DOI: https://doi.org/10.69722/1694-8211-2025-61-194-200
УДК: 631.461.1

Бекназарова Ж. М., *аспирант*
jeengul83@mail.ru
ORCID: 0009-0003-7812-0440
А. Ж. Мырсабеков ат. ОшМПУ
Ош ш., Кыргызстан

АЗОТТУН ЖАРАТЫЛЫШТА АЙЛАНЫШЫ: ОҢ ЖАНА ТЕРС ТААСИРЛЕРИ

Бул изилдөөдө азоттун жаратылыштагы айлануу процесси жана анын экосистемага тийгизген оң жана терс таасирлери каралат. Азот жаратылышта эң көп кездешкен элементтердин бири катары негизги биологиялык бирикмелердин курамына кирет жана өсүмдүктөрдүн өнүгүшү үчүн эң маанилүү элементтердин катарында турат. Анын циклиндеги азоттун булактары болуп атмосфера, органикалык калдыктар жана азот камтыган жер семирткичтер эсептелинет. Ал топурак жана суу аркылуу өсүмдүктөргө сиңип, тамак-аш чынжыры аркылуу жаныбарларга жана адамдарга өтөт. Табигый азот циклинин жүрүшүндө атмосферадагы азотту бөлүп чыгаруучу бактериялар чоң роль ойнойт.

Ошондой эле азоттун жаратылышта айланышы жана анын экосистема үчүн мааниси талданат. Азоттун айланышынын негизги этаптары болгон фиксация, нитрификация, аммонификация жана денитрификация процесстери каралып, анын топурактын түшүмдүүлүгүн жакшыртуу жана экосистеманын туруктуулугу сыяктуу оң таасирлери белгиленет жана азоттун айлануусунун адамдык факторго байланыштуу терс таасирлери, анын ичинде суунун булганышы, эвтрофикация жана климаттын өзгөрүүсүнө тийгизен таасири да баяндалат. Туруктуу айыл чарба жана экологиялык жоопкерчилик азоттун терс таасирин азайтууга багытталган сунуштар катары көрсөтүлөт. Изилдөөнүн максаты – азоттун табияттагы ролун жана анын ашыкча концентрациясынын алдын алуу боюнча чараларды түшүндүрүү.

Түйүндүү сөздөр: *азот, аммонификация, нитрификация, денитрификация, топурак, миграция, трансформация.*

Бекназарова Ж. М., *аспирант*
jeengul83@mail.ru
ORCID: 0009-0003-7812-0440
ОшГПУ им. А. Ж. Мырсабекова
г. Ош, Кыргызстан

КРУГОВОРОТ АЗОТА В ПРИРОДЕ: ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ

В этом исследовании рассматривается процесс круговорота азота в природе, а также его положительное и отрицательное влияние на экосистемы. Азот является одним из наиболее распространенных элементов в природе, входит в состав основных биологических соединений и является одним из наиболее важных элементов для развития растений. Источниками азота в его цикле являются атмосфера, органические отходы и азотсодержащие удобрения. Он поглощается растениями через почву и воду и проходит через пищевую цепочку к животным и людям. Бактерии, выделяющие азот из атмосферы, играют важную роль в естественном азотном цикле. Он также анализирует круговорот азота в природе и его значение для экосистем.

Рассматриваются основные этапы азотного цикла - процессы фиксации, нитрификации, аммонификации и денитрификации, отмечаются его положительные эффекты, такие как улучшение плодородия почвы и устойчивость экосистем, а также описываются негативные

эффекты азотного цикла, связанные с человеческим фактором, включая загрязнение воды, эвтрофикацию и вклад в изменение климата. Устойчивое сельское хозяйство и экологическая ответственность представлены как рекомендации, направленные на снижение негативного воздействия азота. Цель исследования - объяснить роль азота в природе и меры по предотвращению его чрезмерной концентрации.

Ключевые слова: *азот, аммонификация, нитрификация, денитрификация, почва, миграция, трансформация.*

***Beknazarova Zh. M.**, graduate student*
jeengul83@mail.ru
ORCID: 0009-0003-7812-0440
Osh State Pedagogical University named after A. Zh. Myrsabekov
Osh city, Kyrgyzstan

NITROGEN CYCLE IN NATURE: POSITIVE AND NEGATIVE EFFECTS

This study examines the process of nitrogen cycling in nature, as well as its positive and negative effects on ecosystems. Nitrogen is one of the most common elements in nature, is part of the main biological compounds and is one of the most important elements for plant development. The sources of nitrogen in its cycle are the atmosphere, organic waste and nitrogen-containing fertilizers. It is absorbed by plants through soil and water and passes through the food chain to animals and humans. Bacteria that release nitrogen from the atmosphere play an important role in the natural nitrogen cycle. He also analyzes the nitrogen cycle in nature and its importance for ecosystems.

The main stages of the nitrogen cycle are considered - the processes of fixation, nitrification, ammonification and denitrification, its positive effects are noted, such as improving soil fertility and ecosystem stability, and the negative effects of the nitrogen cycle associated with the human factor, including water pollution, eutrophication and contribution to climate change. Sustainable agriculture and environmental responsibility are presented as recommendations aimed at reducing the negative effects of nitrogen. The aim of the study is to explain the role of nitrogen in nature and measures to prevent its excessive concentration.

Keywords: *nitrogen, ammonification, nitrification, denitrification, soil, migration, transformation.*

Киришүү

Азот жаратылышта кеңири таралган химиялык элементтердин бири болуп саналат жана ал тирүү организмдердин жашоосу үчүн маанилүү. Азот атмосферанын 78% түзөт, бирок бул формадагы азотту өсүмдүктөр жана жаныбарлар түздөн-түз пайдалана албайт.

Азоттун айланышы – бул азоттун атмосферадан топуракка, өсүмдүктөргө, жаныбарларга өтүүсү жана кайра атмосферага кайтып баруусу. Бул процесс жаратылышта тең салмактуулукту сактоого жана экосистеманын иштешине өбөлгө түзөт. Бирок азоттун айланышынын адам факторуна байланыштуу оң жана терс таасирлери бар.

Жер кыртышында азот вегетация мезгилиндеги жана өсүмдүктүн тамыр системасынын жана сабагынын активдүү түзүлүшүндөгү эң маанилүү элементтердин бири болуп саналат. Мындан тышкары, азот өсүмдүктөрдүн метаболизмине катышат жана аларда нуклеин кислоталарын жана башка маанилүү бирикмелерди түзүү үчүн зарыл. Өсүмдүк жашоосунун бардык процесстери, хлорофилл синтезинен витаминдерди сиңирүүгө чейин азоттун аркасында күчөтүлөт. Азоттун жетишсиздиги түшүмдүүлүктү азайтып, өсүмдүктөрдүн өлүмүнө алып келиши мүмкүн. Бул процессте өсүмдүктөр, негизинен, азоттун аммоний жана нитрат түрлөрүн гана сиңире алышат [2].

Бул иштин максаты топуракта азоттун айланышы учурунда анын

трансформациясынын жана миграциясынын негизги процесстерин карап чыгуу болуп саналат.

Изилдөө обьектиси жана усулдары

Иштин изилдөө объектиси болуп азот жер семирткичи саналат жана азоттун жаратылышта айланышы менен бирге оң жана терс таасирлери талданат.

Жер кыртышында азоттун өлчөмү (атмосфераны кошо эсептегенде) өтө көп. Бирок химиялык жактан инерттүү болгондуктан, азоттун көпчүлүк бөлүгү атмосферада эркин абалда болот. Жер кыртышында азот бирикмелеринин ири кен байлыктары табылган эмес. Илим менен техниканын өнүгүшүнөн бери чили селитрасын – натрий нитраты өндүрүлүүчү Чилидеги кууш жер тилкесин – кошпогондо, жер кыртышында азот кошулмалары бар ири кендер табылган эмес. Азот аз өлчөмдө органикалык бирикмелер түрүндө өсүмдүктөрдөн жана жаныбарлардан пайда болгон казылып алынуучу отундардын составында болот. Азоттун органикалык кошулмалары топуракта да бар. Ошондой болсо да өсүмдүктөр абадан эркин азотту жана топурактан органикалык заттардагы азотту сиңирип ала алышпайт. Алар азотту топурактан аммоний NH_4^+ иондору жана нитрат NO_3^- иондору түрүндө алышат. Бул иондор бактериялардын катышуусу менен азоту бар органикалык заттардан пайда болот. Бирок кээ бир бактериялар азотту эркин абалга айландырат.

Топуракта эркин жашоочу жана чанактуу өсүмдүктөрдүн тамырында жашоочу бактериялардын түрлөрү бар, алар эркин азотту өздөштүрүп, аны органикалык кошулмаларга айландырат.

Күн күркүрөгөндө пайда болгон жаан тамчыларындагы азот кислотасынын эсебинен да топуракта азот көбөйөт. Бул азот кислотасы топуракта нитратка айланат.

Ошентип, байланышкан азотту топурактан тартып алуучу процесстер менен катар, жаратылышта аларга каршы турган топурактагы азоттун азаюусун толтуруучу процесстер да бар.

1-сүрөт

Жаратылышта азоттун айлануусу

Бүгүнкү күндө айдоо аянттарындагы табигый процесстер жана жерге себилген кыктар менен топурактын толукталышына караганда, айыл чарбасынын продуктылары азотту көбүрөк алып кетет. Айыл чарба өндүрүшү өнүккөн сайын топуракта азоттун жетишсиздиги жөнүндөгү проблема күч алып жатат. Өткөн кылымдын биринчи жарымында өсүмдүктөр үчүн минералдык азот бирикмелери зарыл экендиги

аныкталган, кийин кээ бир өлкөлөрдө азот жер семирткичтери катары чили селитрасы колдонула баштаган. Бирок байланышкан азоттун бул булагы айыл чарбасынын дүйнөлүк керектөөсүн канааттандыра алган эмес. XIX кылымдын аягында окумуштуулар атмосфералык азотту пайдалануу – алардын заводдордо азот жер семирткичтерин алуу жөнүндөгү маселесине көп көңүл бурушкан. Бул көйгөй мындан бир канча жылдар мурун чечилген жана андай заводдор өтө көп санда десек болот [4].

Топурактагы азоттун миграция жана трансформация процесстери

Топурактагы азот өсүмдүктөрдүн өсүүсү жана түшүмдүүлүгү үчүн абдан маанилүү элемент болуп саналат. Бирок анын топуракта сакталуу жана трансформация болуу процесстери өтө татаал жана бир нече баскычтарга бөлүнөт. Бул процесстер азоттун биогеохимиялык айлануусун камсыз кылат жана өсүмдүктөргө жеткиликтүү болгон азоттун өлчөмүнө таасир этет.

Бир эле учурда топуракта азоттун синтезделип ажыроо процесстери аркылуу минералдан органикалык формага өтүү менен кайра айлануу цикли жүрөт. Негизги процесстерге азотту фиксациялоо, аммонификация, нитрификация, денитрификация (биологиялык жана химиялык) жана иммобилизация (микроорганизмдер жана чопо минералдары менен фиксация) кирет.

Минералдашуу жана иммобилизация өсүмдүктөрдүн азык заттарынын кыймылдуу формаларынын курамын жана азоттук азыктануу шарттарын аныктайт. Мындан тышкары, азот топурактагы эң мобилдүү элемент болуп саналат, ошондуктан учуу (сапырылуу) менен бирге топурактын айдалуучу катмарында жуулуунун жана бекилүүнүн натыйжасында инфильтрацияланат.

Трансформация багытынын басымдуулугу топурактагы азоттун мобилдүүлүк даражасын, анын өсүмдүктөр үчүн жеткиликтүүлүгүн жана туруксуздук көлөмүн аныктайт. Табигый шарттарда бул процесстер бири-бирин тең салмактап, топурактагы азоттун жана анын формаларынын балансын түзөт. Топурактагы азот бирикмелеринин трансформациясы, негизинен, микроорганизмдердин катышуусу менен жүрөт, айрым процесстер химиялык жана физика-химиялык болуп эсептелинет. Микроорганизмдердин катышуусу алардын клеткаларындагы трансформация процесстеринин жүрүшүнөн жана бул процесстерди клеткадан тышкаркы ферменттер менен активдештирүүдөн турат [3].

Азоттун айланышынын негизги этаптары

1. Фиксация (азотту бекитүү). Азот молекулалары (N_2) атмосферадан биологиялык түрдө (азот фиксациялоочу бактериялар аркылуу) же табигый физикалык процесстер аркылуу (чагылган сыяктуу) аммиак (NH_3) же нитрат (NO_3) сыяктуу формага которулат. Бул формалар өсүмдүктөр тарабынан колдонулат. Азотту фиксациялоо же диазотрофия – өсүмдүктөрдү азыктандыруу үчүн биологиялык азот жана азот камтыган кошулмаларды пайда кылуу үчүн атмосфералык азот молекулаларынын ассимиляция процессинде микробиологиялык калыбына келиши. Азот топтоочу бактериялар төмөнкү сортторго бөлүнөт [3]:

- симбиотикалык эмес, топуракта эркин жашоочу азот топтоочу бактерияларга бөлүнөт, алардын ичинен эң көп кездешкени өсүмдүктөрдүн азот топтоочу жана клостридиум жана ассоциативдик, тамыр зонасында (ризосфералык микроорганизмдер), тамырлардын жана жалбырактардын бетинде (эпифиттик микроорганизмдер) же ткандардын ичинде (терс таасирин тийгизбеген эндосфералык же эндофиттик микроорганизмдер);
- өсүмдүктөрдүн ткандарында жашай ала турган, тамырларда жана жалбырактарда

клубный (туберкулездуу бактериялар) түрүндө өзгөчө өсүштөрдүн пайда болушун шарттай турган, ошондой эле эңилчектерди (цианобактериялар же көк-жашыл балырлар) пайда кылуучу козу карындар менен симбиотикалык бирикмелердин курамында боло турган *симбиотикалык* бирикмелер жана башка топурак микроорганизмдеринен турат. Бул процессте эркин жашоочу диазотрофтор азотту симбиозго караганда аз сиңирет, алардын арасында көп жылдык өсүмдүктөр менен симбиоздо болгон буурчак өсүмдүктөрүндө клубинка сыяктуу бактериялар эң көп өндүрүмдүүлүгү менен айырмаланат. Ошол эле учурда, белгилүү маалыматтар боюнча, буурчак өсүмдүктөрүн себүү аянты салыштырмалуу аз, демек, азоттун фиксациясынын жалпы көлөмүнө ассоциативдик микроорганизмдер олуттуу салым кошот, алардын саны биологиялык препараттарды активдүү штаммдары менен колдонуу менен көбөйтүлүшү мүмкүн [3].

Азотту фиксациялоо аммиакты пайда кылуу жана андан кийин аммиакты аминокислоталарга жана белокторго айландыруу менен ферменттик реакциялардын ырааттуулугун шарттайт. Азотту фиксациялоодогу негизги фермент болуп нитрогеназа саналат, ал бактериялар кирген прокариоттордо гана өндүрүлөт. Диазотрофия үчүн фермент системасына молибден жана темир да кирет, ошондуктан алардын болушу бактериялардын азоттун ассимиляциясынын интенсивдүүлүгүн жогорулатат [2]. Акыркы изилдөөлөр көрсөткөндөй, азот бирикмелеринин бактериялар тарабынан минералдашуу ылдамдыгы, биринчи кезекте, кошулманын лабилдүүлүгүнө көз каранды эмес, бирок анын клеткадан тышкаркы ферменттер үчүн жеткиликтүүлүк даражасы менен аныкталат, бул кошулмалар минералдардын бетине адсорбцияланганда же топурактын микроагрегаттарында окклюзиянын натыйжасында төмөндөйт [5].

2. Минералдашуу жана аммонификация. Органикалык заттар бузулган кезде топуракта органикалык азот аммоний (NH_4^+) формасына өтөт. Бул процесс минералдашуу деп аталат. Аммонификация болсо органикалык заттарды микроорганизмдер тарабынан аммонийге ажыратуу процессин билдирет. Бул этапта топурактагы азот өсүмдүктөргө жарым-жартылай жеткиликтүү абалга өтөт.

Микробиологиялык минералдашуунун негизги процесстеринин бири – аммонификация, органикалык бирикмелердин ажыроосунда пайда болот жана айлана-чөйрөгө аммиак менен аммоний иондорунун бөлүнүп чыгышы менен коштолот.

3. Нитрификация. Топуракта аммиак нитраттарга айланат. Бул процесс микроорганизмдердин жардамы менен ишке ашат жана өсүмдүктөр үчүн жеткиликтүү азык берет. Азоттун бул трансформация процесси аммоний (NH_4^+) иондорунун нитраттарга (NO_3^-) айланышын камтыйт жана, негизинен, эки этап менен жүрөт:

- Аммоний иондорунун нитритке (NO_2^-) айланышы, бул процессти Nitrosomonas сыяктуу бактериялар ишке ашырат.
- Нитрит иондорунун нитраттарга (NO_3^-) айланышы, Nitrobacter бактериялары тарабынан аткарылат. Нитрификация топурактын аэрациясына жана pH деңгээлине байланыштуу жүрөт.

4. Денитрификация. Топурактагы нитраттар денитрификациялоочу бактериялар аркылуу кайра атмосферага азот газы (N_2) катары кайтарылат. Бул процесс азот айланышынын циклди толуктап, экосистеманын тең салмактуулугун сактоого өбөлгө түзөт. Көбүнчө анаэробдук шарттарда, башкача айтканда, топурактын нымдуулугу жогору болгон учурда жүрөт жана Pseudomonas, Clostridium сыяктуу бактериялардын жардамы менен ишке ашат.

Топурактагы азоттун трансформация жана миграция процессине таасир этүүчү негизги факторлорго төмөнкүлөр кирет:

- **Температура жана нымдуулук**: Азоттун бардык биологиялык процесстери

температура менен нымдуулуктан көз каранды.

- **Топурактын pH деңгээли**: Топурактын кислоталуулугу же щелочтуу болушу нитрификация жана аммонификация процесстерин тездетип же басаңдата алат.
- **Органикалык заттардын болушу**: Органикалык заттар микроорганизмдердин активдүүлүгүн шарттап, аммонификациянын жана нитрификациянын жүрүшүнө өбөлгө түзөт.

Азот айланышынын оң таасирлери

1. Топурактын түшүмдүүлүгүн жакшыртат: Азот – өсүмдүктөр үчүн негизги азык заттардын бири. Ал өсүмдүк клеткаларынын өсүшүнө жана хлорофиллдин пайда болушуна шарт түзөт. Натыйжада азоттун айланышы өсүмдүктөрдүн жакшы өсүшүнө жана түшүмдүүлүктүн көбөйүшүнө алып келет.
2. Экосистеманын туруктуулугун камсыздайт: Азоттун айланышы ар кандай экосистемалардын туруктуу иштешине жана биоартүрдүүлүктү сактоого өбөлгө түзөт. Жаратылыштагы азоттун тең салмактуу айланышы өсүмдүктөрдүн жана жаныбарлардын санынын туруктуу болушун камсыздайт.
3. Климаттык процесстерге катышат: Азот циклдери климаттык өзгөрүүлөргө таасирин тийгизип, атмосферадагы азоттун көлөмүн жөнгө салып турат. Бул узак мөөнөттүү климаттык туруктуулукка салым кошот.

Азот айланышынын терс таасирлери

1. Азоттуу жер семирткичтерди ашыкча колдонуу: Адамдар айыл чарбасында көп өлчөмдөгү азот жер семирткичтерин колдонуп, топурактагы азоттун көлөмүн көбөйтөт. Бул агын сууларга кошулуп, булгайт жана эвтрофикация деп аталган процесске алып келет. Ал эми *эвтрофикация* болсо суулардагы өсүмдүктөрдүн ашыкча көбөйүшүнө, андан соң суудагы кислороддун жетишсиздигине жана жаныбарлардын өлүмүнө алып келет.
2. Климаттын өзгөрүүсүнө тийгизген таасир: Азоттун газ формалары, өзгөчө, азот кычкылы (N_2O), атмосферага чыгуу менен парник эффектисин күчөтөт. Бул газ көмүр кычкыл газына (CO_2) салыштырмалуу алда канча күчтүү парник газы болуп эсептелет жана глобалдык жылуулуктун күчөшүнө алып келет.
3. Биологиялык тең салмактуулуктун бузулушу: Азоттун айланышына адам фактору (өнөр жайлык өндүрүш, транспорт жана айыл чарбасы) көбүрөөк таасир тийгизген сайын, табигый экосистемалардагы тең салмактуулук бузулат. Бул өсүмдүктөрдүн ар түрдүүлүгүнүн азайышына, ошондой эле жаныбарлардын жашоо чөйрөлөрүнүн жоголушуна алып келет.
4. Суунун булганышы: Ашыкча азоттуу жер семирткичтердин топуракка кирип, жер алдындагы сууларга агышы суунун сапатын начарлатат. Бул адамдар үчүн ичүүчү суунун булганышына, ошондой эле курчап турган чөйрөгө чоң залака келтирет.

Жыйынтык

Жандуу жаратылыш жана айыл чарбасы үчүн азоттун белгилүү формаларда жана концентрацияларда болушунун маанилүүлүгүн эске алганда, топурактагы азоттун айлануусун изилдөө жана көзөмөлдөө, айрыкча, антропогендик агроэкосистемаларда актуалдуу.

Азоттун миграция жана трансформация процесстери экологиялык тең салмактуулукта чоң мааниге ээ. Бул процесстерди жакшы түшүнүү топурактын түшүмдүүлүгүн жогорулатуу үчүн гана эмес, айлана-чөйрөнү коргоо максатында дагы маанилүү. Азоттун ашыкча агып кетүүсүнөн же жетишсиз болушунан улам өсүмдүктөрдүн жана айлана-чөйрөнүн жалпы саламаттыгына таасир этиши мүмкүн.

Ошондой эле азоттун айланышы – жаратылыштагы экосистемалардын негизги процесстеринин бири. Анын табигый айланышы жашоо үчүн зарыл болгон шарттарды түзсө да, адам фактору бул процесске терс таасирин тийгизип келет. Азоттун туура колдонулушуна, анын айлана-чөйрөгө терс таасирин азайтууга туруктуу айыл чарба практикасы жана экологиялык жоопкерчилик талап кылынат. Экосистеманы жана климатты сактоо үчүн азоттун айланышынын жаратылыштагы маанисин түшүнүү жана адамдык иш-аракеттерди туура жөнгө салуу маанилүү. Азоттун трансформациясынын тигил же бул процесстери интенсивдештирилген шарттарда өсүмдүктөрдүн азыктануусуна жана түшүмдүүлүгүн жогорулатууга көмөктөшүүчү формаларда анын басымдуулугуна жетишүү, ошондой эле топурактын ашыкча азот менен булганышын же азоттун жуулуп кетүүсүн болтурбоо ж. б. зарыл.

Адабияттар:

1. Благодатская, Е. В. Активность и биомасса почвенных микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды [Текст] / Е. В. Благодатская, М. В. Семенов, А. В. Якушев. - Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2016. - 243 с.
2. Завалин, А. А. Экология азотфиксации [Текст] / А. А. Завалин, О. А. Соколов, Н. Я. Шмырева. - Москва: РАН, 2019. - 252 с.
3. Руделев, Е. В. Трансформация азота почвы и удобрений [Текст] / Е. В. Руделев, Д. А. Кореньков // Агрохимия. - 1989. - № 4. - С.113-123.
4. Ходаков Ю. В. Органикалык эмес химия [Текст] / Ю. В. Ходаков, Д. А. Эпштейн, П. А. Глориозов. - Фрунзе: Мектеп, 1986.
5. Bingham, A. H. Organic nitrogen storage in mineral soil: Impli-cations for policy and management / A.H. Bingham, M.F. Cotrufo // Science of The Total Environment. - 2016. - Vol. 551-552. - P. 116-126. - DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.020.