素。在自然土壤中,土壤养分主要来源于土壤矿物质和土壤有机质,其次是大气降水、坡渗水和地下水。在耕作土壤中,还来源于施肥和灌溉。

根据在土壤中存在的化学形态,土壤养分的形态分为四种。①水溶态养分:土壤溶液中溶解的离子和少量的低分子有机化合物。②代换态养分:是水溶态养分的来源之一。③矿物态养分:大多数是难溶性养分,有少量是弱酸溶性的(对植物有效)。④有机态养分:矿质化过程的难易强度不同。根据植物对营养元素吸收利用的难易程度,土壤养分又分为速效性养分和迟效性养分。一般来说,速效性养分仅占很少部分,不足全量的1%,应该注意的是速效性养分和迟效性养分的划分是相对的,二者总处于动态平衡之中。土壤养分的总贮量中,有很小一部分能为当季作物根系迅速吸收同化的养分称速效性养分;其余绝大部分必须经过生物的或化学的转化作用方能为植物所吸收的养分称迟效性养分。牧草的再生是一个大量消耗土壤养分的过程,因此,土壤养分对牧草再生至关重要。

通过对呼和浩特市生长4年的新麦草新品系进行连续2年春季施肥,并测定草产量和再生速度,发现施肥也促进了新品系刈割后的株丛再生,施肥720 kg/hm²处理的株高和叶片再生速度最快(云岚等,2008)。对玉米草在重庆低海拔地区不同立地条件下的抗性及其生产性能进行了研究,结果表明,该牧草在重庆中亚热带气候条件下表现出了较强的抗旱性。高温条件下,保水能力较强、肥力较高的土壤有利于玉米草的再生。选择高水肥的立地条件是该牧草栽植成功的关键(何玮等,2007)。在砂土、粘土、壤土3种不同的土壤上以穴播、条播、撒播和育苗移栽4种植植方式种植黔引普那菊苣,测定其鲜草产量和再生速度。结果表明:黔引普那菊苣适宜在各种土壤上种植,但以在土壤肥沃的壤土上种植产量较高,条播、穴播为推广的种植方式(韩永芬等,2009)。

何静等对施肥条件下的一年生黑麦草的生物量进行了研究,结果表明:复合肥每667 m²/100 kg,有机肥667 m²/1 200 kg作基肥,一年生黑麦草的根系最发达且产草量最高,达到53 226.6 kg/hm²。许能祥等(2009)黑麦草追施氮来研究其再生产量和品质,结果表明:2个品系的中性洗涤纤维含量、酸性洗涤纤维含量和非结构性碳水化合物含量则呈下降趋势。而再

生草干物质产量、干物质体外消化率、可消化干物质产量和粗蛋白含量均与追施氮量成正比。顾洪如等(2004)以多花黑麦草苏畜研1号为材料,研究了追施不同氮量对多花黑麦草产草量的影响。试验结果表明,追施适量氮肥可提高多花黑麦草干物质产量,追施氮量为 300 kg/hm^2 时多花黑麦草干物质产量和可消化干物质产量均较高。

可见,土壤养分是影响牧草再生的一个重要因素。然而,土壤营养对牧草再生的作用必须通过根系的吸收方式才能表现出来,因此土壤营养是一个重要的基于根叶关系研究牧草再生的因素。

1.2.4 种群竞争

单位面积上牧草的种植株数就是牧草的种植密度。牧草合理的种植密度可以充分利用光、热、水、气热和养分,协调群体与个体间的矛盾,在群体最大发展的前提下,保证个体健壮地生长发育。牧草的种植密度过稀,不利于草地生产力的提高,而牧草的种植密度过于稠密时,易造成种内竞争的加剧,不利于个体的生长发育,也会对草地的生产力造成一定程度的危害。

黄彩变等(2011)报道,密度会对于塔克拉玛干沙漠南缘策勒绿洲的骆驼刺的再生性能产生明显的影响,在 $0.44\sim 0.46$ 株/ m^2 的密度条件下时以齐地面以下 5 cm 刈割时产草量较高,在 $0.41\sim 0.42$ 株/ m^2 的密度条件下时以齐地面刈割产草量较高。为明确小黑麦在黑龙江省可再生并获得较高草产量的适宜刈割期和播种密度,选用饲用型小黑麦东农5305为试验材料,通过田间试验对不同处理下小黑麦株高、产量及再生营养指标进行分析(李晶等,2009)。结果表明:东农5305早期刈割下,再生植株可达到正常植株的高度;在分蘖盛期刈割、密度 600 万株/ hm^2 (中高密度)时获较高饲用产量。以甘南亚高山草甸常见牧草垂穗披碱草为对象,通过考察种群密度、施肥与刈割处理等对植物生长和生殖的影响效应,比较了垂穗披碱草在5个密度及2个施肥实验处理条件下对4种刈割处理的补偿性反应特点(王海洋等,2003)。在不施肥情况下,刈割对垂穗披碱草的影响程度随种群密度加大而加大,在低密度处理中早期轻度刈割的植物发生了超补偿。可以认为,低密度种群中植物具有较多的分蘖是植物在刈割后表现出较高补偿能力的一个重要生物学原因。

可见,密度是影响牧草去叶后再生的一个必然条件,这对从以根对叶的角度来研究牧草的再生也具有至关重要的参考意义。

1.2.5 碳水化合物

植物生长发育的能量来源,除了通过光合作用得到碳水化合物之外,其

体内贮存的碳水化合物也是一个非常重要的来源之一。刈割和放牧等利用方式能够影响植物贮藏物质如碳水化合物和含氮化合物的分布和含量(Olson and Wallander, 1997; Ward and Blaster, 1961; Buwai and Trlica, 1977)。Mckell(1966)以中间冰草为研究对象进行贮存碳水化合物对再生的影响研究,结果发现当中间冰草的贮藏碳水化合物含量降至植物体干重的1%以下时,恢复生长不能继续,甚至死亡。许志信等(1993)的研究认为,牧草先前贮藏的碳水化合物利用程度的轻重以及含量水平与割后的再生有着密切的关系。许多牧草每次刈割后5天,因叶片再生消耗了贮藏碳水化合物,贮存碳水化合物含量下降,然后在刈割后的10~15天随着生长的恢复,碳水化合物的含量升高。各种牧草的贮藏碳水化合物呈现一定的规律性,表现为返青初期含量较高,随后伴随刈割次数增加,含量出现下降,初霜后牧草停止生长时碳水化合物的含量降到最低点,其中短花针茅降低幅度较大,初霜后总糖及还原糖含量约为返青初期的50%,冷蒿和糙隐子草再生次数较少,下降趋势较慢;羊草的贮藏养分含量总的看来是呈下降趋势,且一开始呈锯齿型变化(温方等,2007)。

上世纪60年代,Davies等(1965)的研究就已经发现去叶牧草的再生与留茬中和地下根系中的碳水化合物含量水平密切相关。Smith和Marten(1970)用 ^{14}C 标记刈割前的根,研究茎再生与根部碳水化合物的影响,结果发现,贮藏在根部的碳水化合物对割后茎再生有积极影响。Feltner和Massengale(1970)也指出根中总的碳水化合物浓度与产草量呈正相关。白可喻等(1995)的研究发现,刈割或放牧后牧草的恢复生长和春季牧草的萌发生长都与植株贮藏碳水化合物的水平密切相关。Hoshino等(2009)、Quiroga等(2009)、Thiébeau等(2011),以及Furet等(2012)在草原上的研究,以及以苜蓿和黑麦草等为研究对象的研究,均研究了碳水化合物对牧草再生的影响,发现贮存的碳水化合物会促进牧草的再生。

但是有研究表明,苜蓿去叶后再生并非是由根部贮存碳水化合物促进的。Suzuti(1991)报道具有根蘖型的苜蓿植株根中贮藏碳水化合物比死亡株体根部的浓度高。Smith等(1992)的研究发现,耐牧苜蓿品种根部贮藏碳水化合物浓度较高,认为这个浓度的增高部分是因为耐牧品种比不耐牧品种的冠群有较大的基础叶面积。

1.2.6 激素

植物生长激素是指植物细胞接受特定环境信号诱导产生的、低浓度时可调节植物生理反应的活性物质。它们在细胞分裂与伸长、组织与器官分化、开花与结实、成熟与衰老、休眠与萌发以及离体组织培养等方面,分别或

相互协调地调控植物的生长、发育与分化。植物生长激素主要包括生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯和油菜素甾醇等。它们都是些简单的小分子有机化合物,但它们的生理效应却非常复杂、多样。吲哚乙酸能促进这些器官中细胞的伸长生长,如促进幼茎和胚芽鞘的生长。一般低浓度的 IAA 能促进生长,高浓度的 IAA 则抑制生长。根对 IAA 最敏感,茎最不敏感,芽居中。因此能促进主茎生长的 IAA 浓度往往对侧芽和根有抑制作用。IAA 还能促进茎、叶等器官上不定根的发生,特别是能促进一些不易生根的植物插条顺利生根。另外 IAA 还能促进维管系统的分化;促进光合产物的运输;保持植物的顶端优势;促进菠萝开花和瓜类植物雌花的形成;促进果实发育与单性结实;抑制花朵脱落和叶片老化等。

赤霉素能促进整株植株生长,尤其是对矮生突变种的效果特别明显,但对离体茎切段的伸长没有明显的促进作用。赤霉素一般能促进节间的伸长而不是促进节数的增加。赤霉素对生长的促进作用不存在高浓度下的抑制作用。对于需光和需低温才能萌发的种子,如莠苣、烟草等的种子,赤霉素可代替光照和低温打破休眠。赤霉素还能促进某些二年生植物如甘蓝、油菜、萝卜等抽薹开花;促进黄瓜等葫芦科植物雄花的发育;促进梨、杏、草莓、葡萄等植物坐果和单性结实;抑制不定根的形成;延缓叶片以及芸香科果实的老化等。

细胞分裂素最显著的生理作用就是促进细胞分裂,特别是促进细胞质的分裂。此外,细胞分裂素能增加细胞壁的可塑性,促进细胞吸水扩大。有研究证明,细胞分裂素能促进一些双子叶植物如菜豆、萝卜等的子叶或离体叶圆片扩大,这种扩大主要是促进了细胞横向增粗所造成的,与生长素促进细胞纵向伸长的作用不同。细胞分裂素能显著延长离体叶片的保绿时间,推迟其衰老。对于需光才能萌发的种子,如莠苣、烟草等,细胞分裂素可代替光照打破这类种子的休眠,促进萌发。细胞分裂素还能促进分生组织的生长,促进侧芽的形成和发育,从而削弱或解除多种植物的顶端优势。

脱落酸广泛分布于被子植物、裸子植物、蕨类、苔藓。高等植物从根冠到顶芽的各器官和组织中都能检测到 ABA 的存在,其中以将要脱落或进入休眠的器官和组织中含较多。当植物受到干旱、盐渍或寒冷引起的渗透胁迫时,其体内的 ABA 含量会迅速增加。ABA 运输不具有极性,在植物体内既可通过木质部又可通过韧皮部运输。一般叶片内合成的 ABA 主要通过韧皮部下运到根部;而根系合成的 ABA 主要通过木质部上运到茎叶,且 ABA 主要以游离型的形式运输。脱落酸能促进多种多年生木本植物和种子休眠。外施脱落酸时,可使旺盛生长的枝条停止生长而进入休眠,但这种休眠可用 GA 有效打破。脱落酸能抑制整株植物或离体器官的生长,也

能抑制种子的萌发。其抑制效应是可逆的,一旦去除脱落酸,枝条的生长或种子的萌发会立即开始。脱落酸还能促进气孔关闭,降低蒸腾;明显促进器官脱落;增强植物对多种逆境的抗性。

黄顶和王堃(2006)在春季萌动期,分别对典型草原几种常见禾本科牧草老芒麦、披碱草、羊草、赖草和克氏针茅的幼芽和地下根系可溶性糖含量及内源激素动态变化对春季懵懂再生的影响研究。结果表明,高含量的GA和较低含量的ABA是根茎类禾草羊草和赖草春季萌动早的重要调控因子。这在一定程度上说明植物生长激素对牧草的再生起着作用。

另据李志华等(2002)对赤霉素处理对多花黑麦草生长及再生的影响作了研究。结果表明:随赤霉素处理浓度的提高,对多花黑麦草拔节进程的加速,茎叶比、中性洗涤纤维含量的增加表现明显。对多花黑麦草进行0.1 mg/g、0.2 mg/g、0.3 mg/g三个浓度的赤霉素处理。结果以0.3 mg/g效果最好;0.2、0.3 mg/g使多花黑麦草株高、再生草株高、干草产量、粗蛋白质含量提高明显。对刚割茬的香根草进行不同赤霉素喷施浓度,结果表明赤霉素抑制香根草新茎蘖萌发,但促进其高度增长,浓度与株高增长正相关(张国发等,2003)。肖艳云等(2006)在内蒙古民族大学试研究了叶面喷施生长素对紫花苜蓿生长、产量及品质的影响。结果表明,随喷施浓度的增加,紫花苜蓿节间数和株高增加,但节间数变化不大;草产量随喷施浓度的增加而增加,且以第2茬、第3茬增加明显;低浓度喷施有利于紫花苜蓿1级分枝数的增加并保持相对较高的营养品质,而高浓度喷施则作用相反。刘丹等(2012)对黑麦草的研究发现,多次去叶条件下,喷施外源细胞分裂素能促进叶片中玉米素核苷含量及其再生叶片生物量的增加。可见赤霉素、生长素和细胞分裂素均与牧草的再生有密切的关系,因为植物的生长是一个多种生长激素参与的综合调控过程。

1.2.7 茬高

留茬高度是影响牧草去叶后其再生的一个重要特征,近年来受到国内外的众多学者的研究和报道。陈世莘等(2008)在内蒙古羊草上的研究发现,在高或中留茬高度(去除地上部分的20%或40%)的条件下,羊草能发生过补偿生长,其再生的茎叶生物量常常高于未去叶时草再生的生物量;但在低留茬高度(去除地上部分的80%)的情况下,其再生的茎叶生物量非常少,大大低于未去叶时草生长的生物量。孙学钊等(1991)对不同留茬高度给多年生黑麦草再生长产量品质的影响作了研究,结果表明:各刈割留茬高度间不表现互作效应,各次刈割留茬高低仅影响所刈当次收获牧草及紧接其后的再生草量。与高留茬相比,再生长方面,低留茬不利于再生,品质方