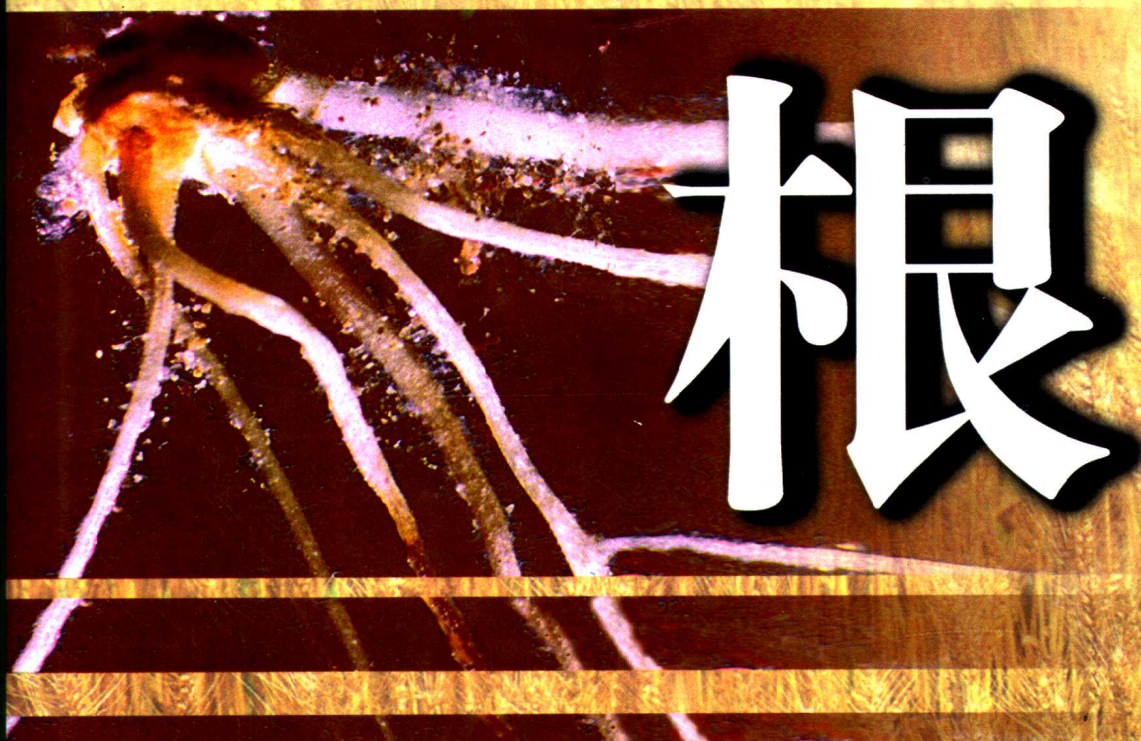


小麦的

马元喜等 编著

根



中国农业出版社



小麦的根

马元喜等 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

小麦的根/马元喜等编著.-北京:中国农业出版社,
1999.10

ISBN 7-109-05798-4

I. 小… II. 马… III. 小麦-根系 IV. S512.101

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 12726 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 刘俊峰

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17 插页: 4

字数: 388 千字 印数: 1~1 000 册

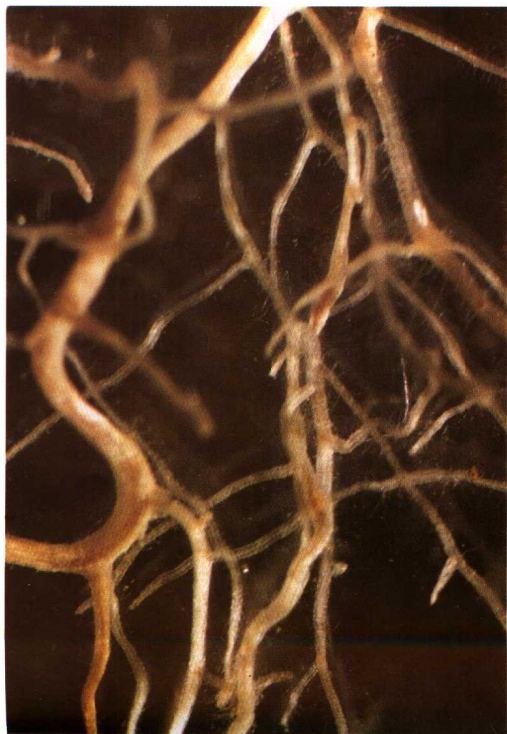
定价: 68.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



图版1 春小麦的奇数初生根
(一般情况下小麦的初生根为奇数, 即3、4、5条, 本图中根茎上部的两条为次生根)

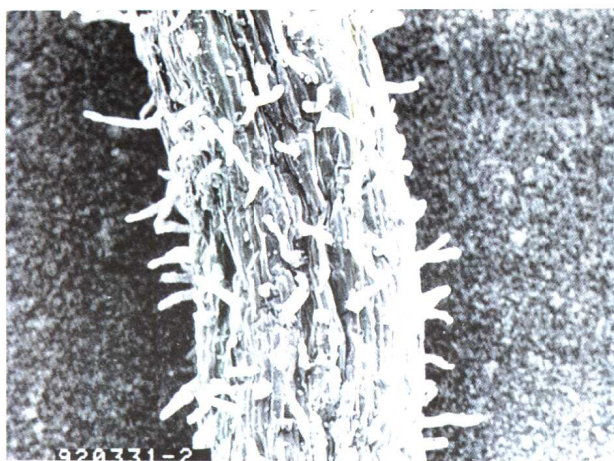
图版2 春小麦的偶数初生根
(少数情况下, 小麦的初生根为偶数, 即4、6甚至8条。
本图为8条初生根)



图版3 小麦根系初生根、次生根分布状况



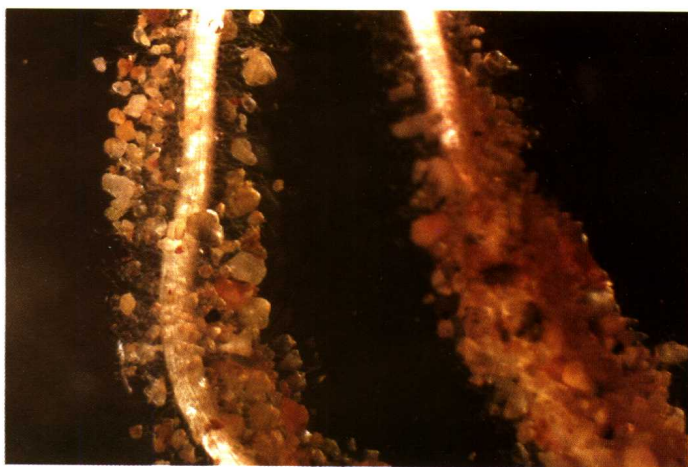
图版4 小麦根系不同级别分枝的粗细差异



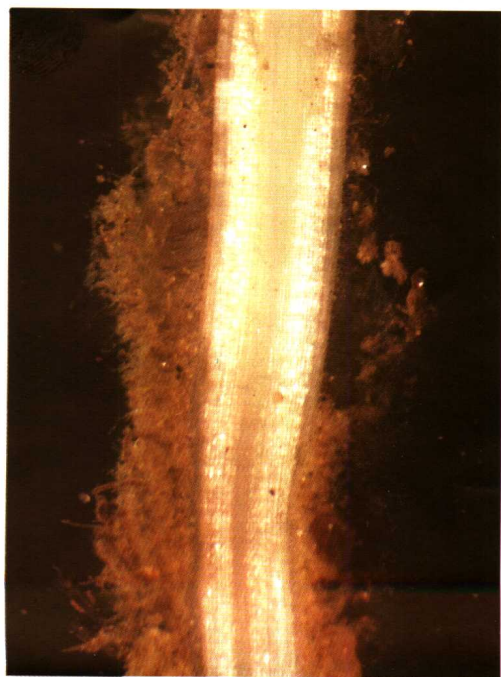
图版5 根尖成熟区的电镜扫描
($\times 100$, 显示根毛的发生)



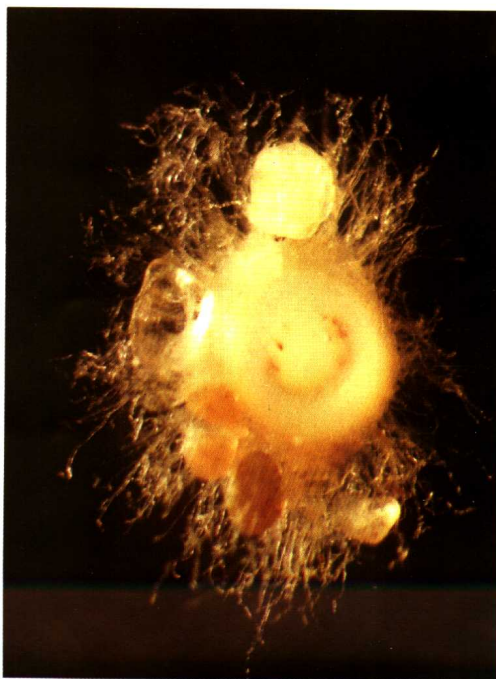
图版6 根毛发生区的电镜扫描
($\times 1000$, 图版5的局部放大)



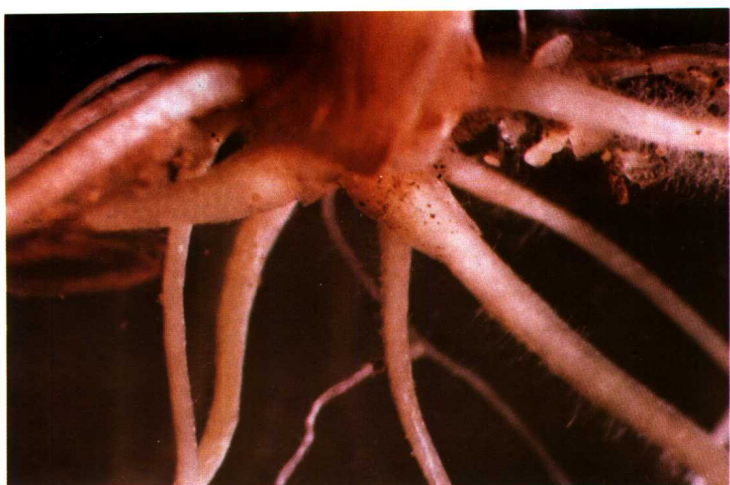
图版7 麦根粘附土粒情形



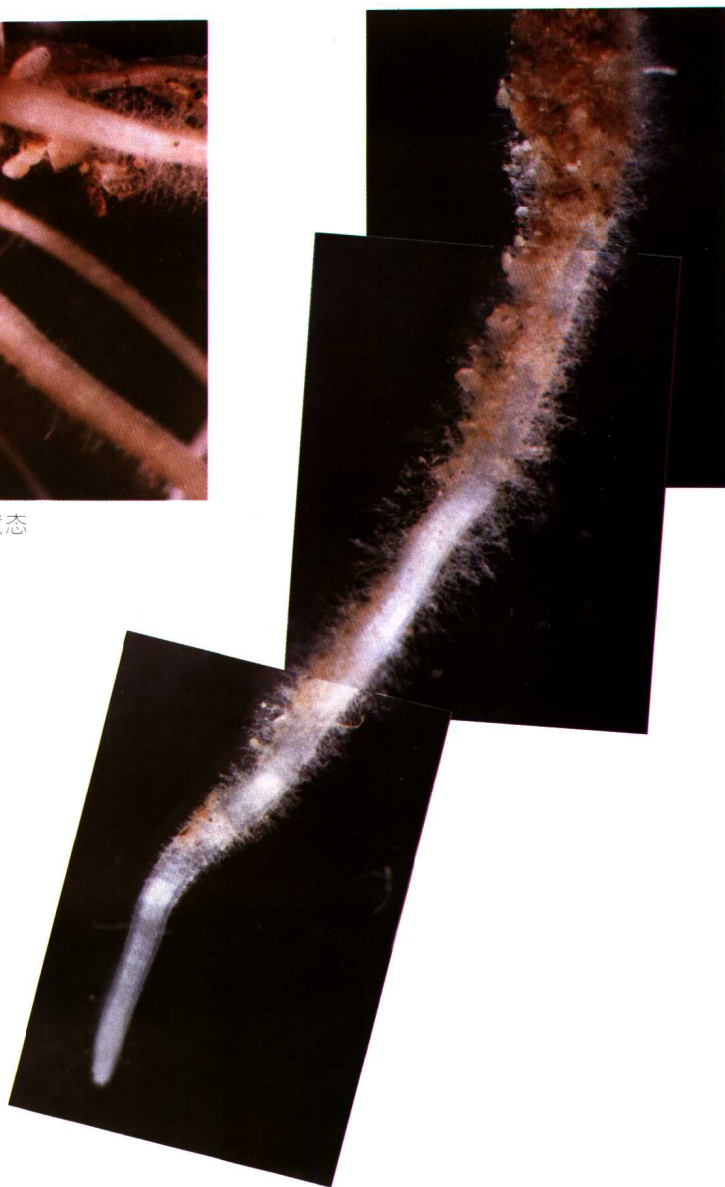
图版8 根毛与土粒的关系 (纵切)



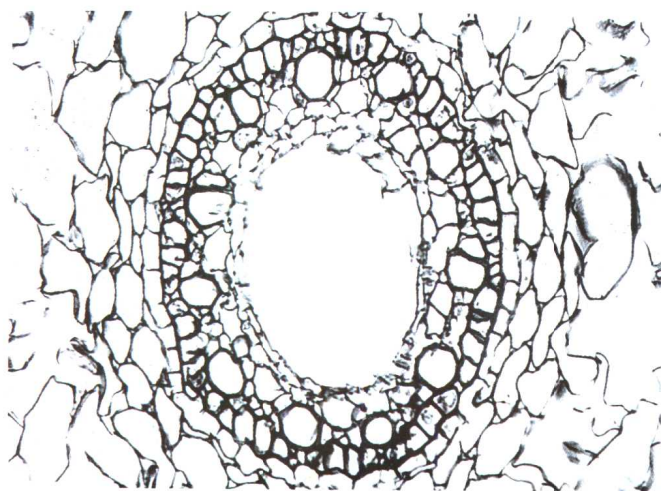
图版9 根毛与土粒的关系 (横切)



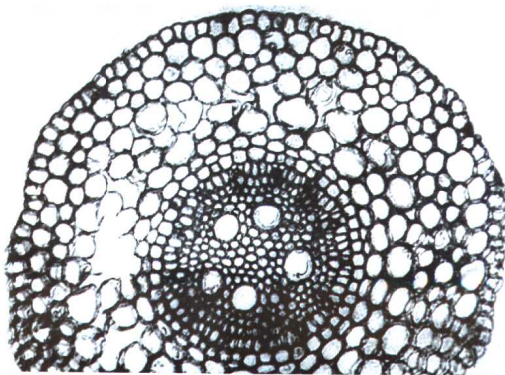
图版 10 初生根与次生根的发生与生长状态



图版 11 小麦幼根的生长过程



图版 12 较老初生根的横切结构（显示中柱部分）



图版 13 次生根的横切结构



图版 14 老根发生新的分枝
(外界条件适宜时, 近分蘖节处的老根或皮层的老根
仍可分化发生新的分枝)



图版 15 初生根、次生根根毛粘附土粒状
(条件适宜时, 老根上的根毛也可长久生存)

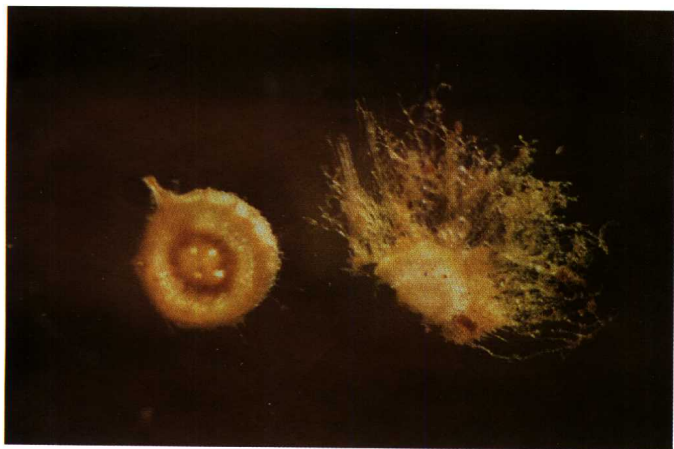
图版 16 稻荏麦根毛粘附土粒能力较弱



图版 17 稻荏麦根毛与土粒的粘附（横切）



图版 18 渍水条件下，根皮层脱落



图版 19 渍水根与正常根的横切面比较
左图：渍水根 右图：正常根



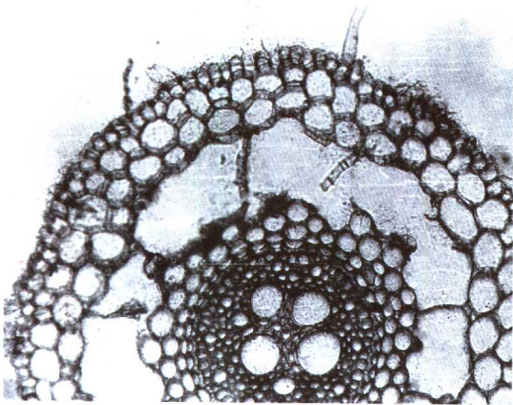
图版 20 盐碱等不利条件下小麦发根力较弱



图版 21 受盐碱危害的小麦分蘖节



图版 22 渍水、盐碱条件下根毛稀少，附土能力减弱，甚至皮层脱落



图版 23 长期渍水条件下，次生根皮层部分细胞解体，形成气腔



图版 24 严重渍水条件下根尖（皮层）横切面电镜透射
($\times 3000$ ，显示细胞核和细胞器解体)

前 言

作物根系是茎叶生长和产量形成的基础，生产者和科学工作者历来对此都很重视，并先后在不同水平上开展了卓有成效的研究。从其发展历史看来，根系研究与其它学科发展之间具有相互渗透、相互促进的密切关系。因此，随着科学技术水平不断进步，根系研究发展表现出了明显的阶段性。早在 18 世纪初，赫莱斯（Hales）开始观察作物根系形态并测量根的长度和重量，从而开创了作物根系研究的先河，接着，赫米尔等也采用类似的方法以研究根系在土壤中的分布及根系生态等有关问题。此对后来的根系研究起到了先导作用，并为根系研究方法的建立奠定了良好基础。19 世纪前半叶，李比希接续前人的研究，发展植物矿质营养理论，所著《化学在农作学和生理学上的应用》一书引起了农学家研究根的生长、发展及营养吸收作用的兴趣，对 19 世纪后半叶根系研究进入新阶段起到了积极的推进作用。19 世纪末至 20 世纪初，威廉斯完善了土壤发生学理论，建立了统一形成学说，指出土壤形成与生物具有一定相互关系，特别是与植物根系选择吸收和分布范围具有密切相关。当时，以威廉斯和罗特米斯特洛夫为代表的有关学者从多方位研究不同植物根系的特征特性，研究根系分布、发展与地区自然条件、土壤类型之间的关系等，积累了大量关于草原植物根系的研究资料。同时，美国农学家金和魏万等对大田作物根系的分布层位和地域关系等进行了广泛而深入的观察与测定，发表了不少有价值的论文，将根系生态学研究向前大大推进了一步。20 世纪上半叶，萨比宁发表重要文献“根系在植物生命活动中的意义”，指出根部代谢作用中特殊反应的产物在植物生命中具有首要意义，引起很多学者关注，植物根系研究从而向生理特性方向深入和发展。近几十年来，为满足生产发展的迫切需要，根系研究领域逐步拓宽。不同学者从植物解剖学、生态学、生理学和生物化学等不同角度，全方位开展研究。目前，作物根系研究业已步入范围更加广阔、内容更具生产实践性的新阶段。

著者在前人研究的基础上，将一般的根系生长发育规律在小麦根系上加以具体验证和补充，将一般的根系研究方法具体应用或有改进地运用于小麦根系研究之中。几十年来，结合小麦生产

实际, 比较全面地研究了小麦根系发生、分布、动态变化、生理代谢及其与生态条件的关系等, 积累了有关小麦根系的较为全面的系统资料。同时, 在多年的研究过程中也逐步形成了一支有一定学术水平的根系研究队伍。鉴于国内外有关文献资料中并未有小麦根系方面的专著, 特著《小麦的根》一书。该书内容主要是著者多年来科研成果的总结和集成, 但为使本书更具完整性, 也部分纳入国内外不同时期小麦根系方面的有关研究资料。《小麦的根》既有理论上的综合分析, 又有结合具体生态条件 and 生产实践的研究结果, 既有面对生产的调控措施, 又有定量的技术指标。全书内容比较完整、充实, 图表较为丰富, 适于同行研究者与农业高等院校教师借鉴和参考, 亦可作为硕士和博士研究生的专题课教材。全书共分 11 章, 内容涉及小麦根系研究的历史发展、根系的发生与生长发育规律、根系的形态与解剖结构、根系的生理特性与功能、根系的水肥效应与调控以及根系研究法等, 基本上形成了关于小麦根系形态、生理及调控技术的完整体系。撰写该书之目的方面是为了使根系研究能够面对生产实际, 并在生产实践中发挥其应有的作用; 另一方面是将我们的根系研究资料系统化, 以便能在学术界进行广泛交流, 并互相启发或借鉴, 最终促进小麦根系研究工作以更快速度发展。

在该书撰写过程中, 曾得到河南农业大学、山东农业大学和河南省科委等单位的大力支持, 得到国家小麦工程技术研究中心在人力和物力等方面的具体协助, 并承蒙中国工程院院士、山东农业大学余松烈教授、山西农业大学苗果园教授和河南农业大学胡廷积教授、崔金梅教授等审阅初稿并提出宝贵修改意见。研究过程中, 河南省科委齐协山副主任和邵国金处长给予大力协助, 王韧、崔友甲、段增强、王宪文、王洪泉、陈曾玉、张妙霞、杨光宇、张天峰等同志做了大量具体工作。出版过程中, 中华农业科教基金会和中国农业出版社给予经济资助并提供其它帮助。在此, 谨一并致以谢忱!

限于篇幅, 书中某些引文未能一一注明, 特此敬希有关引文作者和读者予以谅解。由于撰写水平有限, 书中难免有错漏或欠妥之处, 在此, 特恳请广大同仁和读者批评指正!

河南农业大学 马元喜
国家小麦技术研究中心

1998 年 12 月

目 录

前言

绪论..... 1

一、根的起源、作用及研究意义..... 1

二、作物根系研究的历史与进展..... 2

第一章 小麦生长发育与根的建成..... 12

第一节 小麦植株体的构造与根的分化发生..... 12

一、小麦植株体的构造与植物单元..... 12

二、小麦根的分化发生..... 13

第二节 初生根系的建成..... 14

一、初生根的概念..... 14

二、初生根的分化..... 14

三、初生根系的建成..... 16

第三节 次生根系的建成..... 19

一、次生根的概念..... 19

二、次生根的分化..... 19

三、次生根的建成..... 20

第四节 分枝根的发生与根毛的形成..... 24

一、分枝根的发生..... 24

二、根毛的形成..... 25

第五节 根系生长发育规律..... 26

一、根系生长发育的基本特点..... 27

二、根系生长的主要类型..... 31

第二章 根的基本形态与结构..... 34

第一节 根尖的形态特征及分区..... 35

一、根尖的基本形态..... 35

二、根尖的分区..... 35

第二节 根的解剖结构..... 40

一、根的纵切结构..... 40

二、根的横切结构..... 42

三、根茎过渡区的内部结构..... 47

第三节 根的分枝与根毛的结构..... 47

一、根分枝的发生与结构..... 47

二、根毛的发生、生长与结构	52
第三章 根的基本功能	55
第一节 小麦根系功能期与功能部位	55
一、根系功能的衡量指标及其动态变化	55
二、根系的吸收部位	57
第二节 小麦根系对水分的吸收与运输	59
一、渗透作用与根系吸水速率	60
二、根系吸水的部位	61
三、根系吸水量在土壤剖面上的分布	61
四、根系吸收水分的动力	62
五、影响根系吸水的因素	62
第三节 小麦根系对养分的吸收与物质积累	63
一、根系所吸收的矿质元素	63
二、根系对养分的吸收过程	64
三、根系对养分的吸收及积累	65
四、影响根系对养分吸收的因素	67
第四节 小麦根系的物质合成	67
一、根系对氨基酸及蛋白质的合成	68
二、根系中植物激素的合成	68
第四章 不同类型土壤中小麦根系发育特点	71
第一节 根系和土壤的相互关系与小麦种植的基本分区	71
一、根系对土壤环境的适应能力	71
二、根系对土壤的反作用	73
三、小麦种植的基本分区	75
第二节 褐土区小麦根系发育特点	76
一、褐土区的生态条件与小麦种植概况	76
二、褐土的基本特性	77
三、褐土区小麦根系发育特点	78
第三节 冲积土区小麦根系发育特点	83
一、冲积土区的生态条件与小麦种植概况	83
二、冲积土的基本特性	85
三、冲积土区小麦根系发育特点	85
第四节 稻土区小麦根系发育特点	90
一、稻土区的生态条件与小麦种植概况	90
二、稻土的基本特性	91
三、稻茬麦根系发育特点	92
第五节 黑钙土区小麦根系发育特点	96
一、黑钙土区的生态条件与小麦种植概况	96

二、黑钙土的基本特性·····	97
三、黑钙土区小麦根系发育特点·····	97
第五章 根系与地上部生长的动态关系·····	101
第一节 根系生长与地上部生长的动态关系·····	101
一、根系生长与地上部生育进程的关系·····	101
二、根系与地上部干物质积累、分配的关系·····	102
三、不同土层根群发育与地上部生长的关系·····	103
四、不同生育时期根系与地上部性状的相关性·····	105
五、根系活性与地上部生长及衰老的关系·····	105
六、初生根、次生根与(籽)粒产量及产量性状的关系·····	108
第二节 不同穗型品种根系与地上部生长的动态关系·····	110
一、不同类型品种根系生长及活性变化·····	110
二、不同类型品种根系与地上部生长的动态关系·····	111
第三节 不同苗情与根系生长的动态关系·····	113
一、不同苗情单株次生根数的动态变化·····	113
二、不同苗情根系生物量的动态变化·····	113
三、不同苗情根系垂直分布的动态变化·····	114
四、不同苗情根系活力的动态变化·····	116
五、不同苗情根系生长与土壤水分利用的关系·····	116
第六章 根系对土壤肥力与施肥的反应·····	119
第一节 根系对离子的吸收·····	119
第二节 根系对土壤肥力的反应·····	120
第三节 根系对氮肥的反应·····	122
一、根对氮的吸收·····	122
二、根系对氮肥的反应·····	122
第四节 根系对磷肥的反应·····	127
一、根对磷的吸收·····	127
二、根系对磷肥的反应·····	128
第五节 根系对钾肥的反应·····	130
一、根对钾的吸收·····	130
二、根系对钾肥的反应·····	131
第六节 根系对微量元素肥料的反应·····	132
第七节 根系对有机肥和配方施肥的反应·····	133
一、根系对有机肥的反应·····	133
二、根系对配方施肥的反应·····	133
第七章 根系对干旱胁迫的反应·····	136
第一节 干旱胁迫对根系形成及结构的影响·····	136
一、干旱胁迫对根系形成的影响·····	136

二、干旱胁迫对小麦根冠比的影响	139
第二节 干旱胁迫对根系垂直分布与形态结构的影响	140
一、干旱胁迫对小麦根系垂直分布的影响	140
二、干旱胁迫对根系形态特征的影响	141
第三节 干旱胁迫对根系生理特性的影响	142
一、干旱胁迫对小麦根系生理活性的影响	142
二、干旱胁迫对根系质膜透性及膜脂过氧化水平的影响	145
三、干旱胁迫对根系保护酶活性及其同工酶的影响	146
第四节 干旱胁迫条件下小麦根系的调控	149
一、选用适宜的品种是实现根系调控的基础	149
二、培育壮苗是实现根系调控的关键	150
三、旱地小麦根系的调控措施	150
四、有限灌水条件下小麦根系的调控	152
第八章 根系对土壤渍水的反应	155
第一节 土壤渍水对根际环境的影响	155
一、土壤渍水对土壤氧化还原电位的影响	155
二、土壤渍水对根组织内气体组成的影响	156
第二节 土壤渍水对根系生长发育及形态解剖结构的影响	157
一、土壤渍水对根的发生及根系生长的影响	157
二、土壤渍水对根系构型及形态结构的影响	159
第三节 土壤渍水对根系生理特性的影响	161
一、土壤渍水对根系活力的影响	161
二、土壤渍水对根系呼吸代谢及伤流量的影响	162
三、土壤渍水对根内乙烯及其前体物质 ACC、MACC 含量的影响	164
四、土壤渍水对根系质膜透性及膜脂过氧化水平的影响	165
五、土壤渍水对根系保护酶系统的影响	166
第四节 土壤渍水对根内氮、磷、糖含量及积累的影响	169
一、土壤渍水对根内氮、磷含量及积累的影响	169
二、土壤渍水对根内可溶性糖含量及积累的影响	171
三、土壤渍水对根内碳氮比的影响	172
第五节 根系对土壤渍水的适应与调控	173
一、根系形态适应与小麦耐渍力	173
二、麦田防渍与根系调控	174
第九章 特殊条件下小麦根系的反应	176
第一节 小麦根系对土壤污染的反应	176
一、土壤污染物的来源和种类	176
二、小麦根系对重金属元素的反应	177
三、小麦根系对有机污染物的反应	190

第二节 小麦根系对土壤盐碱的反应	190
一、盐碱对小麦根系形态、生长与分布的影响	191
二、盐碱对小麦根系生理的影响	192
三、小麦的耐盐碱能力及提高小麦耐盐碱能力的途径	193
第三节 小麦根系对冻害的反应	193
一、小麦根系冻害的形态特征	194
二、小麦植株不同部位抗冻能力的差异	195
三、小麦根系冻害机理及抗冻保苗措施	196
第十章 农艺措施对根系的调控	198
第一节 土壤耕作对根系的效应	198
一、深耕对根系的效应	198
二、免耕、少耕与其他耕作方法对根系的影响	200
第二节 播种期对根系的效应	202
一、播种期对根系生长的效应	203
二、播种期对根系活性的影响	204
三、播种期对根干重与根冠比的影响	205
第三节 种植密度对根系的影响	206
一、种植密度对发根力与单株次生根数的影响	206
二、种植密度对根干重与根分布的影响	208
三、种植密度对根系活力的影响	209
第四节 灌水对根系的效应	210
一、灌水对根系生长的效应	210
二、灌水对根系垂直分布的影响	211
三、灌水对根系生理特性的影响	213
第五节 中耕与断根措施对根系的效应	214
一、中耕对根系的效应	215
二、移栽和深耘断根技术对根系的影响	215
第六节 不同品种与根系生长的关系	217
一、品种间根系生长特性的差异	217
二、品种间根系分布的差异	218
第七节 生长调节剂及其他物质对根系的效应	220
一、多效唑的效应	220
二、缩节胺的效应	220
三、烯效唑的效应	221
四、ABT 生根粉的效应	221
五、乙烯利的效应	222
第十一章 根系研究法	224
第一节 根系研究的基本方法	224

一、壕沟剖面法	224
二、容器法	227
三、分根移位法	229
四、放射性示踪法	232
五、根系综合观测室	234
第二节 根的取样与根样冲洗技术	238
一、根的取样技术	238
二、根样冲洗技术	241
第三节 根系研究的基本项目及其测量	244
一、根重及其测定	244
二、根长及其测量	246
三、根体积及其测定	247
四、根系表面积及其测量	248
五、根尖检验方法	249
六、根毛检验方法	250
第四节 根系生理生化测定	251
一、糖含量测定	251
二、蛋白质含量测定	252
三、内源激素含量测定	254
四、主要酶活性测定	255
五、根系活力测定	261