

УДК 631.8:633.15

Влияние различных уровней азота на рост и урожайность кукурузы в северном регионе Афганистана

Джахиш Ф., Алемьяр С.А., Дмитревская И.И., Жарких О.А., Белопухов С.Л.

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация

В данной статье рассмотрено влияние азотных удобрений на рост, развитие и урожайность кукурузы при выращивании в северном регионе Афганистана. Исследование проведено в 2020–2022 гг. с применением азотного удобрения мочевины (карбамида) с возрастающими дозами: N0 (контроль), N140, N180, N220 и N260 кг/га.

На всех вариантах опыта наблюдалось на фоне применения азотного удобрения увеличение высоты растений и количества листьев кукурузы относительно контроля. Наиболее резкое увеличение накопления сухого вещества к моменту сбора урожая наблюдалось в вариантах, где вносилось азотное удобрение в дозе N260 кг/га -176,7 ц/га, что на 56,25% больше относительно контроля в среднем за три года исследований. Анализ элементов структуры урожая кукурузы показал, что применение повышенных доз азотного удобрения (N260 и N220 кг/га) способствовало увеличению количества зерен в початке, массы 1000 зерен, и, как следствие, получению более высоких урожаев зерна и соломы кукурузы. Индекс урожая при N260 и N220 кг/га доз карбамида составил 40,1 и 40,5 %, что на 10,4–11,7 % больше относительно контроля в среднем за три года исследований.

Ключевые слова: КУКУРУЗА, УРОЖАЙ, АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ, МОЧЕВИНА, КАРБАМИД

Введение

В Афганистане кукуруза является одной из важнейших зерновых культур и возделывается практически на всей территории страны. Общее производство кукурузы в стране в 2022 году оценивается в 260 тыс. тонн, при общей площади посева 135 тыс. га [1, 2]. В 2020 году крупнейшими экспортерами кукурузы были: США (9,72 млрд долларов),

Аргентина (6,46 млрд долларов), Бразилия (5,95 млрд долларов), Украина (4,89 млрд долларов) и Франция (1,71 млрд долларов). Крупнейшими импортерами кукурузы были: Мексика (2,91 млрд долларов), Китай (2,71 млрд долларов), Япония (2,71 млрд долларов), Вьетнам (2,11 млрд долларов) и Южная Корея (2,02 млрд долларов) [3, 4].

Кукуруза хорошо известна как культура, требующая повышенного азотного питания для получения высоких урожаев с точки зрения количества и качества продукции [5-7].

Азот является элементом, который влияет на рост и развитие, производство кукурузы высокого качества, при активном поступлении из почвы и удобрений в растения. Недостаточное количество доступного азота может привести к снижению вегетативного роста и уменьшению фотосинтетической способности, что вносит вклад в общий потенциал урожайности. Дефицит азота вызывает изменение окраски листьев и всего растения в целом: от бледно-зеленого до желтого цвета, приводя к гибели растений. Поскольку азот является мобильным питательным элементом в растении, симптомы сначала появляются на более старых листьях, а затем развиваются на более молодых листьях по мере обострения состояния. Растения с дефицитом азота рано созревают со значительно сниженной урожайностью и качеством [8-10].

Исходя из этого, правильное применение достаточного количества азотных удобрений для кукурузы считается серьезной проблемой в сельском хозяйстве Афганистана, которая была целью и изучена в наших исследованиях.

Материалы и методы исследования

Изучение влияния разных доз азотного удобрения на рост, развитие и урожайность кукурузы сорт «Zarda watani» (Афганистан) были проведены в 2020–2022 гг. в северо-восточном районе Афганистана. Почвы относятся к типу сероземы, по механическому составу среднесуглинистая, слабощелочная (рН 7,5), содержание гумуса - 1,5%, щелочно-гидролизующий азот - 0,97%, P_2O_5 - 10,23 кг/га, K_2O - 54,45 кг/га.

Во время вегетации кукурузы была проведена трехкратная подкормка посевов с возрастающими дозами мочевины (карбамида). Схема опыта включала пять вариантов: 1) N_0 (контроль); 2) N_{140} ; 3) N_{180} ; 4) N_{220} ; 5) N_{260} . Первая подкормка проводилась через 15 дней после посева, а последующие подкормки с интервалом 8–10 дней с учетом

Джахиш Ф., Алемьяр С.А., Дмитревская И.И., Жарких О.А., Белоухов С.Л.
Влияние различных уровней азота на рост и урожайность кукурузы в северном регионе Афганистана
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

потребности растения до стадии созревания. Уборку урожая проводили, когда 90% початков имели полную спелость.

Во всех вариантах опыта при подготовке почвы к посеву фоном вносили фосфорные удобрения P80. Опыт заложен в четырехкратной повторности по рандомизированной схеме (RCBD), учетная площадь делянки 10 м². Норма высева семян кукурузы составляла 60 кг/га с междурядьями 60 см и расстоянием между растениями 20 см. Борьба с сорняками была проведена в два этапа механическим способом, первый этап был проведен во время прореживания, а второй этап был проведен через 45 дней после посева.

Наблюдения и отбор образцов на разных стадиях развития растений кукурузы проведен в течение всей вегетации культуры, статистическая обработка данных проведена с помощью программного обеспечения OPSTAT.

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты исследований показали, что применение различных доз азотного удобрения значительно влияло на высоту растений на всех стадиях роста. В таблице 1 представлены средние значения за 2020–2022 гг.

Таблица 1. Влияние различных доз азотных удобрений на высоту растений кукурузы на разных стадиях развития (средние значения за 2020–2022 гг.)

Доза азота (кг/га)	Высота растений (см)		
	Этап 8 листьев (28 дней после посева)	Этап 12 листьев (43 дней после посева)	Молочно-восковая спелость (58 дней после посева)
N0 (контроль)	61,57 с	108,4 б	116,8 б
N140	84,34 б	136,1 а	173,2 а
N180	87,62 а	137,1 а	178,0 а
N220	88,70 а	138,2 а	180,4 а
N260	89,69 а	140,0 а	181,6 а
SEm±	2,08	3,90	4,20
CD (P=0.05)	6,48	12,16	13,09

Примечание: Одинаковые буквы указывают на отсутствие существенных различий между дозами азотного удобрения, а разные буквы указывают на существенные различия между вариантами с вероятностью ошибки 5%.

Джахиш Ф., Алемьяр С.А., Дмитриевская И.И., Жарких О.А., Белопухов С.Л.
Влияние различных уровней азота на рост и урожайность кукурузы в северном регионе Афганистана
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Высота растений кукурузы значительно увеличилась благодаря различным уровням азота на всех стадиях роста по сравнению с контролем. Наибольшая высота растений отмечена при внесении 260 кг/га азота на всех стадиях роста (89,70 см, 140,0 см и 181,6 см через 28, 43 и 58 дней после посева) и минимальная высота растений кукурузы (61,70 см, 108,4 см и 116,8 см) была зафиксирована в контроле.

Увеличение высоты растений при использовании различных доз карбамида можно объяснить тем, что азот, как главный элемент питания для растений, способствует росту, увеличивает количество и длину междоузлий, что в целом приводит к интенсивному росту растений. При этом во время перехода растений кукурузы к более зрелой фазе развития, когда формируются боковые ветви и появляются новые листья, влияние карбамида на количество листьев может проявляться менее явно. В этот период азотные удобрения могут не только в большей степени влиять на общий рост и развитие растения, но и на количество листьев в отдельности [2].

В наших исследованиях влияние различных доз азотного удобрения на количество листьев у кукурузы не имело существенных различий (табл. 2).

Таблица 2. Влияние различных уровней азота на количество листьев на разных стадиях роста кукурузы (средние значения за 2020–2022 гг.)

Доза азота (кг/га)	Количество листьев (шт.)		
	Фаза 8 листьев	Фаза 12 листьев	Молочно-восковая спелость
	(28 дней после посева)	(43 дней после посева)	(58 дней после посева)
N0 (контроль)	7 б	10 с	9 б
N140	8 а	11 б	11 а
N180	8 а	12 а	12 а
N220	8 а	12 а	12 а
N260	8 а	12 а	12 а
SEm±	0,42	0,31	0,37
CD (P=0.05)	0,99	0,97	1,16

Примечание: Одинаковые буквы указывают на отсутствие существенных различий между дозами азотного удобрения, а разные буквы указывают на существенные различия между вариантами с вероятностью ошибки 5%.

Наибольшее количество листьев у кукурузы (8, 12 и 12, через 28, 43 и 58 дней после посева) наблюдалось при внесении 260 кг/га, а наименьшее количество листьев наблюдалось в контрольном варианте. Статистический анализ данных показывает, что

применение дозы азота 260 кг /га за исключением контрольной обработки не оказала существенной разницы по сравнению с вариантами обработок в дозах азота 140, 180 и 220 кг /га.

Один из основных показателей эффективности применения различных доз удобрений является динамика накопления биомассы растениями (табл. 3).

Ранее было установлено, что при возделывании на неодинаково удобренных вариантах, растения попадают в различные по питательному режиму условия, что обуславливает разную интенсивность прироста сырой и сухой массы. В течение вегетационного периода растения кукурузы набирают сухую массу неравномерно. Процесс накопления сухого вещества в начале вегетации идет очень слабо, затем за 10–12 дней до фазы вымётывания интенсивность прироста резко возрастает и продолжается в течение всего периода вегетации [11, 12].

Накопление сухого вещества в посевах кукурузы значительно увеличилось при применении различных уровней азота на разных стадиях роста по сравнению с контролем (табл. 3).

Таблица 3. Влияние различных уровней азота на динамику накопления сухого вещества на разных стадиях роста кукурузы (среднее за 2020–2022 гг.)

Доза азота (кг/га)	Накопление сухого вещества (ц/га)			
	Фаза 8 листьев (28 дней после посева)	Фаза 12 листьев (43 дней после посева)	Молочно-восковая спелость (58 дней после посева)	Стадия сбора урожая (90 дней после посева)
N0 (контроль)	3,61 б	16,33 д	25,33 б	113,1 б
N140	5,34 б	24,44 с	55,89 а	157,9 а
N180	5,64 а	30,95 б	57,04 а	165,4 а
N220	6,11 а	35,58 а	61,02 а	169,0 а
N260	7,1 а	39,26 а	68,01 а	176,7 а
SEm±	0,59	1,9	4,36	9,78
CD (P=0.05)	1,85	5,94	13,58	30,46

Примечание: Одинаковые буквы указывают на отсутствие существенных различий между дозами азотного удобрения, а разные буквы указывают на существенные различия между вариантами с вероятностью ошибки 5%.

Максимальное накопление сухого вещества отмечено при внесении 260 кг /га во все фазы роста (7,1 ц/га, 39,26 ц/га, 68,01 ц/га, 176,7 ц/га через 28, 43, 58 дней после посева и в фазу полной спелости к моменту уборки соответственно), а минимальное накопление

сухого вещества (3,61 ц/га, 16,33 ц/га, 25,33 ц/га и 113,1 ц/га) зафиксировано в контрольном варианте. Таким образом, при возделывании кукурузы на различных уровнях азота выявлено статистически достоверное положительное влияние на динамику накопления растениями сухого вещества относительно контроля, однако не было достоверной разницы при использовании различных доз карбамида.

Анализ данных по структуре урожая показывает, что наилучшие результаты наблюдаются в тех вариантах опыта, в которых собран максимальный урожай. Значительное изменение произошло в следующих показателях: количество початков на растении, количество семян в початке, масса 1000 зерен; меньшее – число рядков в початке и выход зерна (табл. 4).

Таблица 4. Элементы структуры урожая кукурузы в зависимости от уровня азотного питания (среднее за 2020–2022 гг.)

Доза азота (кг/га)	N0 (контроль)	N140	N180	N220	N260	SEm±	CD (P=0.05)
Количество початков на растение (шт)	1 б	1,28 а	1,32 а	1,45 а	1,37 а	0,05	0,17
Количество зерен в початке (шт)	227,1 д	344,4 с	387,9 б	404,6 а	416,6 а	6,08	18,94
Масса 1000 зерен (г)	194,4 б	235,5 а	240,3 а	241,4 а	250,9 а	8,564	26,68
Урожайность зерна (т/га)	2,26 с	3,40 б	4,33 б	5,25 а	5,54 а	0,135	0,42
Урожайность соломы (т/га)	3,94 д	6,86 с	7,41 б	7,87 а	8,13 а	0,13	0,43
Индекс урожая (%)	36,29 б	33,13 с	36,89 б	40,07 а	40,52 а	0,91	2,85

Примечание: Одинаковые буквы указывают на отсутствие существенных различий между дозами азотного удобрения, а разные буквы указывают на существенные различия между вариантами с вероятностью ошибки 5%.

Количество урожая зерна напрямую связано с количеством початков на растениях кукурузы, так максимальное количество початков (1,45) было зафиксировано при внесении 220 кг /га, а минимальное количество початков (1) – в контрольном варианте, однако статистически 220 кг /га существенно не отличаются от 140, 180 и 260 кг /га.

Джахиш Ф., Алемьяр С.А., Дмитриевская И.И., Жарких О.А., Белопухов С.Л.
Влияние различных уровней азота на рост и урожайность кукурузы в северном регионе Афганистана
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Количество зерен в початке – один из важных показателей элементов структуры урожая кукурузы. По результатам дисперсионного анализа, количество зерен в початке кукурузы достоверно увеличивается при использовании различных доз карбамида. Максимальное количество зерен в початке (416,6) наблюдалось при применении 260 кг /га, а минимальное количество зерен в початке (227,1) – в контрольном варианте. Статистически доза внесения азота 260 кг /га по сравнению с контрольной обработкой, 140 и 180 кг /га показывает значительную разницу, но при этом статистически не отличается от варианта с применением дозы 220 кг /га.

Масса 1000 зерен урожая кукурузы показывает значительную разницу при различных дозах азота. Самая высокая масса 1000 зерен кукурузы (250,9 г) была отмечена в посевах кукурузы при внесении 260 кг /га, а самая низкая масса 1000 зерен (194,44 г) в контрольном варианте.

В ходе наших исследований было установлено, что урожайность зерна кукурузы при применении различных уровней азота в 2020–2022 гг. показывает значительную разницу по сравнению с контрольной обработкой (рис. 1).

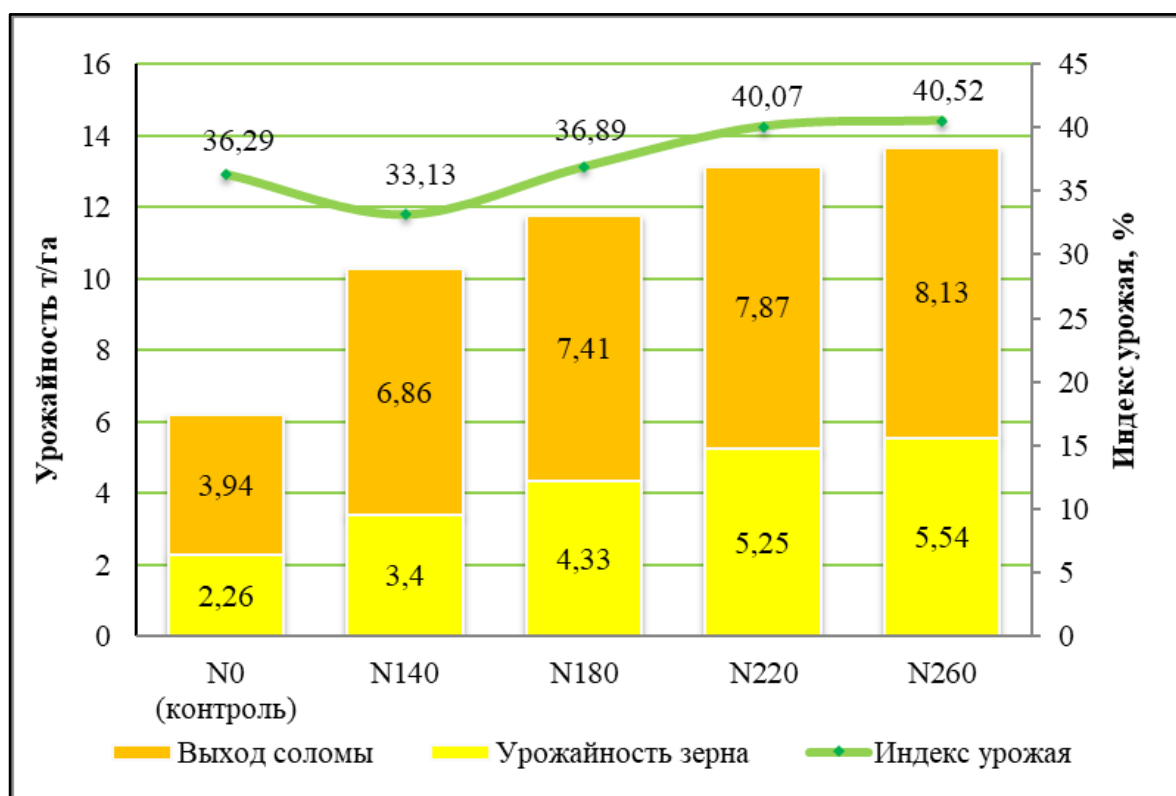


Рис. 1. Изменение урожайности кукурузы при внесении различных доз азота (среднее за 2020–2022 гг.)

Джахиш Ф., Алемьяр С.А., Дмитревская И.И., Жарких О.А., Белоухов С.Л.

Влияние различных уровней азота на рост и урожайность кукурузы в северном регионе Афганистана

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Наибольшая урожайность зерна - 5,54 т/га и соломы - 8,13 т/га отмечена при использовании дозы азота 260 кг /га, а наименьшая - 2,26 т/га и 3,94 т/га – в контрольном варианте, соответственно. Использование мочевины в дозе 260 кг /га по сравнению с контрольной обработкой, 140 и 180 кг/га показывает значительное увеличение, но статистически не отличается от варианта дозы азота 220 кг /га (табл. 4).

Для оценки применения различных доз азота при выращивании кукурузы был рассчитан индекс урожая (рис. 1). Самый высокий показатель индекса урожайности (40,5%) наблюдался при обработке растений в дозе 260 кг /га, а самый низкий (33,1%) – в дозе 140 кг/га. Таким образом, установлено, что статистически достоверно оказало влияние на урожайность применение на посевах кукурузы карбамида в дозе 260 кг/га.

Выводы

Проведенные исследования показали положительное влияние применения азотного удобрения на рост и развитие кукурузы в северо-восточном регионе Афганистана. По результатам трехлетних исследований было отмечено, что применение азотного удобрения с возрастающими дозами мочевины (карбамида) увеличивало морфологические показатели и накопление сухого вещества на разных стадиях роста и развития растений кукурузы относительно контроля.

Та же тенденция наблюдалась в анализе элементов структуры урожая: с увеличением дозы азотного удобрения увеличивались биометрические показатели растений кукурузы. Статистически достоверную значительную разницу показали варианты с применением дозы карбамида 260 кг/га и 220 кг/га. Более высокие уровни азота способствовали формированию большего количества зерна и соломы, что привело к увеличению общего урожая кукурузы и, как следствие, высокому индексу урожая. Применение статистического анализа позволило установить, что нет существенных различий между вариантами применения азотного удобрения в дозах 260 кг/га и 220 кг/га, которые показали наиболее высокие значения.

В целом, результаты данной статьи подтверждают положительное влияние азотных удобрений на рост, развитие и урожайность кукурузы в северо-восточном регионе Афганистана. Это свидетельствует о важности рационального использования и выбору наиболее оптимальных уровней азотных удобрений в агротехнологиях выращивания с

целью увеличения продуктивности кукурузы, как одной из наиболее значимых сельскохозяйственных культур для Афганистана.

Список использованных источников:

1. Мосур С.С. Влияние органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста на динамику роста и продуктивность кукурузы при возделывании её на зелёную массу // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 66–70.
2. Murilo Fuentes Pellos, Pedro Soares Vidigal Filho, Carlos Alberto Scapim, Alex Henrique Tiene Ortiz, Alberto Yuji Numoto, Ivan Ramão Miranda Freitas. Agronomic performance and quality of baby corn in response to the inoculation of seeds with azospirillum brasilense and nitrogen fertilization in the summer harvest // Heliyon. - 2023. - № 9. – e14618. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14618>.
3. Мамсиров Н.И. О роли минеральных удобрений и способов основной обработки почвы в формировании продуктивности гибридов кукурузы / Н.И. Мамсиров, А.А. Мнатсаканян // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 9 (212). – С. 11–24.
4. Mohamed El-Murtada Hassan Amin. Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.) // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. - 2011. - № 10(1). – С. 17-23. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.06.003>.
5. Норов М.С. Влияние последействия люцерны в чистом и совмещённом посевах на урожай последующих культур в условиях Таджикистана / М.С. Норов, М.Н. Сардорев, К.Г. Кодиров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (94). – С. 27–30.
6. Тюрин А.В. Эффективность приемов возделывания кукурузы на зерно в условиях Среднего Поволжья / А.В. Тюрин, А.Л. Тойгильдин, М.И. Подсевалов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3 (55). – С. 55–65.
7. Rajiv S., Radindra P., Arun C., Debjani H. Enhancing grain yield, biomass and nitrogen use efficiency of maize by varying sowing dates and nitrogen rate under rainfed and irrigated conditions Field Crops Research. 217. – 221. - DOI: [10.1016/j.fcr.2017.06.019](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.019)
8. Шибзухов З.Г.С. Оптимизация минерального питания сахарной кукурузы в условиях предгорной зоны КБР / З.Г.С. Шибзухов, Д.А. Хашхожева, Б.М. Суншева // International Agricultural Journal. – 2022. – Т. 65. – № 5.
9. Cecilia Crespo, Raúl A. Corral, Santiago N. Diez, Santiago G. Delgado, Germán F. Domínguez, María A. Agostini, M. Gabriela Cendoya, Hernán R. Sainz-rozas, Gisela V. García, Guillermo A. Studdert / Green bridge crops to manage corn nitrogen nutrition in the Southeastern Argentinean Pampas // Soil and tillage research. - №218: - С. 105311. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105311>.

Джахиш Ф., Алемьяр С.А., Дмитриевская И.И., Жарких О.А., Белопухов С.Л.

Влияние различных уровней азота на рост и урожайность кукурузы в северном регионе Афганистана

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

10. Tesfahun Belay, Melkamu Alemayehu, Fasikaw Belay. Effects of nitrogen application and intra-row spacing on growth and yield of baby corn in north-west Ethiopia // Journal of Agriculture and Food Research. - 2023. - № 13. – С. 100635. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100635>.

11. Агробиотехнологии XXI века / И.И. Серегина, С.П. Торшин, Н.Н. Новиков [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2022. – 516 с. – ISBN 978-5-6049409-3-8. – EDN TJGOBN

12. Trukhachev V.I. The effect of stressful ecological conditions on chlorophyll content in the leaves of spring wheat plants / V.I. Trukhachev, I.I. Seregina, S.L. Belopukhov, I.I. Dmitrevskaya, T.N. Fomina, O.A. Zharkikh, D.M. Akhmetzhanov // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk. – 2022. – С. 032093.

Цитирование:

Джахиш Ф., Алемьяр С.А., Дмитриевская И.И., Жарких О.А., Белопухов С.Л. Влияние различных уровней азота на рост и урожайность кукурузы в северном регионе Афганистана [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st_605.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202136605>.