

作物施肥技术丛书



于振文 岳寿松 编著

小麦

施肥新技术

中国农业出版社

512.106
Y731

11

作物施肥技术丛书

小麦施肥新技术

于振文 岳寿松 编著

中国农业出版社

作物施肥技术丛书
小麦施肥新技术
于振文 岳寿松 编著

* * *

责任编辑 贺志清

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm32开本 2.875印张 60千字
1996年11月第1版 1996年11月北京第1次印刷
印数 1 2000册 定价 6.80元

ISBN 7-109-04518-8/S·2801

出版说明

施肥是实现作物优质、高产、稳产的一项主要栽培技术措施。随着科学技术的不断提高和现代仪器设备的应用，作物施肥已由传统的经验施肥向经济合理的科学施肥发展，并在推广营养诊断施肥、配方施肥和平衡施肥的新技术；在肥料品种及施肥方法上，近年来也在不断更新和改进。

为了及时推广、普及施肥新技术，我们邀请了具有较高理论水平并有丰富实践经验的专家编写了一套《作物施肥技术丛书》，该丛书选题包括了我国主要的粮食、果树、蔬菜及经济作物等施肥新技术，内容密切联系生产实际，以介绍生产应用技术为主，同时阐述作物的生物、营养特性和需肥规律及缺素症状等科学知识，体现科学性、先进性和实用性。文字表达上力求深入浅出，通俗易懂，有的并附作物营养缺素症状图谱（彩照）。

本丛书可供具有初中以上文化程度的农民、农业技术人员及农村基层干部阅读应用。

目 录

一、小麦生长发育与营养的关系	1
(一) 小麦的一生	1
(二) 种子萌发与出苗	5
(三) 根系的生长	5
(四) 茎的生长	7
(五) 叶的生长	8
(六) 分蘖的生长	10
(七) 穗的发育与形成	12
(八) 籽粒的形成与灌浆	15
(九) 小麦的群体结构	17
二、小麦的营养特性	22
(一) 小麦生长需要的营养物质	22
(二) 小麦的氮素营养	22
1. 氮的生理作用	22
2. 小麦的需氮特点	24
3. 小麦的氮素来源	24
4. 小麦的缺氮症状	25
(三) 小麦的磷素营养	25
1. 磷的生理作用	25
2. 小麦的需磷特点	26
3. 小麦的缺磷症状	27
(四) 小麦的钾素营养	27
1. 钾的生理作用	27

2. 小麦的需钾特点	28
3. 小麦的缺钾症状	28
(五) 小麦的微量元素营养	29
1. 小麦对锌的吸收与利用	29
2. 小麦对锰的吸收与利用	30
3. 小麦对硼的吸收与利用	30
4. 小麦对铜的吸收与利用	31
三、小麦的需肥规律	33
(一) 小麦的需肥量与施肥量	33
1. 不同产量水平的养分吸收量	33
2. 小麦施肥量	35
(二) 小麦各生育时期需肥特点	40
(三) 培肥土壤与小麦营养的关系	43
四、小麦的施肥技术	45
(一) 有机肥与化肥的施用	45
1. 有机肥的施用	45
2. 化肥的施用	47
(二) 底肥、种肥与追肥的施用	51
1. 底肥的施用	52
2. 种肥的施用	53
3. 追肥的施用	54
(三) 我国主要麦区的施肥技术	54
1. 北方水浇地冬小麦施肥技术	54
2. 北方旱地冬小麦施肥技术	64
3. 南方平原稻茬冬小麦施肥技术	67
4. 南方丘陵地区稻茬冬小麦施肥技术	72
5. 南方旱地冬小麦施肥技术	75
6. 东北春麦区春小麦施肥技术	76
7. 西北春麦区春小麦施肥技术	79

一、小麦生长发育与营养的关系

(一) 小麦的一生

1. 小麦的生育期 小麦在生长发育过程中,形成根、茎、叶、分蘖和穗各种器官,最后形成新的种子,完成小麦的一生。自出苗到成熟称为小麦的全生育期。我国广大麦区,由于气候条件的差异,小麦的生育期也不尽相同,如黄淮冬麦区的小麦生育期一般为230—260天,北方冬麦区为260—280天,而东北春麦区只有70—90天。在小麦的一生中,其形态特征、生理特性等发生一系列变化,人们为了便于栽培和研究,根据器官形成的顺序和易于掌握的明显特征,把小麦的整个生育期分为若干个生育时期,包括:出苗期、分蘖期、起身期、拔节期、孕穗期、抽穗期、开花期、灌浆期和成熟期,冬小麦还包括越冬期和返青期,这些生育时期的大致标志如下:

(1) 出苗期。田间有50%幼苗的第一片真叶露出胚芽鞘2厘米以上的日期。

(2) 分蘖期。田间有50%植株的第一个分蘖露出叶鞘1.5厘米以上的日期。

(3) 越冬期。冬前日平均气温下降到2℃,植株基本停止生长时。

(4) 返青期。翌春,50%植株的心叶黄嫩部分伸出叶鞘1厘米以上的日期。

(5) 起身期。麦苗由匍匐状开始向上生长，生长锥分化小穗原基（二棱期）；50%植株的年后第一张展开叶的叶鞘显著拉长，与年前最后1叶的叶耳距大于1.5厘米左右，主茎长出的年后第二叶片接近生长。

(6) 拔节期。50%植株的主茎第一茎节离开地面1.5至2厘米的日期，穗分化到雌雄蕊原基分化期。

(7) 孕穗期。50%植株的旗叶展开，叶耳可见，旗叶叶鞘包着的幼穗明显膨大，旗叶与倒二叶的叶耳距达2—4厘米。

(8) 抽穗期。50%单茎的麦穗露出叶鞘1/2的日期。

(9) 开花期。大田有50%麦穗开花（护颖张开，黄色花药外露）的日期。

(10) 灌浆期（乳熟期）。籽粒刚开始沉积淀粉，时间在开花后15天左右。

(11) 成熟期。籽粒颜色逐渐变黄，胚乳呈蜡状，为蜡熟末期，此时粒重最高，是最适宜的收获期；籽粒变硬，不易被指甲切断为完熟期。

从栽培角度看，小麦一生所经历的生长发育进程，可以归纳为营养生长、营养生长和生殖生长并进以及生殖生长3个阶段（图1）。自种子萌发出苗到幼穗开始分化之间，是以生根、长叶、分蘖为中心的营养生长阶段；从幼穗分化开始到抽穗，一方面继续生长根、叶、蘖和茎秆伸长、充实，另一方面进行穗分化和发育，是营养生长和生殖生长的并进生长阶段；抽穗以后，根、茎、叶的生长基本停止，是开花、结实和成熟的时期，称为生殖生长阶段。3个阶段决定着小麦器官的建成和产量构成因素（穗数、粒数、粒重）的形成，标志着小麦一生既有阶段性，又有连续性。在生产中必须根据

小麦各个生育时期的生育特点，瞻前顾后，全面考虑，采取相应的栽培措施，力争穗足、粒多、粒重，达到高产、稳产、优质、低成本的目的。

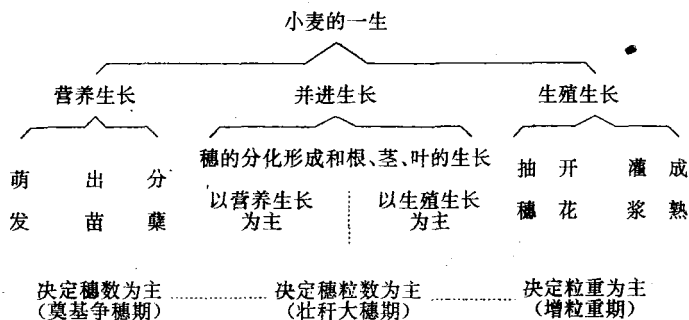


图1 小麦的一生

2. 小麦的阶段发育 小麦从种子萌发到结实成熟，需要经历几个循序渐进的、不同质的变化阶段，才能由茎、叶等营养生长转向开花结实的生殖生长，产生新一代种子，这种阶段性的质变过程，就是小麦的阶段发育。在个体发育中，每个具体的质变阶段即为一个发育阶段。各个器官的形成（如茎叶的发生、穗部各器官的分化等）都必须在一定的发育阶段的基础上才能进行。

(1) 春化阶段。小麦种子萌发以后，需要经过一定时间的低温条件才能形成结实器官，这段时间叫春化阶段。在通过春化阶段时，要求一定的综合外界环境条件。但适宜的湿度是决定能否通过春化阶段的主导因素。根据品种通过春化阶段对温度要求的高低和时间长短，可把小麦分为以下3种类型：

①冬性品种：通过春化阶段适宜的温度为0—3℃，时间

需 30 天以上。未经春化处理的种子，春播不能抽穗结实。如鲁麦 8 号、鲁麦 14 号。

②半（弱）冬性品种：在 0—7℃条件下，经过 15—35 天即可通过春化阶段。未经春化处理的种子春播，一般不能抽穗或延迟抽穗且不整齐。如鲁麦 1 号、鲁麦 15 号。

③春性品种。在 0—12℃的条件下，5—15 天即可通过春化阶段。未经春化处理的种子春播能正常抽穗结实。如郑引 1 号。

(2) 光照阶段。小麦通过春化阶段之后，在适宜的外界条件下就进入光照阶段。根据小麦品种对日照的反应情况，可分为 3 种类型。

①反应迟钝：在每天 8—12 小时日照条件下，经过 16 天以上，能顺利通过光照发育阶段而抽穗结实。一般春性品种属这一类型。

②反应中等：在每天 8 小时的日照条件下，不能通过光照阶段；但在每天 12 小时日照经过 24 天左右，可以通过光照阶段而抽穗。半（弱）冬性品种属此类型。

③反应灵敏：要在每天 12 小时的日照条件下，经 30—40 天才能通过光照阶段而抽穗。一般冬性品种属此类型。

在日照长度和其它条件适宜时，温度在 20℃左右，通过光照阶段最快，低于 4℃则基本停止。山东省适期播种的冬性或半冬性品种，大多在越冬前结束春化阶段，由于当时气温低不能进入光照阶段。翌年早春，气温回升至 4℃以上时，即开始光照阶段。小麦通过春化阶段并进入光照阶段后，植株内部的原生质透性增强，各种酶的活性提高，光合、呼吸及蒸腾作用都有所促进，代谢增强，其抗寒性显著降低。所以，半冬性品种播种过早，冬前完成春化阶段并进入光照阶段，植

株拔节、穗分化进入二棱期，容易遭受冻害。

不同类型小麦品种间生育期亦有所不同，肥水管理时期亦应根据品种特性灵活掌握。一般说来，半冬性品种和春性品种通过春化阶段时间较早，光照阶段时间较短，穗分化较早些，为了促使形成大穗，每穗有较多的粒数，肥水管理应相应早些，冬性品种肥水管理则应适当晚些。

（二）种子萌发与出苗

1. 种子的构造 小麦种子由皮层、胚和胚乳 3 部分构成。皮层包括果皮和种皮，对籽粒有保护作用，约占种子重量的 5%—7.5%。皮层以内、胚以外的部分为胚乳，约占种子重量的 90%—93%，是种子萌发、出苗时的养料。胚由盾片、胚芽、胚轴及胚根组成。盾片与胚乳相连，在种子萌发时，它能摄取胚乳中的可溶性养分，供胚利用。胚根、胚轴和胚芽将来发育为小麦的根、茎、叶。胚约占种子重量的 2% 左右，它是种子的重要部分，没有胚或胚丧失生命力的种子均失去种用价值。

2. 种子萌发与出苗 度过休眠期的小麦种子，在适宜的水分、温度和空气条件下就可以萌发。种子萌发后，胚芽鞘向上生长顶出地表出土。胚芽鞘露出地表后，从中伸出第一片绿叶，第一片绿叶生长需要的养料，主要靠种子贮藏的营养物质供应。饱满的种子第一叶较大，进行光合作用制造的养分多，麦苗也壮。

（三）根系的生长

1. 根的种类、形成与发展 小麦的根属须根系，由初生根（种子根）和次生根（不定根）组成。

（1）初生根。在种子萌发时由胚上直接生出，一般小麦有 3—7 条初生根，种子大、土壤肥、水分适宜、播种深度适

当，初生根就多；反之，则少。初生根入土比次生根深，冬前可达1米左右，拔节时可达2米以上，能吸收土壤深层的水分和养分，在小麦一生中，始终都起作用。出苗至拔节是初生根发挥其功能的主要时期。

(2) 次生根。是小麦的主要根系，发生在茎基部的分蘖节上。次生根比初生根数量多，入土浅，根毛密集，吸收力强，能有效地利用土壤耕层的水分和养分，对植株的生长和产量形成有重要意义。冬小麦次生根的发育，在正常情况下有两个高峰时期，一是冬前分蘖盛期，一是春季分蘖盛期。一般到开花期停止生长，可达1米左右或更长。拔节至蜡熟是次生根发挥其功能的主要时期。

2. 根系的功能与分布 小麦的根系既是吸收和支持器官，又是重要的代谢器官。根系所吸收的一部分矿质元素和从地上部运来的部分同化物，在根内合成各种氨基酸，而后被运往各个器官合成蛋白质；根系还合成激素类物质，运往地上部。因此，根系发育的好坏，直接影响着地上部各器官的生命活动，尤其对叶片蛋白质含量和叶片光合能力的影响更大。

小麦的根群主要分布在0—40厘米的土层内，一般0—20厘米约占根量的60%左右，20—40厘米约占30%，40厘米以下约占10%。根系的垂直分布与土壤结构、水分和土壤养分状况等有关。低产田的根系，单株次生根和单位面积的总根量均少，根系分布多集中于土壤表层。而耕层深厚、肥力高的高产田，单株次生根数、根量均超过一般麦田，而且根系入土深，在土壤各层的分布也较匀。

3. 根系生长与矿质营养 土壤肥力高的麦田不仅次生根数和根量比一般麦田显著地多，而且根系入土较深，深层

根比重大。据山东农业大学观察，高产麦田亩根重为 125.8 公斤，一般田为 100.1 公斤。所以，增施肥料，培肥地力，能促进根系生长。施用氮肥可促进根系生长发育，提高根系活力；但若施氮量过大，会使地上部分徒长，消耗过多的有机营养，削弱根系的生长。施用磷肥能增加次生根数，并促进根系向土壤深层扩展延伸，有利于小麦生育中后期的生长，延迟衰老，提高粒重，在生产中氮磷配合做基肥或种肥促进根系效果显著。土壤缺钾引起根系变小，皮层组织过早瓦解，输导组织退化。因而，施用钾肥可以促进根系发育。

(四) 茎的生长

1. 茎的构造、伸长与作用 小麦的茎由节和节间组成。茎的节间可分为地上节间和地下节间两部分。地下节间不伸长，构成分蘖节。地上部伸长的节间有 4—6 个，一般主茎为 5 个，分蘖茎的地上节间数目常等于或小于主茎。

冬小麦茎的原基，早在生长锥伸长以前就已经形成，但它并不伸长，茎的各个节紧密相靠和顶芽（生长锥）一同位于分蘖节之上。进入光照阶段，生长锥开始伸长以后，至穗分化的二棱期，茎的节间才微微伸长。当主茎的第一节间伸长到 3—4 厘米，露出地表约 1.5 厘米时，即为拔节期。节间的伸长是靠每一节间基部的居间分生组织的分化而伸长的，其速度呈由慢到快再减慢的趋势，各节间的伸长有一定的顺序性和重叠性。小麦的穗下节间最长，一般说来，同一品种穗下节间长的，麦穗相应较大。矮秆，基部节间短，机械组织发达，茎秆富于弹性、韧性的品种，具有较高的抗倒伏能力。

茎是植株体向水分和营养物质运输的主要通道，同时具有支持、制造和贮藏养分的作用。

2. 茎秆生长与矿质营养 氮素不足, 会使麦株矮小, 茎秆细弱; 氮素过多时, 促进了正在伸长的茎细胞的扩大, 所以不同时期追肥对不同节间伸长的影响不同, 如在北方冬麦区和黄淮冬麦区, 返青期追施氮肥, 促进了基部第一节间伸长, 如果使基部茎秆过分伸长, 细胞壁变薄, 易发生倒伏。所以, 这些麦区中, 在群体适宜的情况下, 一般不施返青肥而追施起身拔节肥。磷钾肥可增强节间机械组织的强度, 促使茎秆健壮。根据茎生长与肥水的关系, 适当控制群体密度, 合理运用肥水, 使基部节间粗壮而不徒长, 对防止倒伏、促进穗大粒多具有重要意义。

(五) 叶的生长

1. 叶的构造与功能 小麦的叶主要由叶片和叶鞘组成。叶片是小麦进行光合、呼吸、蒸腾的重要器官。叶鞘的主要作用是加强茎秆强度, 亦可进行光合作用, 并且是光合产物暂时的贮存器官。

小麦主茎叶片数因品种、播期等条件而不同。在山东省, 适期播种的冬小麦主茎叶片数大多为12—13片, 其中冬前一般可长6—7片, 并受播期影响较大, 播种早, 冬前叶片数多, 反之, 则少。但只要冬前未进入光照阶段, 冬后主茎新长出的叶片则都大致相同, 均为6—7片。

2. 叶的生长过程及叶面积 小麦的各叶片在植株生育过程中顺节位由下而上逐层伸展、定型及衰亡, 重叠交替进行。从叶片开始伸长到定型为叶片生长期, 这时的叶片制造的营养物质多供自己生长, 输出甚少。从定型到衰亡为叶片的功能期。从栽培上创造有利条件, 延长叶片的功能持续时间, 对提高叶片的光合效率及产量因素的形成必然有利。

小麦叶片的叶面积大小, 与产量形成有密切关系。在群

体条件下，只有叶面积适当，才能充分利用日光，提高光合生产率，制造更多的有机物质，获得高产。单叶面积的计算公式为：长 \times 中部宽 $\times 0.83$ 。群体叶面积的大小通常用叶面积系数（单位土地上的绿叶面积与单位土地面积之比）表示。在一定范围内，小麦产量随叶面积系数的增大而提高。但是，如果叶面积系数过大，就会造成田间郁闭，群体中下层光照条件减弱，制造的光合产物抵偿不了呼吸作用的消耗，茎秆组织柔弱，容易倒伏减产。山东省大量亩产 500 公斤麦田的调查结果指出，高产田适宜的叶面积系数：冬前 1，起身期 2 左右，拔节期 3—4，挑旗期 6—7，灌浆期 4。

3. 叶片生长与矿质营养 氮肥既可以使叶面积加大，又可使叶肉细胞中的叶绿素增加，叶色浓绿，叶的功能期延长，提高光合强度，如果氮肥不足，叶片窄瘦，而且叶色淡黄。缺磷时，叶片窄小，叶色常呈紫绿或暗绿色，特别是叶尖和叶缘更明显。因此，增加或减少水分和肥料（特别是氮肥）的供应，则成为调整叶片大小和叶色浓淡的主要手段，但必须掌握好时间，使肥水促进了我们需要增大的叶片。

一株小麦的各叶片中，心叶是生长最快的叶片，但是，当时的肥水措施对它的影响并不大，连对它上边的一片幼叶的影响也不算大，而影响最大的是它上面的第二和第三叶。如果用 n 表示心叶，那么肥水促进的叶是 $n+2$ 和 $n+3$ 叶。一株小麦有几个器官同时生长的现象，这些器官叫同伸器官，如春后长出的第六片叶 (n) 与春后长出的第五叶 ($n-1$) 的叶鞘和第四叶 ($n-2$) 着生的节间同时长大伸长，它们为一组同伸器官。一般说来，凡是能促进或抑制其中一种器官生长，也能同时涉及到其它同伸器官。例如，在山东省返青期植株长出春生第一叶，此时追肥浇水，受促进的是春生第三、四

叶片，第二、三叶的叶鞘和第一、二节间；而拔节期植株长出春生第3叶，此时的肥水则促进了春生第五叶（倒二叶）和第六叶（旗叶）的增大，第四、五叶的叶鞘和第二、三节间伸长。因此，想要影响某片叶的生长，需提早采取措施，同时还要考虑到对其它同伸器官的影响。

（六）分蘖的生长

1. 分蘖节及其作用 小麦的分蘖发生在分蘖节上，分蘖节是由植株地下部不伸长的节间、节、腋芽等紧缩在一起的节群。分蘖节的作用在于分蘖、长根，并在其中贮藏容易被植株利用的营养物质，这些物质能增强分蘖节的抗害力，是冬小麦植株越冬期间进行呼吸作用、维持生命活动的能量来源，也是越冬植株在早春迅速恢复生长的物质基础。

2. 分蘖的类别及发生顺序 小麦的分蘖可分为蘖节分蘖和胚芽鞘分蘖两类。蘖节分蘖是从分蘖节上的蘖芽发育而成的。胚芽鞘分蘖是由胚芽鞘的胚芽发育而成。从形态发生上看，胚芽鞘分蘖是主茎最早长出的分蘖，但由于它必须在水、肥、气、热等条件良好时才发生，所以一般大田较少胚芽鞘分蘖。

在正常栽培条件下，小麦的分蘖是有一定顺序的，都是以主茎为中心，在分蘖节上由下而上逐步发生。凡主茎上长出的分蘖都称为一级分蘖，由一级分蘖长出的分蘖叫二级分蘖，由二级分蘖长出的分蘖称为三级分蘖，余依次类推。

3. 主茎叶位与分蘖的同伸关系 小麦主茎叶片的出生与分蘖有一定的对应关系，即同伸关系。幼苗长出3片叶时，由胚芽鞘蘖芽长出胚芽鞘分蘖，但在一般肥力的大田中，胚芽鞘分蘖常不发生。当主茎伸出第四叶时，在主茎第一叶腋长出主茎第一分蘖；主茎第五叶伸出时，在主茎第二叶的叶

腋处长出主茎第二分蘖，同时，第一个一级分蘖增生1片叶。以后主茎每增加1叶，沿着主茎叶位向上依次长出各个分蘖。当每个分蘖在伸出第三叶时，分蘖鞘腋芽也能像主茎一样发生次级分蘖。依次类推，形成了出叶和出蘖的同伸关系。

根据上述同伸关系，便可根据主茎叶龄推算出可能出现的单株分蘖理论数（包括主茎，不包括胚芽鞘分蘖），即3叶1（1个蘖，即主茎），4叶2（2个蘖，即主茎和第1个一级分蘖）、5叶3、6叶5、7叶8、8叶13、9叶21……，可以看出，主茎某一叶片出现时，植株可能出现的分蘖数，为其前两个叶序发生的分蘖数之和。

以上同伸关系，只有在气温、播量适宜，单株营养面积较大，肥水条件较好，个体得到充分发育的情况下，才有可能实现。所以生产中可根据实际分蘖数值与理论数值的差距，作为衡量栽培技术好坏与个体发育壮弱的标志，为判断促进或控制分蘖时参考。

4. 分蘖的消长 山东省冬小麦分蘖的消长过程包括冬前和春季两个时期。10月1日前后播种的冬小麦，6—7天出苗，出苗后15—20天开始分蘖，此后1个多月的时间，分蘖迅速增加，当日平均气温下降到2℃以下停止分蘖，进入越冬期（11月底12月初），分蘖数量达第一高峰，为冬前分蘖增长期。翌春返青后，继续产生新的分蘖，当气温回升到10℃左右时，新蘖大量发生，到起身后拔节前达到年后分蘖高峰，为春季分蘖增长期。在拔节初，分蘖开始两极分化，一部分小蘖逐渐死亡，成为无效蘖；一部分健壮大蘖继续发育成穗，成为有效蘖。有效分蘖占总分蘖的百分数，称为成穗率。

5. 分蘖生长与矿质营养 分蘖发育需要大量的可溶性氮素及磷素，苗期供应充足的氮，特别是氮、磷配合做种肥，