مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 40 العدد 2 (2024): 219-232

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 40 No.2 (2024): 219-232

دور موعد التسميد الآزوتي والكثافة النباتية في بعض مكونات الغلة الحبية في الذرة البيضاء في محافظة دمشق

فريال المحمد العيسى[1]، د. يوسف نمر[2]

[1] طالبة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

[2] أستاذ مساعد في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

الملخص:

نُفِذَت الدراسة في مزرعة أبي جرش بكلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسم الزراعي 2021، بهدف دراسة استجابة محصول الذرة البيضاء لثلاث كثافات نباتية (50000، 66666، 100000) نبات.هكتار$^{-1}$ وثلاثة مواعيد مختلفة لإضافة السماد الآزوتي (كامل كمية السماد الآزوتي عند الإنبات، إضافة نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الآخر في منتصف النمو الخضري، إضافة ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار)، اعتماداً على بعض الصفات الشكلية والإنتاجية: ارتفاع النبات (سم)، وزن العثكول (غ)، الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$)، الغلة من الوزن الجاف (طن.هكتار$^{-1}$)، دليل الحصاد (%)، وقد بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية في جميع الصفات المدروسة بين معاملات الكثافة النباتية، حيث أدت الزراعة بالكثافة العظمى (100) ألف نبات.هكتار$^{-1}$ إلى الحصول على أعلى ارتفاع للنبات (244.2) سم وأعلى غلة حبية (2248) كغ.هكتار$^{-1}$ وأعلى غلة من الوزن الجاف (68) طن.هكتار$^{-1}$ مقارنةً بالزراعة بالكثافة المنخفضة (50) ألف نبات.هكتار$^{-1}$ والتي تفوقت في صفتي وزن العثكول ودليل الحصاد، كما تبين النتائج وجود فروقات معنوية بين مواعيد إضافة السماد الآزوتي فقد أدت إضافة السماد الآزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات إلى الحصول أعلى وزن للعثكول والغلة الحبية ودليل الحصاد مقارنة بإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة، في حين لم تؤثر في صفة الغلة من الوزن الجاف، بالإضافة لوجود فروقات معنوية في التفاعل بين معاملات الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي حيث أدت الزراعة بالكثافة العظمى وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين إلى الحصول على أعلى ارتفاع للنبات وأعلى غلة من الوزن الجاف وكانت الغلة الحبية الأعلى عند الزراعة بالكثافة العظمى وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات وبدون فروق معنوية بينهما.

الكلمات المفتاحية: ذرة بيضاء، الكثافة النباتية، توقيت إضافة السماد الآزوت.

تاريخ الايداع:2022/9/4
تاريخ القبول: 2022/10/19

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

ISSN: 2789-7214 (online)
http://journal.damascusuniversity.edu.sy

Effect of Application Time of Nitrogen Fertilizer and Plant Density on Some Grain Yield Components of Sorghum in Damascus Governorate

Ferial Al mohammed Al issa[1], Dr. Youssef nemer[2]
[1] MSc. Student, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University.
[2]Associate Prof. at Field Crops Dept., Faculty of Agriculture, Damascus University.

Abstract:
This study was carried out in Abi Jarash farm, Faculty of Agriculture, Damascus University, during the 2021 agricultural season, to study the response of the sorghum crop to three plant densities (50000, 66666,100000) plants.ha^{1-} and three different dates for adding nitrogen fertilizer (the full amount of nitrogen fertilizer upon germination, adding the half amount of nitrogen fertilizer at germination and the other half in the middle of vegetative growth, adding one-third of the amount of nitrogen fertilizer at germination and the second third in the mid of vegetative growth and the last third at flowering) depending on some formal and productive characteristics: plant height (cm), panicle weight (g), grain yield (kg.ha^{1-}), the yield from dry weight (t.ha^{1-}), harvest index (%). Results of the statistical analysis showed that there were significant differences in all the studied characteristics between plant density treatments, where cultivation by the maximum density (100 thousand) plants.ha^{1-} to obtain the highest plant height (244.2) cm and the highest grain yield (2248) kg.ha^{1-} and the highest yield of dry weight (68) t.ha^{1-} compared to low-density cultivation (50 thousand) plants.ha^{1-}, which excelled in the two characteristics of the weight of the panicle and the harvest index. The results also show that there are significant differences between the dates of adding the nitrogen fertilizer, as the addition of the nitrogen fertilizer in two and three batches led to obtaining the highest
weight of panicle, grain yield, and harvest index compared to adding the nitrogen fertilizer in one batch, while it did not affect the yield characteristic of dry weight, in addition, There were significant differences in the interaction between plant density factors and the timing of adding nitrogen fertilizer, as planting with the most density and adding nitrogen fertilizer in two batches led to obtaining the highest plant height and the highest yield of dry weight with no significant differences between them.

Keywords: Sorghum, Plant Density, Application Time, Nitrogen Fertilizer

Received: 4/9/2022
Accepted: 19/10/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة:

تُعدُّ محاصيل الحبوب الأهمّ زراعياً على مستوى العالم، حيث تُؤمن 70% من غذاء سكان العالم، وتضم محاصيل الحبوب المزروعة في سورية محاصيل عدة منها: القمح Wheat، الشعير Barley، الشوفان Oats، الذرة الصفراء Zea mays، الذرة البيضاء Sorghum، يزرع منها في القطر بشكلٍ اقتصادي كل من محصولي القمح والشعير فقط، أما المحاصيل الأخرى كالذرة البيضاء فإنها تزرع هامشياً رغم أنَّ هناك أبحاث عديدة في العالم تشير إلى أهميتها خاصةً في البيئات الجافة.

تحتل الذرة البيضاء (*Sorghum bicolor* L.) المرتبة الخامسة ضمن لائحة المحاصيل الحبية في العالم، بعد كل من المحاصيل الآتية: القمح (*Triticum* spp.)، والرز (*Oryza sativa* L.)، والذرة الصفراء (*Zea mays* L.)، والشعير (*Hordeum vulgare* L.) (العاني،2011،79).

تحتوي حبوب الذرة البيضاء على نسبةٍ تقدر بنحو 65% من النشاء ونحو10–12 % بروتين، و3% دهون، فضلاً عن احتوائه على الفيتامينات والأملاح والمعادن الضرورية لنمو الجسم (Dambiwal *et al.*،2017،435)، وتتجلى أهميته الاقتصادية الكبرى أنّه الغذاء الرئيس لمئات الملايين من البشر في الدول النامية، فهو محصول غذائي لنحو 750 مليون إنسان في المناطق شبه الجافة من العالم (Ryan *et al.*،1982) بالإضافة إلى استخدام الحبوب غذاءً للحيوان كاملةً أو مجروشة كونها مصدر جيد للطاقة كما يدخل محصول الذرة البيضاء في العديد من المجالات الصناعية، كصناعة النشاء والكحول وسكر الغلوكوز، وتصنع المكانس من نورة أصناف ذرة المكانس.

تعد الكثافة النباتية أحد العوامل المهمة في تحديد قابلية المحصول على استثمار الموارد المتاحة لنمو النباتات ويعتمد تحديد المسافات الزراعية بين النباتات والتي تحقق الكثافة المثلى على عدة عوامل منها طبيعة نمو المحصول، وموعد الزراعة، وخصوبة التربة فضلاً عن الظروف البيئية التي يزرع فيها المحصول (Abdul Rehman،2009).

يظهر دور الكثافة النباتية المناسبة من خلال تأمين تحسين البيئة المناسبة للنبات ومقدرته على التمثيل الضوئي، ودورها أيضاً في تأخير أو تبكير شيخوخة الأوراق (Dong *et al.*،2017،138)، والذي سيزيد من تراكم الكتلة الحيوية للجزء النباتي فوق سطح التربة بنسبة (22–33%) (Wang *et al.*،2015،42)، كما وتُحسّن من كفاءة استخدام الضوء وبالتالي العمليات الفسيولوجية في النبات وهذا كله ينعكس ايجاباً على حجم الكتلة الحيوية (Yao *et al.*،2015،39). ويعزى انخفاض قيمة دليل الحصاد هنا إلى أن إضافة الآزوت على دفعة واحدة انعكس سلباً على نمو النبات واستمرارية عمل مسطح التركيب الضوئي في المراحل المتأخرة من حياة النبات نتيجة غسل هذا العنصر مع مياه الري فانخفضت كمية المادة الجافة المتشكلة ما سبب انخفاض قيم الغلة الحبية مقارنة مع الغلة الحيوية فانخفضت نتيجة ذلك قيمة دليل الحصاد.

وجد Adrian وزملاؤه (2017، 203) أن زيادة الكثافة النباتية في محصول الذرة البيضاء من 22 الى 34 نبات.م$^{-2}$ في محصول الذرة البيضاء أدى زيادة في الكتلة الحيوية حيث أعطت الكثافة 34 نبات.م$^{-2}$ أعلى غلة حيوية (35.38 طن.هكتار$^{-1}$) في حين كانت الأدنى (31.4 طن.هكتار$^{-1}$) عند الكثافة 22 نبات.م$^{-2}$.

أشار Andre وزملاؤه (2016، 434) أنّ زيادة الكثافة النباتية من 80000 إلى 140000 نبات.هكتار$^{-1}$ أدت إلى انخفاض عدد الأوراق وارتفاع النبات وعدد الإشطاءات في النبات والغلّة الحيوية (من 180.27 إلى 114.42) طن.هكتار$^{-1}$ في نباتات الذرة البيضاء.

درس Dembele وزملاؤه (2020، 4705) في تجربة لدراسة استجابة ثمانية أصناف من الذرة البيضاء لكثافتين نباتيتين (26666، 53333)نبات.هكتار$^{-1}$ وثلاث معدلات للتسميد الآزوتي في مالي، ووجد ان الكثافة النباتية قد اثرت في غلة الحبوب ومكوناتها وقد تباينت قيم كل من مؤشر الكلوروفيل، ومؤشرات النمو، والعائد من القش وعدد ووزن العثاكيل بوحدة المساحة، ووزن الألف حبة، أدت الكثافة النباتية النباتية 53333 نبات.هكتار$^{-1}$ إلى الحصول على أعلى غلة حبية (6611 كغ.هكتار$^{-1}$)، في حين أعطت الكثافة النباتية 26666 نبات.هكتار$^{-1}$ أعلى قيمة لصفة وزن الألف حبة 22.9 غ.

وجد Porfiro وزملاؤه (2021) في دراسة لتأثير ثلاث كثافات زراعية (50000،100000،150000) نبات.هكتار$^{-1}$ أن الزراعة بالكثافة (50000) نبات.هكتار$^{-1}$ أعطى أعلى القيم لكل من ارتفاع النبات (303 سم)، والغلة الحيوية الرطبة (86.491 كغ.هكتار$^{-1}$)، والغلة الحيوية الجافة (22.946 كغ.هكتار$^{-1}$) مقارنة بالزراعة بالكثافة 150000 نبات.هكتار$^{-1}$ التي أعطت أعلى قيمة لمتوسط قطر الساق (28.69 ملم)، في حين أعطت الكثافة 100000 نبات.هكتار$^{-1}$ أعلى قيمة لمحتوى الحبوب من البروتين 72.1% والليجنين 131.1%.

أشار Mekdad وزملاؤه (2016، 1009) أن زيادة الكثافات النباتية من 111000 إلى 166000 نبات.هكتار$^{-1}$ قد أثرت في صفات النمو والغلة في محصول الذرة البيضاء حيث أعطت الكثافة 166000 نبات.هكتار$^{-1}$ أعلى غلة حبية (2.38 طن.هكتار$^{-1}$)، وارتفاع للنبات (2.28 م) مقارنةً بالزراعة بالكثافة 111000 نبات.هكتار$^{-1}$ والتي أعطت أعلى قيمة لمتوسط طول العثكول (37.87 سم)، ووزنه (0.15 كغ)، ووزن الألف حبة (26.64 غ).

بينت النتائج التي توصل إليها Sahu وزملاؤه (2018، 2098) من خلال دراسة تأثير الكثافة النباتية (11.11، 13.33 نبات.م$^{-2}$) في محصول الذرة البيضاء أن الكثافة النباتية أثرت في كل من الغلة الحبية، والغلة الحيوية الخضراء، والغلة الحيوية الجافة، وعدد الحبوب ضمن العثكول، ووزن العثكول، ومعامل الحصاد، حيث تفوقت الكثافة النباتية 13.33 نبات.م$^{-2}$ معنوياً في صفات الغلة الحبية والغلة الحيوية الخضراء (25.77 طن.هكتار$^{-1}$) والغلة الحيوية الجافة (6.5 طن.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الكثافة الأخرى، في حين تفوقت الكثافة النباتية 11.11 نبات م$^{-2}$ معنوياً في صفة عدد من الحبوب في العثكول (1421.2 حبة)، ووزن العثكول (23.4 غ)، والغلة الحبية من النبات الواحد (19.97) كغ، ودليل الحصاد (19.38)%.

أوضح Hussein وزملاؤه (2021، 4455) من خلال دراسة تأثير ثلاث كثافات نباتية (83333، 71420، 53333) نبات.هكتار$^{-1}$ في غلة الذرة البيضاء أن اختلاف الكثافات النباتية أثر معنوياً في جميع الصفات المدروسة، حيث أعطت الكثافة 83333 نبات.هكتار$^{-1}$ أعلى القيم في صفة عدد أيام اللازمة للإزهار (70.77 يوم)، وصفة ارتفاع النبات (163.22 سم) في حين أعطت الكثافة النباتية 53333 نبات.هكتار$^{-1}$ أعلى القيم لكل عدد الإشطاءات في النبات (11.67)، وعدد الأوراق على النبات (11.76)، والمساحة الورقية (4095.89 سم^{2}).

يمكن لإضافة الأسمدة الآزوتية على دفعات أن تؤدي دوراً مهماً في استراتيجية إدارة العناصر المغذية وأن تكون منتجة ومربحة وغير مضرة بيئياً، وفي تعزيز كفاءة العناصر المغذية وزيادة الغلّة والتخفيف من فقدان الآزوت عن طريق الرشح وما ينتج عنه من ضرر بيئي للمياه الجوفية (Mengel *et al.*،2001، 397).

وجد Abera وزملاؤه (2021، 598) من خلال تجربة لدراسة تأثير مواعيد إضافة السماد الآزوتي (نصف كمية السماد الآزوتي عند الزراعة والنصف الثاني عند منتصف النمو الخضري، نصف كمية السماد الآزوتي عند منتصف النمو الخضري والنصف الثاني عند الإزهار، ثلث كمية السماد الآزوتي عند الزراعة والثلث الثاني عند منتصف النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار)

في محصول الذرة البيضاء ووجدوا أن توقيت إضافة السماد الآزوتي كان له تأثير معنوي في صفات النمو والغلة حيث أن إضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات أعطى أعلى قيمة لكل من عدد الأيام اللازمة للإزهار (68.78)، ومعامل المساحة الورقية (2.86)، وطول العثكول (24.72) سم ووزنه (83.44) غ، والغلة الحبية (4635) كغ.هكتار$^{-1}$، ووزن الألف حبة (44.67) غ، ومعامل الحصاد (0.45) مقارنة بإضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الآزوتي عند منتصف النمو الخضري والنصف الثاني عند الإزهار) والتي أعطت أعلى قيمة لكل من عدد الأيام اللازمة للنضج (109.9)، والغلة الحيوية (10142) كغ.هكتار$^{-1}$، أما أعلى قيمة لمتوسط ارتفاع النبات فقد كانت عند إضافة نصف كمية السماد الآزوتي عند الزراعة والنصف الثاني عند منتصف النمو الخضري (162.02) سم.

أظهرت نتائج Melakua وزملاؤه (2017، 480) عند دراسة تأثير مواعيد التسميد الآزوتي (كامل كمية السماد الآزوتي عند الإنبات، كامل كمية السماد الآزوتي في مرحلة النمو الخضري، نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري) أنّ إضافة السماد الآزوتي على دفعتين نصف عند الزراعة والنصف الآخر خلال مرحلة النمو الخضري أعطى زيادة في الغلة بنسبة 15–19 % بالمقارنة مع إضافته دفعة واحدة وقت الزراعة وذلك بسبب فقد الازوت مع مياه الري عند إضافته على دفعة واحدة عند الزراعة، كما أدّى الى زيادة في طول العثكول بنحو 8–20% والذي يعد واحداً من المؤشرات الإنتاجية المهمة في الذرة الرفيعة، كما تأثر عدد الإشطاءات في النبات أيضاً بموعد إضافة الأسمدة، حيث ازداد عدد الإشطاءات بمعدّل 1.4 – 1.7 أضعاف مقارنة بتطبيق الأسمدة على دفعة واحدة، وزيادة في ارتفاع النبات، وعدد الحبوب ضمن العثكول ووزن الألف حبة. وساهم أيضاً في تقصير فترة نضج المحصول بحدود 37–40 يوماً وبالتالي تجنب تعرض النباتات للإجهادات البيئية المختلفة.

مواد وطرائق البحث:

2–1– موقع الدراسة وتصميم التجربة:

نفذت التجربة في مزرعة أبي جرش في كلية الزراعة بجامعة دمشق، والتي تقع على خط عرض(33.537) شمالاً وخط طول(36.319) غرباً، وارتفاع 743 متر عن سطح البحر، تتأثر هذه المنطقة بمناخ متوسطي قاري، وأمطارها شتوية ذو معدل سنوي يقارب 208 ملم. استخدم في الدراسة صنف الذرة البيضاء عماني محلي. تم القيام بعمليات الحراثة وإضافة الأسمدة حسب التوصيات الموصى بها من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، ثم الزراعة بتاريخ 27 حزيران 2021 حسب معاملات الكثافة النباتية المدروسة.

صممت التجربة وفق القطاعات العشوائية الكاملة Randomized Complete Block Design (R.C.B.D) بترتيب القطع المنشقة، وتضمنت ثلاث معاملات للكثافة النباتية وثلاث معاملات لتوقيت إضافة السماد الآزوتي. وبثلاثة مكررات وذلك لموسم نمو واحد.

2-2- المعاملات المدروسة:

تمت دراسة المعاملات الآتية:

أ- معاملات الكثافة النباتية:

- 100000 نبات.هكتار$^{-1}$
- 66666 نبات.هكتار$^{-1}$
- 50000 نبات.هكتار$^{-1}$

ب - توقيت إضافة السماد الآزوتي:

- كامل كمية السماد الآزوتي عند الزراعة
- نصف كمية السماد الآزوتي عند الزراعة + نصف في مرحلة استطالة الساق
- ثلث كمية السماد الآزوتي عند الزراعة+ ثلث خلال مرحلة النمو الخضري+ ثلث عند الإزهار

2-3- المعطيات المناخية:

تم الحصول على متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى لأشهر موسم 2021 من المحطة المناخية الموجودة ضمن مزرعة أبي جرش.

الجدول (1): درجات الحراة العظمى والصغرى لأشهر موسم 2021 ($^{\circ}$c)

الشهر	درجة الحرارة الصغرى ($^{\circ}$c)	درجة الحرارة العظمى($^{\circ}$c)
كانون الثاني	4.5	13.7
شباط	3.4	11.4
آذار	5	14.7
نيسان	9.7	22.9
أيار	15.5	31.4
حزيران	16.9	33.6
تموز	18.8	35.7
آب	18.6	37.3
أيلول	16	32.4
تشرين الأول	13	28.5
تشرين الثاني	8	19.4
كانون الأول	4.3	12.4

2-4- تحديد خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية:

تم إجراء التحليل الكيميائي لتربة موقع الدراسة لمعرفة نسب العناصر الأساسية فيها وتحديد مدى خصوبتها، كما أجريت عمليات التحليل الفيزيائي (الميكانيكي) لمعرفة قوام التربة. يبين الجدول (2) أن التربة لومية مرتفعة المحتوى من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والمادة العضوية والوسط قلوي ضعيف.

الجدول (2): خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة

المؤشر	التحليل الميكانيكي			الخصائص الكيميائية					
	رمل (%)	سلت (%)	طين (%)	N (%)	P_2O_5 (ppm)	K (ppm)	pH	ECe ($ds.m^{-1}$)	المادة العضوية (%)
القيمة	29.8	30.95	39.25	0.14	175	250	8.10	0.45	2.21
الوصف	تربة لومية طينية			مرتفع	مرتفع	مرتفع	قلوي	طبيعية	مرتفعة

المصدر: قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق

2-5- طريقة الزراعة:

تم اجراء ثلاثة فلاحات (الأولى عميقة 25–30 لقلب والثانية على عمق 18–20 والثالثة سطحية لتنعيم وتسوية سطح التربة) وتمت إضافة الأسمدة المعدنية (N.P.K) حسب الكميات الموصى بها من قبل وزارة الزراعة وهي سماد عضوي بمعدل 20 طن.هكتار$^{-1}$، سماد بوتاسي (سلفات بوتاسيوم) بمعدل 140 كغ. هكتار$^{-1}$، سماد فوسفوري (سوبر فوسفات) بمعدل 140 كغ.هكتار$^{-1}$ وسماد آزوتي (يوريا) بمعدل 160 كغ.هكتار$^{-1}$.

تم تقسيم الأرض إلى قطع تجريبية حيث تمت الزراعة بثلاثة مكررات والقيام بعمليات الخف (تفريد)، التعشيب والري، ومراقبة النباتات خلال مراحل النمو والتطور وتسجيل القراءات والملاحظات حتى موعد النضج الكامل كما تم اخذ القراءات المطلوبة على 5 نباتات تؤخذ عشوائياً من النباتات الموجودة ضمن السطرين الداخليين في كل قطعة تجريبية.

2-6– المؤشرات المدروسة:

2-6-1- ارتفاع النبات (سم): يمثل طول النبات من مستوى سطح التربة وحتى قمة العثكول.

2-6-2- وزن العثكول (غ): تم حسابها من خلال جمع العثاكيل من كل قطعة تجريبية وأخذ وزن العثكول.

2-6-3- الغلة الحبية (كغ .هكتار$^{-1}$): تم حسابها من خلال جمع العثاكيل من كل قطعة تجريبية في مرحلة النضج التام في الحقل بعدها تم فرط العثاكيل ووزن الحبوب في القطعة التجريبية وتحويلها إلى (كغ.هكتار$^{-1}$).

2-6-4- الغلة من الوزن الجاف (طن .هكتار$^{-1}$): تم حسابها من خلال جمع النباتات من كل قطعة تجريبية في مرحلة النضج التام في الحقل بعدها تم وزن النباتات في القطعة التجريبية وتحويلها إلى (طن.هكتار$^{-1}$).

2-6-5- دليل الحصاد%: ويحسب من المعادلة التالية: (الغلة الحبية طن .هكتار$^{-1}$ ÷ الغلة الحيوية طن. هكتار$^{-1}$) ×100

2-7- تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

تمت زراعة التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة المنشقة(RCBD)، بمعدل ثلاثة مكررات لكل معاملة. حيث كانت مواعيد إضافة السماد الآزوتي ضمن القطع الرئيسية والكثافة النباتية ضمن القطع المنشقة، وتم تبويب النتائج المتحصل عليها، وتحليلها إحصائياً باستخدام برنامج (GENSTAT v-12)، ثم تمت مقارنة متوسطات جميع الصفات والخصائص المدروسة، باستخدام أقل فرق معنوي (Least Significant Difference – LSD) عند مستوى معنوية 5% (L.S.D)، وحساب معامل الاختلاف (Co-efficient of variation–C.V) %.

النتائج والمناقشة:

3-1- متوسط ارتفاع النبات (سم):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (3) وجود فروقات معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط ارتفاع النبات بين معاملات الكثافة النباتية، توقيت إضافة السماد الآزوتي والتفاعل بينهما، حيث كان ارتفاع النبات الأعلى معنوياً عند الكثافة العظمى (100 ألف نبات.هكتار$^{-1}$) (244.2 سم) في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة الدنيا (50 ألف نبات.هكتار$^{-1}$) (199.7 سم). تتفق هذه النتائج مع (Hussein *et al.*، 2021، 4458) وتختلف مع (Porfirio *et al.*، 2021، 7; Andre *et al.*، 2016، 436)، ويعزى هذا التباين إلى أن الزراعة بكثافة عالية تؤدي إلى زيادة التظليل المتبادل بين النباتات وهذا بدوره يؤدي إلى التنافس بين النباتات على متطلبات النمو ومنها الضوء فيما سمحت الكثافة النباتية القليلة بنفوذ كمية كبيرة من الضوء داخل المجموع الخضري وسبب التحطم الضوئي للأوكسينات وتوقف نمو الساق فقل بذلك ارتفاع النبات.

أما بالنسبة لموعد إضافة السماد الآزوتي فقد أظهرت النتائج أن ارتفاع النباتات كان الأعلى معنوياً عند إضافة السماد على دفعتين (نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الآخر في منتصف مرحلة النمو الخضري)، (238.8 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً في المعاملة الأولى (إضافة كامل كمية السماد الآزوتي في مرحلة الإنبات)، والمعاملة الثالثة (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف النمو الخضري والثلث الثالث عند الإزهار) وبدون فروق معنوية بينهما (213.8، 210.7 سم)، أي أن الإضافة المبكرة والمتأخرة لم تؤثر في هذه الصفة وذلك لأن إضافة السماد الآزوتي على دفعتين أدى الى توفر الآزوت في التربة خلال مرحلة النمو الخضري وساهم في استمرارية عمل مسطح التركيب الضوئي وتكوين كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي وزيادة حجم المصدر وهذا الأمر ساهم في زيادة ارتفاع النبات، في حين أن إضافة هذا السماد على ثلاثة دفعات كانت فيه الدفعة الثالثة المتأخرة قد أضيفت بعد اكتمال نمو النبات في الطول، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه(Abera *et al.*، 2021، 604; Melakua *et al.*، 2017، 484).

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وموعد إضافة السماد الآزوتي فقد بينت النتائج أن ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين، وعلى دفعة واحدة (253.9، 251.7) سم وبدون فروق معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة الدنيا وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف النمو الخضري والثلث الثالث عند الإزهار) (156.7) سم، وعند الزراعة بالكثافة المتوسطة (66666) نبات. هكتار$^{-1}$ وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة (168.7 سم) وبدون اي فروق معنوية بينهما ويعزى هذا الأمر الى أن حاجة النبات لعنصر الآزوت الضروري للنمو الخضري خلال مرحلة النمو الخضري النشط، إذ أن اضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة أدى الى فقد هذا العنصر مع مياه الري وعدم توفره بالكمية المطلوبة خلال كامل فترة نمو النبات، اما اضافة الدفعة الثالثة فقد تم بعد نهاية النمو الخضري واكتمال نمو النبات لذا لم تؤثر هذه الكمية المضافة في صفة ارتفاع النبات.

الجدول (3): تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة ارتفاع النبات (سم)

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار$^{-1}$)	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			المتوسط
	دفعة واحدة	دفعتين	3 دفعات	
100	251.7^{a}	253.9^{a}	227.1^{bc}	244.2^{A}
66.67	168.7^{d}	241.0^{abc}	247.3^{ab}	219.0^{B}
50	221.0^{c}	221.6^{c}	156.7^{d}	199.7^{C}
المتوسط	213.8^{B}	238.8^{A}	210.4^{B}	220.99
LSD 0.05	N=13.217	S=13.217	N.S=22.893	
C.V.	6			

تشير الأحرف المتشابهة الى عدم وجود فروقات معنوية بين المتوسطات

3-2- وزن العثكول (غ):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (4) وجود فروقات معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط وزن العثكول بين معاملات الكثافة النباتية المدروسة، وموعد إضافة السماد الآزوتي والتفاعل بينهما، حيث كان هذا الوزن الأعلى معنوياً عند الكثافة الدنيا والمتوسطة (28.9، 28.52غ) ودون وجود فروقات معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة العالية (22.48 غ)، ويعزى ازدياد وزن العثكول بانخفاض الكثافة النباتية إلى انخفاض المنافسة بين النباتات وبالتالي الاستفادة من متطلبات النمو (ماء، مواد مغذية، ضوء،..الخ) بشكل أكبر وهذا ينعكس ايجاباً على مكونات الغلة، أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد أظهرت النتائج أن وزن العثكول الأعلى معنوياً كان عند إضافة السماد الآزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات (31.6 ، 31.71 غ) دون وجود فروقات معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل كمية السماد الآزوتي عند الإنبات (16.6غ) ويعزى هذا الأمر الى أن توفر عنصر الآزوت في التربة في المراحل المتأخرة من نمو النبات يساهم في إطالة فترة اخضرار المسطح الورقي واستمرارية عمله في التمثيل الضوئي أي زيادة حجم المصدر لتكوين المادة الجافة ومن ثم نقلها باتجاه المصب (الحبوب) وزيادة حجمها ما ينعكس ايجابا على وزن العثكول، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Abera *et al.*، 2021، 605).

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد بينت النتائج أن وزن العثكول كان الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة المتوسطة وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (33.92غ) ودون فروقات معنوية مع معظم تفاعلات بين الكثافة النباتية والتسميد على دفعتين أو 3 دفعات ويعزى هذا كما ذكرنا أعلاه الى دور الآزوت في المحافظة على عملية التمثيل الضوئي في النبات ونقل نواتج هذه العملية باتجاه الحبوب بالإضافة إلى انخفاض المنافسة بين النباتات مع انخفاض الكثافة النباتية، في حين كانت الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة (9 غ).

الجدول (4): تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في متوسط وزن العثكول (غ).

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار$^{-1}$)	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			المتوسط
	دفعة واحدة	دفعتين	3 دفعات	
100	9^{d}	30.72^{ab}	27.72^{b}	22.48^{B}
66.67	18.46^{c}	33.2^{ab}	33.92^{a}	28.52^{A}
50	22.33^{c}	31.22^{ab}	33.17^{ab}	28.91^{A}
المتوسط	16.6^{B}	31.71^{A}	31.6^{A}	26.64
LSD 0.05	N=3.094	S=3.094	N.S=5.358	
C.V.	11.6			

تشير الأحرف المتشابهة الى عدم وجود فروقات معنوية بين المتوسطات

3-3- الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (5) وجود فروقات معنوية ($P<0.05$) في صفة الغلة الحبية بين معاملات الكثافة النباتية، موعد إضافة السماد الآزوتي والتفاعل بينهما حيث كانت الغلة الحبية الأعلى معنوياً عند الكثافة العالية (100) ألف نبات.هكتار$^{-1}$(2248) كغ.هكتار$^{-1}$، في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة الدنيا (50) ألف نبات.هكتار$^{-1}$ (1445) كغ.هكتار$^{-1}$ ويعزى تفوق الكثافة النباتية العالية الى زيادة عدد النباتات في وحدة المساحة وعدم مقدرة الكثافة النباتية المتوسطة والدنيا في تعويض قلة عدد النباتات في وحدة المساحة من خلال زيادة مكونات الغلة الأخرى كزيادة عدد الحبوب أو وزنها في النبات الواحد، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Dembele et al.، 2020، 4709)، أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد أظهرت النتائج أن الغلة الحبية الأعلى معنوياً كانت عند إضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري) (2282) كغ.هكتار$^{-1}$ وعند إضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار) (2231) كغ.هكتار$^{-1}$ في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل كمية السماد الآزوتي عند الإنبات (1082) كغ.هكتار$^{-1}$، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Abera *et al.*، 2021؛606 ;Melakua *et al.*، 2017، 485).

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد بينت النتائج أن الغلة الحبية كانت الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية (100) ألف نبات.هكتار$^{-1}$ وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري) (3072) كغ.هكتار$^{-1}$، وعند نفس الكثافة النباتية وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار) (2772) كغ.هكتار$^{-1}$ في حين كانت الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية (100) ألف نبات.هكتار$^{-1}$ وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة (900) كغ.هكتار$^{-1}$، ويعزى ذلك الى أن إضافة الآزوت على دفعة واحدة عند الزراعة سينتج عنه فقدان هذا العنصر من خلال الغسل مع مياه الري وبالتالي الاصفرار المبكر للأوراق ما ينتج عنه انخفاض نشاط التمثيل الضوئي وقلة نواتج هذه العملية وبالتالي الحصول على حبوب صغيرة الحجم ما ينعكس سلبا على الغلة الحبية.

الجدول (5): تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$)

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار$^{-1}$)	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			المتوسط
	دفعة واحدة	دفعتين	3 دفعات	
100	900^{e}	3072^{a}	2772^{a}	2248^{A}
66.67	1230^{cde}	2213^{b}	2261^{b}	1902^{B}
50	1117^{de}	1561^{cd}	1658^{c}	1445^{c}
المتوسط	1082^{B}	2282^{A}	2231^{A}	1865.04
LSD 0.05	N=259.073	S=259.073	N.S=448.727	
C.V.	13.9			

تشير الأحرف المتشابهة الى عدم وجود فروقات معنوية بين المتوسطات

3-4- الغلة من الوزن الجاف (طن.هكتار$^{-1}$):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (6) وجود فروقات معنوية ($P<0.05$) في صفة الغلة من الوزن الجاف بين معاملات الكثافة النباتية، والتفاعل بين معاملات الكثافة النباتية ومواعيد إضافة السماد الآزوتي، في حين كانت الفروقات غير معنوية في صفة الغلة من الوزن الجاف بين مواعيد إضافة السماد الآزوتي. حيث كانت الغلة من الوزن الجاف الأعلى معنوياً عند الكثافة النباتية (100 ألف نبات.هكتار$^{-1}$) (68 طن.هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة الدنيا (50 ألف نبات.هكتار$^{-1}$) (37.13 طن.هكتار$^{-1}$) ويعزى تفوق الكثافة النباتية العالية الى زيادة عدد النباتات في وحدة المساحة، إضافة الى طول النباتات ما نتج عنه زيادة مردود وحدة المساحة من الوزن الجاف مقارنة مع الكثافات النباتية الأقل، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Adrian *et al.*، 2018، 204).

أما بالنسبة لموعد أو توقيت إضافة الآزوت فقد بينت النتائج عدم وجود فروقات معنوية بين مختلف المعاملات المدروسة في صفة الغلة من الوزن الجاف، حيث تراوحت هذه الغلة بين 49.4 طن.هكتار$^{-1}$ عند إضافة السماد الآزوتي على ثلاثة دفعات (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار) و54.13 طن. هكتار$^{-1}$ عند إضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري) حيث ساهمت الاضافة المتأخرة للآزوت في اطالة فترة نشاط المسطح الورقي وقيامه بالتمثيل الضوئي والذي ينتج عنه تكوين كمية أكبر من المادة الجافة وانتقالها الى أعضاء النبات المختلفة، لم تتوافق هذه النتائج مع (Abera et al.، 2021، 607; Melakua *et al.*، 2017، 485).

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد بينت النتائج أن الغلة من الوزن الجاف كانت الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري) (75.89 طن.هكتار$^{-1}$)، في حين كانت الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة النباتية الدنيا وإضافة السماد الآزوتي على ثلاثة دفعات (36.11 طن.هكتار$^{-1}$) وعند نفس معاملة الكثافة النباتية وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة (37.22 طن.هكتار$^{-1}$) دون وجود فروقات معنوية بينهما.

الجدول (6): تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الغلة من الوزن الجاف (طن.هكتار$^{-1}$)

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار$^{-1}$)	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			المتوسط
	دفعة واحدة	دفعتين	3 دفعات	
100	64.44^{b}	75.89^{a}	63.67^{b}	68^{A}
66.67	47.63^{cde}	48.45^{cd}	48.45^{c}	48.18^{B}
50	37.22^{f}	38.06^{cef}	36.11^{f}	37.13^{c}
المتوسط	49.77^{A}	54.13^{A}	49.41^{A}	51.10
LSD 0.05	N=5.603	S=5.603	N.S=9.705	
C.V.	11			

تشير الأحرف المتشابهة الى عدم وجود فروقات معنوية بين المتوسطات

3-5- دليل الحصاد (%):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (7) وجود فروقات معنوية ($P<0.05$) في صفة دليل الحصاد بين معاملات الكثافة النباتية، موعد إضافة السماد الآزوتي والتفاعل بينهما حيث كانت دليل الحصاد الأعلى معنوياً عند الكثافة المتوسطة (66666) ألف نبات.هكتار$^{-1}$ (3.87) % وعند الكثافة الدنيا (50) ألف نبات.هكتار$^{-1}$ (3.819) % في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة العظمى (100) ألف نبات.هكتار$^{-1}$(3.268) % ويعزى هذا الانخفاض في دليل الحصاد عند الزراعة في الكثافة النباتية العالية الى اعطاء هذه الكثافة لأعلى غلة حبية وأعلى غلة من الوزن الجاف وبالتالي النسبة بين الغلة الحبية الى الغلة الحيوية ستكون منخفضة مقارنة مع الكثافة النباتية المتوسطة والدنيا، وتتفق هذه النتائج مع (Sahu et al.، 2018، 2100)، أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد أظهرت النتائج أن دليل الحصاد الأعلى معنوياً كان عند إضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار) (4.5)% وعند إضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري) (4.149) %، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل كمية السماد الآزوتي عند الإنبات (2.308) %، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Abera *et al.*، 2021، 608)، أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد بينت النتائج أن دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة المتوسطة (66666) نبات.هكتار$^{-1}$ وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار) (4.617)%، دون وجود فروقات معنوية بينها وبين معاملات التسميد الآزوتي على دفعتين وثلاثة دفعات وبغض النظر عن الكثافة النباتية المستخدمة، جدول (7)، في حين كانت الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العظمى (100) ألف نبات.هكتار$^{-1}$ وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة (1.379) %. ويعزى انخفاض قيمة دليل الحصاد هنا إلى أن إضافة الآزوت على دفعة واحدة انعكس سلباً على نمو النبات واستمرارية عمل مسطح التركيب الضوئي في المراحل المتأخرة من حياة النبات نتيجة غسل هذا العنصر مع مياه الري فانخفضت كمية المادة الجافة المتشكلة ما سبب انخفاض قيم الغلة الحبية مقارنة مع الغلة الحيوية فانخفضت نتيجة ذلك قيمة دليل الحصاد.

الجدول (7): تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة دليل الحصاد (%)

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار$^{-1}$)	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			المتوسط
	دفعة واحدة	دفعتين	3 دفعات	
100	1.379^{c}	4.022^{a}	4.402^{a}	3.268^{B}
66.67	2.586^{b}	4.407^{a}	4.617^{a}	3.87^{A}
50	2.958^{b}	4.018^{a}	4.481^{a}	3.819^{A}
المتوسط	2.308^{B}	4.149^{A}	4.5^{A}	3.65
LSD 0.05	N=0.54	S=0.54	N.S=0.935	
C.V.	14.8			

تشير الأحرف المتشابهة الى عدم وجود فروقات معنوية بين المتوسطات

الاستنتاجات والتوصيات:

1. تفوقت الكثافة النباتية العالية في معظم المؤشرات المدروسة حيث أعطت أعلى القيم لمتوسط ارتفاع النبات والغلة من الوزن الجاف والغلة الحبية ويعود السبب إلى زيادة عدد النباتات في وحدة المساحة.
2. أدت الزراعة بالكثافة المنخفضة إلى زيادة متوسط معامل الحصاد ووزن العثكول نتيجةً لانخفاض المنافسة النباتية على متطلبات النمو.
3. أدت إضافة السماد الآزوتي على دفعتين إلى الحصول على أعلى قيمة لمتوسط ارتفاع النبات في حين أن إضافة السماد الآزوتي بمواعيد مختلفة لم يؤثر في صفة الغلة من الوزن الجاف.
4. أدت إضافة السماد الآزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات إلى الحصول على أعلى متوسط لوزن العثكول والغلة الحبية ومعامل الحصاد.
5. أدت إضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات إلى انخفاض جميع قيم الصفات المدروسة وذلك يعني أن النبات لم يستفد من هذه المعاملة نتيجةً لفقد الآزوت عن طريق الرشح.
6. يُساعد وجود كمياتٍ كافية من المياه، وعنصر الآزوت المُضاف في المراحل التطورية المناسبة في زيادة الغلة الحبية ومكوناتها، وتحسين مردود المحصول وإنتاجيته.

التوصيات:

1. يُنصح بإجراء المزيد من الدراسات حول محصول الذرة البيضاء، لما له من أهمية اقتصادية من خلال إدخال المزيد من مواعيد التسميد الآزوتي ومعدلاته وفي مواقع بيئية مختلفة.
2. يُنصح بزراعة الذرة البيضاء بكثافات عالية (100000) نبات.هكتار$^{-1}$ لأنها تعطي أعلى مردود من الوزن الجاف ومن الحبوب.

References:

1. العاني، علاء عبد الغني حسين شويش،2011. تأثير التغذية الورقية بالزنك والتسميد البوتاسي في صفات النمو والحاصل ونوعيته لصنفين من الذرة البيضاء. رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة الانبار. ع. ص. 79.
2. Abdul Rehman, A. (2009). Production Potential Of Spring Maize (Zea mays L.) Under Various Agro-Management Practices. A Thesis of Doctor of Philosophy in Agronomy. The Controller of Examinations, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
3. Abera, K., Tana, T. and Takele, A. 2020. Effect of Rates and Time of Nitrogen Fertilizer Application on Yield and Yield Components of Sorghum [sorghum bicolor (L.) Moench] at Raya Valley, Northern Ethiopia. International Journal of Plant Breeding and Crop Science, 7(1), 598-612.
4. Adrian, G.B., Viorel, I., Marin, D., Nicoleta, I. and Lenuța I.E. 2017. Sorghum Biomass Yield at Different Plant Densities. Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LX.
5. Andre, M., Vander, F.S., Geraldo, A.G. and Pedro, G.F. 2016. Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. Ciência Rural, Santa Maria, v.46, n3, p.434-439.
6. Dambiwal, D., Katkar, R. N., Kumawat, K. R., Hakla, C. R., Bairwa, B., Kumar, K., and Lakhe, S. R. 2017. Effect of soil and foliar application of zinc on sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) yield, agronomic efficiency and apparent recovery efficiency. IJCS, 5 (4) : 435- 438
7. Dembele, J.S., Gano, B., Kouressy, M., Dembele, L.L., Doumbia, M., Ganyo, K.K., Sanogo, S., Togola, A., Traore, K., Vaksman, M., Teme, N., Diouf, D., Audebert, A. 2020. Plant density and nitrogen fertilization optimization on sorghum grain yield in Mali. Agronomy Journal. 1–16.
8. Dong, H.Z., Li, W. J., Eneji, A. E. and Zhang, D. M. 2012. Nitrogen rate and plan density effects on yield and late-season leaf senescence of cotton raised on a saline field. Field Crops Research 126: 137–144.
9. Hussein, Q.S. and, Hussein, K.A. 2021. Effect of Plant Densities on Some Growth Traits of Varieties of Sorghum (Sorghum Bicolor(L.) Moench). Annals of R.S.C.B., 25 (3): 4455 – 4463.
10. Mekdad, A. A. and Rady, M. M. 2016. Productivity Response to Plant Density in Five Sorghum Bicolor Varieties in Dry Environments. Annals of Agricultural & Crop Sciences, 1(2).
11. Melaku, N.D., Bayu, W., Ziadat, F., Strohmeier, S., Zucca, C., Tefera, M. L., Ayalew, B. and Klik, A. 2017. Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols. Archives of Agronomy and Soil Science.
12. Mengel, K. and Kirby, E. A. 2001. Principles of plant nutrition. 5th ed. Dordretcht (the Netherlands): Kluwer Academic Publishers; p. 849.
13. Porfirio, D.M., Neres, A.M., Fuhr, A.C., Silva, H.T. and Guimaraes, B.S.2021. Effects of row spacing and planting density of forage sorghum on dry matter yield, morphologic parameters, nutritive value, and predicted milk yield of dairy cows. Research, Society and Development, 10(11).
14. Ryan, J. G. and Oppen, M. V. 1982. Agrometeorlogy of Sorghum and Millet in the SAT. Patancheru, A. P. 502324,(ICRISAT). India.
15. Sahu, H., Tomar,G.S. and Nandeha, N.2018. Effect of planting density and levels of nitrogen on yield attributes of sweet Sorghum (Sorghum Bicolor(L.) Moench) varieties. International Journal of Chemical Studies, 6(1):2098-2101.
16. Wang, R., Cheng, T. and Hu, L.Y. 2015. Effect of wide–narrow row arrangement and plant density on yield and radiation use efficiency of mechanized direct-seeded canola in Central China. Field Crops Research 172: 42–52.
17. Yao, H.S., Zhang, Y.L., Yi, X.P., Hu, Y.Y., Luo, H.H., Gou, L. and Zhang, W.F. 2015. Plant density alters nitrogen partitioning among photosynthetic components, leaf photosynthetic capacity and photosynthetic nitrogen use efficiency in field-grown cotton. Field Crops Research 184: 39–49.