

# 埃塞俄比亚东南部库卢姆萨地区氮肥水平对面包小麦 (*Triticum aestivum* L.) 品种生长发育的影响

德雷杰·多博恰·戈达

埃塞俄比亚阿塞拉库卢姆萨农业研究中心埃塞俄比亚农业研究所农学和作物生理学项目

**摘要:** 在埃塞俄比亚高地, 土壤肥力低, 尤其是氮缺乏, 是限制小麦产量和生产力的主要制约因素之一。为此, 在2017/18种植季节期间, 在埃塞俄比亚东南部库卢姆萨进行了不同氮肥水平对面包小麦品种生长发育影响的试验。该试验由两个面包小麦品种 (Lemu和Wane) 和五种氮肥 (0、46、92、138和184 kg N ha<sup>-1</sup>) 的析因组合组成, 采用三重复随机完全区组设计。结果表明, 品种与氮肥用量的交互作用效果不如主效应, 品种与氮用量的交互效应仅对灌浆期和穗长有显著影响。结果表明, 在研究地点, Wane品种比Lemu品种抽穗期、成熟期和灌浆期短, 而Lemu则比Wane品种更高, 分蘖更有效, 每穗粒数更多, 地上生物产量更好。相反, 抽穗和成熟期的最长天数记录在最高氮肥用量 (184 kg ha<sup>-1</sup>) 下。两个品种的灌浆期天数均随施氮量的增加而增加。Lemu和Wane品种的峰值穗长分别在施氮量为92和138 kg ha<sup>-1</sup>时记录。最大地上生物产量记录在最高施氮量184 kg ha<sup>-1</sup>时, 与92 kg和138 kg N ha<sup>-1</sup>的生物产量相当。

**关键词:** 面包小麦; 品种; 氮; 生长; 物候; 发育; 产量构成

## Influence of Nitrogen Fertilizer Levels on Growth and Development of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties at Kulumsa, South-Eastern Ethiopia

Dereje Dobocho Goda

Agronomy and Crop Physiology Program, Ethiopian Institute of Agricultural Research, Kulumsa Agricultural Research Center, Asella, Ethiopia

**Abstract:** In the Ethiopian highlands low soil fertility, notably nitrogen deficiency, is one of the main constraints limiting wheat production and productivity. For this purpose, an experiment on the effect of different nitrogen fertilizer levels on the growth and developments of bread wheat varieties was conducted at Kulumsa, south-eastern Ethiopia, during the 2017/18 cropping season. The experiment consisted of factorial combinations of two bread wheat varieties (Lemu and Wane) and five N rates (0, 46, 92, 138 and 184 kg N ha<sup>-1</sup>) performed in a three replicate randomized complete block design. The result revealed that, the interaction effects of variety and N fertilizer rate showed less effect than their main effects and only days to grain filling period and the spike length were significantly influenced by the interaction effects of variety and the N rate. It was indicated that, the Wane variety was shorter days to heading, maturity and grain filling period than Lemu variety whereas Lemu was taller variety, more effective tillers, number of grains per spike and gave better aboveground biological yield than Wane variety at the study site. Conversely, significantly the longest days to heading and maturity were recorded at the highest N rate (184 kg ha<sup>-1</sup>). The days to grain filling period was increased with rising N rate for both varieties. The peak spike length was recorded at N rate of 92 and 138 kg ha<sup>-1</sup> for Lemu and Wane varieties, respectively. The maximum aboveground biological yield recorded at the top N rate 184 kg ha<sup>-1</sup> and significantly at par with that of 92 and 138 Kg N ha<sup>-1</sup>. Therefore, it was concluded that the response of growth and development of Lemu and wane varieties were different for N fertilizer rate.

**Keywords:** Bread wheat; Varieties; Nitrogen; Growth; Phenology; Development; Yield components

## 1. 简介

埃塞俄比亚是撒哈拉以南非洲第二大小麦生产国，仅次于南非<sup>[1]</sup>。尽管小麦种植历史悠久，对埃塞俄比亚农业具有重要意义，但其全国平均生产力为 $3.1 \text{ t ha}^{-1}$ <sup>[2]</sup>。这绝对远低于世界平均产量( $3.52 \text{ t ha}^{-1}$ )<sup>[3]</sup>。研究表明，急性作物种植、彻底清除作物残留物和高营养元素缺乏都会导致小麦生产力低下<sup>[4]</sup>。

小麦是埃塞俄比亚种植的最重要的谷物之一，在面积上仅次于高粱、玉米和苔麸，在总产量上仅次于苔麸<sup>[2]</sup>。尽管小麦种植面积很大，但埃塞俄比亚全国小麦平均产量远低于试验产量，即5吨公顷以上<sup>[5]</sup>。这是由于化肥使用量低，对化肥施用时间和用量的了解有限，农田作物残留物完全清除，矿物肥料使用不平衡，施用方法不当，导致效率低下<sup>[6]</sup>。

该国生产面包和硬粒小麦，但面包小麦是埃塞俄比亚种植的主要作物品种，尽管农民种植这两种品种<sup>[7]</sup>。城市地区的小麦消费量高于农村地区，这是由于人口增长率高、生活方式改变和苔麸价格上涨<sup>[8]</sup>。农业管理和土壤管理不善、技术开发和传播不足是埃塞俄比亚高地和中部高地小麦产量增加的主要障碍<sup>[9]</sup>。小麦主要生长在埃塞俄比亚的高地，位于 $6^\circ \text{ N}$ 至 $16^\circ \text{ N}$ 和 $35^\circ \text{ E}$ 至 $42^\circ \text{ E}$ 之间，海拔1500至2800米，平均最低温度为 $6^\circ \text{ C}$ 至 $11^\circ \text{ C}$ <sup>[10]</sup>。大约75%的小麦总面积位于Arsi、Bale和Shewa小麦带<sup>[10]</sup>。由于不良的农艺和土壤管理做法，这些地区的单位面积小麦产量非常低。因此，埃塞俄比亚政府被迫每年进口小麦，因为需求高于供应<sup>[11]</sup>。为了增加和维持小麦产量，缩小供需差距，实施适当的土壤肥力管理至关重要。土壤肥力低，尤其是氮(N)缺乏，是限制埃塞俄比亚高地小麦产量的主要制约因素之一<sup>[12]</sup>。然而，在利用农业面积的40%左右，只有不到45%的农民最有可能使用低于最佳用量的肥料<sup>[13]</sup>。氮通常是所有植物营养素中最缺乏的。小麦对氮缺乏非常敏感，对氮肥的反应非常好<sup>[14]</sup>。过去40年来，全球农业粮食产量的增长与氮肥使用量增加了7倍有关<sup>[15]</sup>。因此，在适当的时间和适当的数量施用氮肥对提高土壤肥力和作物生产力至关重要。因此，本试验旨在评估氮肥用量对埃塞俄比亚东南部阿尔西区高地库卢姆萨的面包小麦品种Lemu和Wane的物候、生长和产量构成的影响。

## 2. 材料和方法

### 2.1 研究区域说明

在2017/18年生长高峰期，在埃塞俄比亚奥罗米亚州东阿尔西区Tiyo区Kulumsa农业研究中心(KARC)农场

进行了田间试验(图1)。提约区位于亚的斯亚贝巴东南175公里处。试验场的地理位置位于北纬 $8^\circ 01'$ ，东经 $39^\circ 09'$ 。试验场的海拔高度为2200 m。

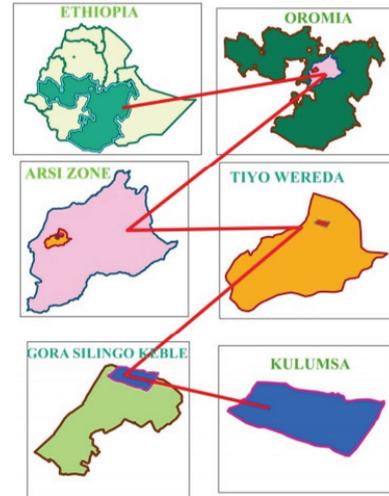


图1 研究区域的位置图

### 2.2 土壤分析

从试验现场随机采集15个种植前表层土壤样品(0-20cm)，以之字形行走，并压实成一个具有代表性的复合土壤样品。还使用岩芯取样器采集了三个原状土壤样品，以确定堆积密度。土壤质地、pH值、有机碳、总氮、有效磷和容重分析按照标准程序进行。

### 2.3 实验方法

该试验包括10个处理，作为两个改良的面包小麦品种Lemu和Wane的析因组合，以及五个N水平(0、46、92、138和 $184 \text{ kg ha}^{-1}$ )，以三重复随机完全区组设计进行安排。选择前一年种植小麦或大麦的农场种植，以避免豆类的后遗症。试验的总面积为4米长、2.6米宽，行距为0.2米。试验的可收获净面积为3.20米长、2米宽，中间有16行。地块和地块之间的间距分别为1米和1.5米。Lemu和Wane于2016年从KARC获释，以提高埃塞俄比亚东南部高地农业生态的生产力和适应性。Wane比Lemu品种有更短的抽穗期、灌浆期和成熟期。这两个品种都使用手动行标记以 $125 \text{ kg ha}^{-1}$ 的推荐播种率进行种植。根据处理，尿素(46%N)作为氮源以三种施用形式(种植时1/3，分蘖时1/3，开花时1/3)作为追肥。作为磷(P)的来源，在所有试验单位播种时，均以 $100 \text{ kg ha}^{-1}$ 的比例基础施用三重过磷酸钙。根据这些地区的建议，适当地进行了其他农艺措施。

### 2.4 数据收集和分析

收集的数据如下：抽穗天数、灌浆期、成熟天数、株高、可育分蘖数、穗长、每穗粒数和地上生物产量。

使用R计算机软件版本4.0.1的通用线性模型程序对收集的数据进行方差分析<sup>[16]</sup>。每当治疗效果显著时,使用5%显著性水平的最小显著性差异(LSD)分离平均差异<sup>[17]</sup>。

### 3. 结果和讨论

#### 试验区土壤和农业气候条件

研究现场种植前土壤物理化学分析结果见(表1)。结果表明,土壤具有粘性结构,有机碳和总氮含量低,酸性反应轻微,有效磷含量高,容重低,如表1所示。试验现场的土壤质地为粘性。由于有机质分解较慢,粘土含量高的土壤可能具有较高的土壤有机质(SOM)含量。与此结果一致,据报道土壤质地影响SOM分解速率<sup>[18]</sup>。根据<sup>[19]</sup>评级,试验场地的土壤反应为中等酸性。这表明试验场地的土壤适合大多数作物的最佳生长和产量。研究发现,植物营养素在pH值为5.5至7时最有效<sup>[20]</sup>。该研究地点的有机碳(2.5%)和总氮含量(0.16%)较低,而有效磷水平(11.4 mg kg<sup>-1</sup>土壤)较高<sup>[21]</sup>。试验现场总氮的低可用性表明,在研究区域最大限度地施氮对于最大限度地提高小麦产量至关重要。实验现场土壤的容重为(1.3 g cm<sup>-3</sup>),在<sup>[22]</sup>等级的中等范围内。

表1 种植前试验场地的选定土壤物理和化学性质

Soil parameters	Value	Rating	Reference
pH (1:2.5 Water)	5.8	Moderately acidic	[19]
Available Phosphorus (mg kg <sup>-1</sup> )	11.4	High	[21]
Organic carbon (%)	2.5	Low	[21]
Total Nitrogen (%)	0.16	Low	[21]
Sand (%)	6.3		Textural
Silt (%)	22.5	Clayey	Class
Clay (%)	71.2		
Bulk Density (g cm <sup>-3</sup> )	1.3	Low	[22]

2017/18收获季节记录的天气数据显示,该地区的年降水量为718.8毫米,从2月到10月为单峰。然而,主要雨季是7月至9月(图2)。年平均最低和最高温度分别为12.1和24.1℃(图2)。

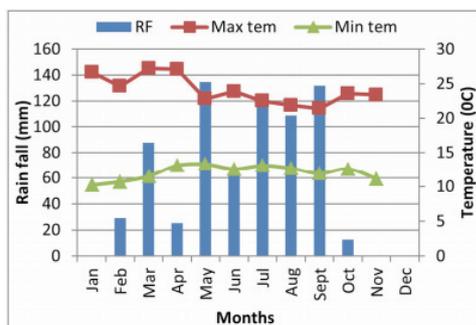


图2 2017年研究区域的月平均降雨量、最大和最小T。

#### 3.1 音系参数

##### 3.1.1 抽穗日数

抽穗至50%的天数受品种和氮肥用量的主要影响显著(P<0.001),而它们的相互作用不显著(表2)。品种Wane比品种Lemu提前5天抽穗。这种差异可以归因于基因组成。与此结果一致,<sup>[23]</sup>报告了面包小麦品种抽穗方面的差异。氮肥用量从0增加到184 kg ha<sup>-1</sup>,抽穗天数从55天延长到81天(表2)。抽穗天数随施氮量的增加呈增加趋势(表2)。由于资源不足,在小麦中使用低氮肥可以促进作物的生理活动,从而缩短生长期之间的间隔。未施氮肥的地块记录了短抽穗天数,而施氮量为184 kg N ha<sup>-1</sup>的地块则记录了最长抽穗天数。与结果一致,<sup>[24]</sup>报告称,当小麦和大麦产量以最高施氮量而非最低施氮量施氮时,抽穗天数显著延迟。这可能是由于较高的氮素速率比生殖部分促进更多的营养生长和更大的光合作用。与此结果一致,<sup>[25]</sup>表明氮肥施用量对小麦抽穗天数有显著影响。

##### 3.1.2 到期日

结果表明,品种和氮肥用量对90%生理成熟度的主要影响极显著(p<0.001)。相反,氮肥用量和品种的交互作用对90%生理成熟度的天数没有显示出任何显著影响(表2)。与品种Lemu相比,品种Wane的成熟时间更短(表2)。同样重要的是要注意,成熟度的差异可能是由作物生长阶段遗传和环境因素的综合影响造成的。随着N利率的增加,到期日持续增加。最短和最长的成熟日分别记录为0和184 kg ha<sup>-1</sup> N。这可能是由于氮的作用,它增加了作物的营养生长,从而延迟了成熟时间。结果得到了<sup>[26]</sup>的证实,他们表示,随着N利率的增加,到期日线性增加。这一结果与<sup>[25]</sup>的报告一致,他指出,氮肥用量显著影响小麦的成熟天数。

##### 3.1.3 谷物灌浆期

灌浆期的天数受氮肥用量、品种及其相互作用的主要影响显著(p<0.001)(图3)。与品种Lemu相比,品种Wane的灌浆时间更短(图3)。籽粒灌浆的差异可能是由于作物生长期抽穗天数和成熟天数的综合影响造成的。灌浆期的最长天数是在较高的氮肥用量下,品种Lemu比Wane分别为138和184 kg ha<sup>-1</sup>(图3)。尽管变异性很小,但随着氮肥用量的增加,这两个品种在籽粒灌浆日数方面表现出一致的增加趋势。184 kg N ha<sup>-1</sup>处理需要大约7天的时间,而Lemu品种的灌浆需要77天;而与对照相比,具有相似处理的Wane品种有五天的差异(图3)。这一结果与<sup>[27]</sup>的结果一致,他指出,随着小麦氮素含量的增加,籽粒灌浆期呈稳定增长趋势。

Wakene 等人<sup>[28]</sup>还报道, 施氮显著延长了大麦抽穗、成熟和灌浆期的天数。

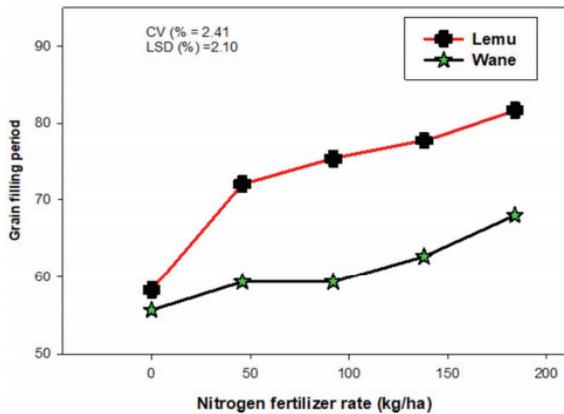


图3 氮素和品种对灌浆天数的交互作用

### 3.2 生长和产量构成

#### 3.2.1 植株高度

植株高度受氮肥用量和品种的影响极显著 ( $P < 0.001$ ), 但它们之间的相互作用不显著 (表2)。这一结果与<sup>[29]</sup>的结果相似, <sup>[29]</sup>报告了四个面包小麦品种之间的相互作用, 五个氮剂量显示不显著。品种Lemu的株高 (98.6 cm) 高于Wane (96.7和94.7 cm) 品种 (表2)。这种变异可能与品种的固有特性有关。植株高度随施氮量的增加而不断增加。与此结果一致<sup>[29]</sup>还表明, 随着氮水平从对照水平增加到最高氮水平, 植株高度增加。最高株高记录在最高施氮量为  $184 \text{ kg ha}^{-1}$  的处理中, 而最短株高记录于不施氮的地块中。Tayebeh 等人<sup>[30, 27]</sup>也报告了由于施氮量高, 植株高度显著增加。

#### 3.2.2 尖峰长度

穗长受氮、品种及其相互作用的显著影响 (图4)。氮速率和品种互作效应的结果表明, Lemu品种最长穗长 (9.33cm) 为  $92 \text{ kg N ha}^{-1}$ , Wane品种为  $138 \text{ kg N ha}^{-2}$  (7.13cm)。Lemu的穗长随施氮量的增加而增加, 从0增

加到  $92 \text{ kg ha}^{-1}$ 。但在Lemu品种的92和  $138 \text{ kg ha}^{-1}$  N率之间没有观察到统计差异 (图4)。这些结果证明, 超过最佳施肥量的氮肥对小麦穗长没有显著影响。与这些结果一致, <sup>[25]</sup>报道了最佳施肥量对穗长生长有显著影响。同样, <sup>[31]</sup>报告说, 过量施用氮肥会对小麦生长产生毒性影响, 导致生长迟缓和穗长缩短。

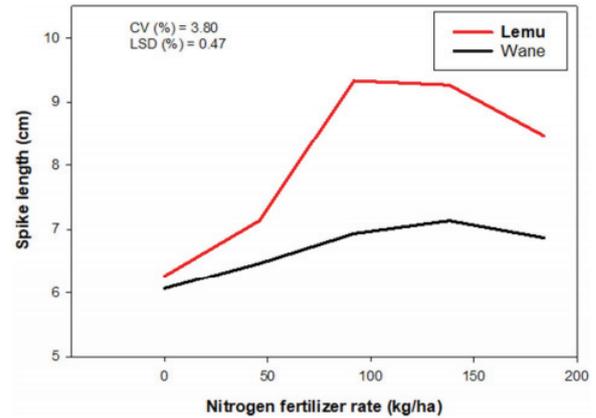


图4 氮和品种对穗长的交互作用

#### 3.2.3 有效分蘖数

有效分蘖数受氮肥用量和品种显著影响 ( $p < 0.001$ ), 但它们的相互作用不显著 (表2)。与此生长参数相对应, 品种Lemu的表现优于品种Wane (表2)。作物对有效分蘖数的响应在  $92 \text{ kg N ha}^{-1}$  时更高, 但剩余氮肥用量的趋势不一致 (表2)。有效分蘖数最低的是对照组; 这可能与氮在促进植物营养生长中的作用有关。该结果与<sup>[32]</sup>的结果一致, 他报告说, 随着氮肥的施用, 有效分蘖的数量增加。Bereket 等人<sup>[33, 34]</sup>还指出, 氮肥对小麦有效分蘖数有显著影响。

#### 3.2.4 每穗粒数

由于品种和氮肥用量的主要影响, 每穗粒数受到显著影响, 但不受其相互作用的影响 (表2)。品种Lemu的每穗粒数 (54.6) 高于Wane (53.4) (表2)。这可能是,

表2 品种和施氮量对抽穗天数、成熟天数、株高、可育分蘖植株和地上生物的主要影响

Treatment	Days to heading	Days to maturity	Plant height (cm)	Fertile tillers plant <sup>-1</sup>	Grains spike <sup>-1</sup>	Aboveground biological yield (t ha <sup>-1</sup> )
Variety						
Lemu	146.0 <sup>a</sup>	146.0 <sup>a</sup>	98.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	54.6 <sup>a</sup>	19.7a
Wane	134.7 <sup>b</sup>	134.7 <sup>b</sup>	96.7 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>	53.4 <sup>b</sup>	18.8b
LSD (%)	0.7	0.7	0.6	0.1	0.8	0.5
N rates (kg ha <sup>-1</sup> )						
0	132.8 <sup>c</sup>	132.8 <sup>c</sup>	95.0 <sup>d</sup>	4.3 <sup>d</sup>	48.5 <sup>d</sup>	15.9c
46	136.7 <sup>d</sup>	136.7 <sup>d</sup>	96.8 <sup>c</sup>	4.7 <sup>c</sup>	52.6 <sup>c</sup>	18.7b
92	140.2 <sup>c</sup>	140.2 <sup>c</sup>	98.2 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	57.4 <sup>a</sup>	20.3a
138	144.0 <sup>b</sup>	144.0 <sup>b</sup>	99.0 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>b</sup>	56.5 <sup>a</sup>	20.4a
184	148.2 <sup>a</sup>	148.20 <sup>a</sup>	99.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>c</sup>	55.0 <sup>b</sup>	21.1a
LSD (5%)	1.1	1.1	1	0.2	1.3	0.8
CV (%)	0.7	0.7	1.1	3.1	1.9	3.6

Means followed by the same letter(s) within a column are not significantly different from each other at 5% level of significance.

表明品种 Lemu 在遗传上优于 Wane 的这一参数特性。结果表明, Lemu 品种的穗长明显高于 Wane 品种。与此结果类似, 据了解, 穗长对小麦朝着籽粒穗和最终产量方向起着至关重要的作用<sup>[35]</sup>。92 和 138 kg ha<sup>-1</sup> 的氮速率彼此相似, 但与其他处理显著不同(表 2)。对照组的穗粒数低于施肥组。籽粒穗的数量从 0 增加到 92 kg N ha<sup>-1</sup>, 然后从 138 减少到 184 kg N ha<sup>-2</sup>。尽管存在这种差异, 从施用 92 kg N ha<sup>-1</sup> 的地块获得的最高籽粒穗(57.4)(表 2)。结果与<sup>[36]</sup>的结果一致, 他指出, 将施氮量增加到最佳水平显著增加了籽粒穗数。

### 3.2.5 地上生物产量

氮素的主效应和品种均显著影响地上生物产量(AGBY), 但它们的交互作用不显著(表 2)。AGBY 随施氮量的增加而增加, 因此, 最低和最高值分别从对照地块(15.9 t ha<sup>-1</sup>)和接受 184 kg N ha<sup>-1</sup>(21.1 t ha<sup>-1</sup>)的地块获得(表 2)。在接受 184 kg N ha<sup>-1</sup> 的处理时记录的最大 AGBY 与从 138 和 92 kg N ha<sup>-2</sup> 获得的 AGBY 没有显著差异(表 2)。尽管 AGBY 的增加与氮肥用量的增加相一致, 但施氮量超过 92 kg N ha<sup>-1</sup> 并没有反应。在较高的剂量下, 氮增加了植物的营养生长和参数, 如株高、穗长、每穗种子数、可育分蘖数和谷物产量, 这些参数有助于 AGBM 的增加。这一结果与<sup>[37]</sup>的研究结果一致,<sup>[37]</sup>指出, 无论品种如何, 氮水平的增加都会增加总干物质。施氮量显著改善了小麦的地上生物<sup>[38]</sup>。另一方面, Lemu 品种比 Wane 品种具有 8.5% 的 AGBM 优势。这种差异可能归因于 Lemu 品种的生长和产量组成部分的生产力较高。与<sup>[12]</sup>的这一结果一致, 他们报告说, 面包小麦在生长和产量表现方面优于其他小麦, 这可能与更好的遗传产量潜力和更高的氮吸收效率有关。

## 4. 结论

试验结果表明, 抽穗天数、成熟天数、株高、有效分蘖数、穗粒数和地上生物产量受品种主效应和氮肥水平的显著影响。鉴于品种、施氮量及其相互作用的主要影响显著影响灌浆期的天数和穗长。根据本研究结果, 在试验地点, Wane 品种比 Lemu 品种抽穗、成熟和灌浆期更短, 而 Lemu 则比 Wane 品种更高, 分蘖更有效, 每穗粒数更多, 地上生物产量更好。另一方面, 在最高施氮量(184 kg ha<sup>-1</sup>)下, 抽穗和成熟的最长天数显著增加。两个品种的灌浆期天数均随施氮量的增加而增加。Lemu 和 Wane 品种的峰值穗长分别在施氮量为 92 和 138 kg ha<sup>-1</sup> 时记录。极端地上生物产量以峰值 N 速率 184 kg ha<sup>-1</sup> 记录, 并与 92 和 138 kg N ha<sup>-1</sup> 显著持平。

总的来说, 根据所研究的农艺参数, 可以得出结论, 不同品种对不同施氮水平的反应不同。

## 致谢

我要感谢埃塞俄比亚农业研究所和库卢姆萨农业研究中心为开展这项研究提供研究资金和后勤支持。

## 参考文献:

- [1] FAO (Food and Agriculture Organization) (2019). Strategic analysis and intervention plan for wheat and wheat products in the Agro-Commodities Procurement Zone of the pilot Integrated Agro-Industrial Park in Central-Eastern Oromia, Ethiopia. FAO, Addis Ababa.
- [2] CSA (Central Statistical Agency) (2021). The Federal Democratic Republic of Ethiopia Central Statistical Agency Agricultural Sample Survey. Volume I, report on area and production of major crops, statistical bulletin 590.
- [3] USDA, 2020. The Foreign Agricultural Service (FAS) updates its production, supply and distribution (PSD) database for cotton, oilseeds, and grains Foreign Agricultural Service/Global Market Analysis. USDA, Washington.
- [4] Fanuel L, Kibebew K, Hailu S (2018). Potassium (K) to Magnesium (Mg) ratio, its spatial variability and implications to potential mg-induced k deficiency in nitisols of Southern Ethiopia. *Agric Food Secur* 7: 13. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0165-5>.
- [5] Ayele, A., Haj, J., & Tegegne, B. (2019). Technical efficiency of wheat production by smallholder farmers in Soro district of Hadiya zone, southern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 13 (2), 113-120.
- [6] Abate, G. T., Bernard, T., de Brauw, A., & Minot, N. (2018). The impact of the use of new technologies on farmers' wheat yield in Ethiopia: evidence from a randomized control trial. *Agricultural Economics*, 49 (4), 409-421.
- [7] Bishaw, Z., & Alemu, D. (2017). Farmers' perceptions on improved bread wheat varieties and formal seed supply in Ethiopia. *International Journal of Plant Production*, 11 (1), 117-130.
- [8] Tefera, A. (2012). Ethiopia grain and feed annual report, gain report number: ET 1201.
- [9] Demeke, M., & Di Marcantonio, F. (2019). Analysis of incentives and disincentives for wheat in Ethiopia. *Gates Open Res*, 3 (419), 419.
- [10] Fikre, A. (2016). Unraveling valuable traits in

Ethiopian grain legumes research hastens crop intensification and economic gains: A review. *Universal Journal of Agricultural Research*, 4 (5), 175–182.

[11] Habte, Z., Legesse, B., Haji, J., & Jeleta, M. (2016). Supply analysis in wheat industry: contributions of value chain analysis in Ethiopia: Cases from Arsi and East Shewa Zones in Oromia National and Regional State (No. 310–2016–5439).

[12] Zemichael, B., Dechassa, N., & Abay, F. (2017). Yield and nutrient use efficiency of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by time and rate of nitrogen application in Enderta, Tigray, Northern Ethiopia. *Open Agriculture*, 2 (1), 611–624.

[13] Dercon, S., & Hill, R. V. (2009, October). Growth from agriculture in Ethiopia: Identifying key constraints. In IFPRI' s ESSP-II policy conference 'Accelerating agricultural development, economic growth and poverty reduction in Ethiopia', Hilton Hotel, Addis Ababa (pp. 22–24).

[14] Hawkesford, M. J., Araus, J. L., Park, R., Calderini, D., Miralles, D., Shen, T.,... & Parry, M. A. J. (2013). Prospects of doubling global wheat yields. *Food and Energy Security* 2 (1): 34–48.

[15] Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B., & Gallais, A. (2007). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of experimental botany*, 58 (9), 2369–2387.

[16] Huang, N. E. (2014). Hilbert–Huang transform and its applications (Vol. 16). World Scientific.

[17] Gomez, K. A., & Gomez, H. (1984). Statistical analysis for agricultural research. John Willy and Sons Inc, 120–155.

[18] Azlan, A., Aweng, E. R., Ibrahim, C. O., & Noorhaidah, A. (2012). Correlation between soil organic matter, total organic matter and water content with climate and depths of soil at different land use in Kelantan, Malaysia. *Journal of applied sciences and environmental management*, 16 (4).

[19] Tadesse, T., Haque, I., & Aduayi, E. A. (1991). Soil, plant, water, fertilizer, animal manure & compost analysis manual.

[20] Goulding, K. W. T. (2016). Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil use and management*, 32 (3), 390–

399.

[21] Landon, J. R. (2014). *Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics*. Routledge.

[22] Hazelton, P., & Murphy, B. (2016). *Interpreting soil test results: What do all the numbers mean?*. CSIRO publishing.

[23] Abdulkerim, J., Tana, T., & Eticha, F. (2015). Response of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to seeding rates at Kulumsa, South Eastern Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences*, 14 (2), 50.

[24] Fisseha, G. (2004). *Soil characterization and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) response to N and P fertilization* (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis, Aemaya University, Alemaya, Ethiopia).

[25] Abebe, B., & Manchore, M. (2016). Effect of the rate of N fertilizer application on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) at Chenchu, Southern Ethiopia. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 6 (3), 168–175.

[26] Bergene, T., & Balcha, A. (2016). Effect of Nitrogen Rates and Varieties on Grain Yield and Nitrogen Use Efficiency of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Greener Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 4 (4), 081–086.

[27] Sofonyas, D. T., & Lemma, W. (2016). Response of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Application of Slow Releasing Nitrogen Fertilizer in Tigray, Northern Ethiopia (Doctoral dissertation, Harmaya University).

[28] Tigre, W., Worku, W., & Haile, W. (2014). Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer levels on growth and development of barley (*Hordeum vulgare* L.) at Bore District, Southern Oromia, Ethiopia. *American Journal of Life Sciences*, 2 (5), 260–266.

[29] Hussain, I., Khan, M. A., & Khan, E. A. (2006). Bread wheat varieties as influenced by different nitrogen levels. *Journal of Zhejiang University Science B*, 7 (1), 70–78.

[30] Abedi, T., Alemzadeh, A., & Kazemeini, S. A. (2011). Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing. *Australian Journal of Crop Science*, 5 (3), 330–336.

[31] Smith, D. L., & Hamel, C. (1999). *Crop yield: Physiological processes*. Springer–Verlag, Germany.

[32] Malghani, A. L., Malik, A. U., Sattar, A., Hussain, F.,

Abbas, G., & Hussain, J. (2010). Response of growth and yield of wheat to NPK fertilizer. *Sci. Int. (Lahore)*, 24 (2), 185–189.

[33] Haileselassie, B., Habte, D., Haileselassie, M., & Gebremeskel, G. (2014). Effects of mineral nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and nutrient utilization of bread wheat (*Triticum aestivum*) on the sandy soils of Hawzen District, Northern Ethiopia. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 3 (3), 189–198.

[34] Gharekand, J. A., Hashemi-majd, K., Mosavi, S. B., Feiziasl, V., & Jafarzadeh, J. (2012). Effects of fall nitrogen rates on rainfed bread wheat yield and yield components in drought condition. *International Research Journal of Applied and Basic Science*, 3 (11), 2195–10.

[35] Shahzad, M. A., Sahi, S. T., Khan, M. M., & Ahmad, M. (2007). Effect of sowing dates and seed treatment on grain

yield and quality of wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences (Pakistan)*.

[36] Abedi, T., Alemzadeh, A., & Kazemeini, S. A. (2010). Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat. *Australian journal of crop science*, 4 (6), 384–389.

[37] Alam, M. Z., & Haider, S. A. (2006). Growth attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in relation to different doses of nitrogen fertilizer. *Journal of Life and Earth Sciences*, 1 (2), 77–82.

[38] Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y., & Duan, A. (2020). Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water–nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 231, 106002.